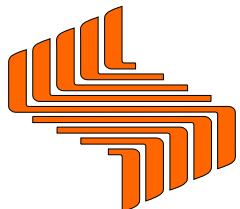


**Universidad Nacional Experimental  
De los Llanos Occidentales  
“EZEQUIEL ZAMORA”**



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

**VICERRECTORADO  
DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
ESTADO PORTUGUESA**

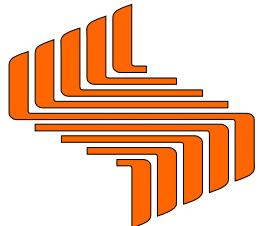
**COORDINACIÓN  
ÁREA DE POSTGRADO**

**LINEAMIENTOS PARA UN SISTEMA DE DRENAJE DE LAS  
AGUAS PLUVIALES DE SECTORES DE MESA DE CAVACAS  
MUNICIPIO GUANARE, ESTADO PORTUGUESA**

**Autor: Ing. WILFREDO ALBARRÁN M.  
Tutor: Ing. Msc RAFAEL ESPAÑA**

GUANARE, JUNIO DE 2010

**Universidad Nacional Experimental  
De los Llanos Occidentales  
“EZEQUIEL ZAMORA”**



La Universidad que siembra

**Vicerrectorado de Producción Agrícola  
Coordinación de Área de Postgrado  
Postgrado de Planificación de los  
Recursos Naturales Renovables**

**“LINEAMIENTOS PARA UN SISTEMA DE DRENAJE DE  
LAS AGUAS PLUVIALES DE SECTORES DE MESA DE  
CAVACAS MUNICIPIO GUANARE, ESTADO  
PORTUGUESA”**

Requisito parcial para optar al grado de  
*Especialista en Planificación de los Recursos Naturales  
Renovables.*

**AUTOR: WILFREDO ALBARRAN M.**

**C.I: 9.256.670**

**TUTOR: RAFAEL ESPAÑA.**

**GUANARE, JUNIO DE 2010.**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo: RAFAEL ESPAÑA, Cédula de Identidad Nº 9.986.038, en mi carácter de tutor del Trabajo Especial de Grado, titulado “**LINEAMIENTOS PARA UN SISTEMA DE DRENAJE DE LAS AGUAS PLUVIALES DE SECTORES DE MESA DE CAVACAS MUNICIPIO GUANARE, ESTADO PORTUGUESA**”, presentado por el ciudadano WILFREDO ALBARRAN MONTILLA, para optar al título de **ESPECIALISTA EN PLANIFICACION DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, por medio de la presente certifico que he leído el Trabajo y considero que reúne las condiciones necesarias para ser defendido y evaluado por el jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Guanare a los 15 días del mes de junio del año 2010.

Nombre y Apellido: RAFAEL ESPAÑA

---

Firma de Aprobación del tutor

Fecha de entrega: \_\_\_\_\_

**“LINEAMIENTOS PARA UN SISTEMA DE DRENAJE  
DE LAS AGUAS PLUVIALES DE SECTORES DE MESA  
DE CAVACAS MUNICIPIO GUANARE, ESTADO  
PORTUGUESA”**

:

Trabajo de grado presentado por

**WILFREDO ALBARRAN MONTILLA**

APROBADO EN SU ESTILO Y CONTENIDO POR:

---

MIEMBRO DEL JURADO

---

MIEMBRO DEL JURADO

Guanare, junio de 2010

## **AGRADECIMIENTOS.**

- ✓ A DIOS por darme la vida, salud y confianza en los momentos difíciles me presta su ayuda.
- ✓ A mi madre, padre, esposa y hermana Yurima, por el apoyo y la motivación a terminar esta meta
- ✓ A mi querida Academia, UNELLEZ, por brindarme nuevamente la oportunidad de crecer académicamente y como persona. Gracias por siempre.
- ✓ A plantel profesional de la UNELLEZ - Guanare, especialmente aquellos que me dieron conocimiento y formación profesional.
- ✓ Al Profesor Rafael España, como amigo y tutor de este trabajo de grado. Gracias
- ✓ Especial agradecimiento a mis colegas Ing. Ana María Núñez y la Profesora Claudia Velazco, quienes aportaron conocimiento, asesoramiento y sugerencias durante el desarrollo de este trabajo. Gracias.
- ✓ .Al T.S.U. José Gregorio Quintero del centro cartográfico de la UNELLEZ, por la información suministrada.
- ✓ A todas aquellas personas que de alguna manera me motivaron, me brindaron apoyo para el logro de esta meta, gracias por siempre.

## DEDICATORIA

- ✓ A DIOS supremo de este mundo de mortales, por haberme permitido alcanzar otra meta.
- ✓ A mi Madre Andrea de las Mercedes, con su apoyo me suministro la fuerza espiritual en todo momento. Tu disposición generosa siempre me guiará. Gracias por siempre Madre.
- ✓ A mi Padre Pedro, que me brindo apoyo, fuerzas y motivación.
- ✓ A mi esposa Nelly C. Gracias por el respaldo, sacrificio, apoyo y tu amor para el logro de esta meta. Este éxito también es tuyo.
- ✓ A mi hija preciosa María Gabriela y mi hijo hermoso Daniel David, motivos de alegría y felicidad a mi familia, luz de mi vida.
- ✓ A mi hermano Pedro Arnaldo, que en algún lugar del cielo estás, motivo de inspiración, siempre brillará tu recuerdo en mi pensamiento. Te echamos de menos.
- ✓ A mis hermanos Yurima, Alba, Bárbara, Wilmer, José, Nahir, otros y todos mis sobrinos Alain Daniel, Alba Vanessa, David Josué, Héctor José, Andrea Paola, Sergio Paulo, Sergio David, este logro también es de ustedes.
- ✓ A todas las personas que día a día luchan, trabajan, estudian se sacrifican por tener un mejor país, no desmayen que los logros y metas importantes en la vida no son fácil de alcanzar.

## INDICE

	Pág.
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE TABLAS.	Xi
RESUMEN	Xiii
ABSTRACT	Xiv
INTRODUCCION	1
<b>CAPITULO I</b>	
REVISION BIBLIOGRAFICA	5
1.1 SISTEMA DE DRENAJE APLICADO A LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS	5
1.1.1 Aspectos hidrológicos de las aguas pluviales	6
1.1.2 Control de drenaje	7
1.1.3 Aspectos legales que garantizan seguridad y acceso a los servicios básicos de los ciudadanos	9
1.2 LA NECESIDAD DE RESOLVER EL PROBLEMA DEL DRENAJE	12
1.3 DESARROLLO DEL PROYECTO COMO ALTERNATIVA	12
<b>CAPITULO II</b>	
MATERIALES Y METODOS	14
2.1 CARACTERISTICAS DE LA INVESTIGACION	14
2.1.1 Tipo de investigación	14
2.1.2. Población	15
2.1.3 Muestra	15
2.1.4 Técnica e instrumento de recolección de datos	15
2.1.5 Factor social	15
2.1.6 Factor económico	16
2.1.7 Factor tecnológico	16
2.1.8 Factor uso de los recursos	16

	Pág.
2.1.9 Técnica análisis de datos	17
<b>2.2 PROCESO METODOLOGICO APLICADO</b>	<b>17</b>
2.2.1 Recopilación y procesamiento de la información básica	17
2.2.2 Caracterización del área de estudio	19
2.2.3 Evaluación hidrológica del área	20
<b>2.3 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO</b>	<b>26</b>
2.3.1 Geología y geomorfología	29
2.3.2 Relieve	30
2.3.3 Suelos	30
2.3.4 Hidrografía	31
2.3.5 Vegetación	31
2.3.6 Clima	32
<b>CAPITULO III</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>34</b>
<b>3.1 EVALUACION HIDROLOGICA</b>	<b>34</b>
3.1.1 Delimitación de la microcuenca y ubicación de los drenajes	34
3.1.2. Cálculo del tiempo de concentración (TC)	40
3.1.3 Sistemas hidráulicos predominantes	41
3.1.4 Estimación de la lluvia de diseño (LLd)	64
3.1.5 Determinación del número de la Curva (CN)	68
3.1.6 Estimación de escorrentía de diseño (Ed)	76
3.1.7 Calculo del caudal de diseño (Qd)	77
<b>3.2 EVALUACIÓN HIDRAULICA</b>	<b>79</b>
3.2.1 Comparaciones del caudal de diseño (Qd) con la red existente	79
3.2.2 Situación actual del caudal en zona de cárcava	82
<b>3.3 EVALUACION DE PLANES, PROYECTOS Y ACCIONES.</b>	<b>82</b>
3.3.1 Enunciado de la situación actual	82
3.3.2 Relaciones causa y efecto	83
3.3.3. Matriz análisis de los involucrados	88

	Pág.
3.4 LINEAMIENTOS PARA LA PROBLEMÁTICA DE DRENAJE DE SECTORES DE MESA DE CAVACAS. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.	90
3.4.1 Medidas Preventivas	90
3.4.2 Medidas correctivas	93
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFIA	99
ANEXO A. Precipitación (mm) promedio mensual y anual. Periodo 1978 -2008. Estación Mesa de Cavacas. Altitud 255 msnm	102
ANEXO B. Temperatura (°C) promedio mensual y anual. Periodo 1981 -2000. Estación Mesa de Cavacas. Altitud 255 msnm	104
ANEXO C. Valores máximos de lluvias para diferentes intervalos. Periodo de registro 1978 – 2008	106
ANEXO D. Número de la curva de escorrentía para uso selecto de tierras agrícolas, suburbanas y urbanas	108
ANEXO E. Grupo de suelo.	110
ANEXO F. Secciones transversales de canales de tierra	112
ANEXO G. Informe fotográfico del área de estudio	114

## INDICE DE FIGURAS

FIGURAS		Pág.
1	Ubicación relativa del área de estudio.	27
2	Ubicación y delimitación del área de estudio. Sector La Recta de Mesa de Cavacas.	28
3	Ubicación y delimitación de la cuenca en estudio.	29
4	Cuenca en estudio. Dirección de la escorrentía.	38
5	Mapa uso actual de la cuenca.	39
.6	Sección de flujo típica de canal de forma rectangular.	43
7	Sección de flujo típica de canal de forma trapezoidal.	51
8	Sección de flujo típica de canal de forma mixta.	52
9	Croquis de red de drenaje del área de estudio.	61
10	Curva de I – D – F 5 min – 60 min de la microcuenca.	67
11	Curva de I – D – F 1h – 24h de la microcuenca.	67
12	Diagrama Causa – Efecto de la situación actual con factores involucrados.	84
13	Árbol de problemas.	85
14	Árbol de objetivos.	86
15	Ubicación de las medidas preventivas.	92
18	Ubicación de las medidas correctivas.	96

## INDICE DE TABLAS

TABLAS	Pág.
1 Tramo 2. Canal natural modificado.	43
2 Tramo3. Tramos de calles que se comportan como canal de drenaje.	45
3 Tramo 4. Calles que se comportan como canal de drenaje.	46
4 Tramo 5. Calle que se comporta como canal de drenaje.	47
5 Tramo 6. Calle que se comporta como canal de drenaje.	47
6 Tramo 7.Canal embaulado de concreto armado.	49
7 Tramo 8.Canal embaulado con concreto armado y rejilla metálica en cruce de calle.	49
8 Tramo 9. Canal revestido de concreto. Sección trapezoidal.	51
9 Tramo 10. Canal revestido de concreto sección rectangular.	52
10 Tramo 11. Canal revestido de sección mixta.	53
11 Tramo 12. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	55
12 Tramo 13. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	55
13 Tramo 14. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	56
14 Tramo 15. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	56
15 Tramo 16. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	56
16 Tramo 17. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	57
17 Tramo 18. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	57
18 Tramo 19. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	57
19 Tramo 20. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	58
20 Tramo 21. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.	58

TABLAS		Pág.
21	Velocidades promedio aproximadas en pies/s del flujo de escorrentía para calcular el tiempo de concentración.	59
22	Tiempo de Concentración total en la microcuenca en minutos.	62
23	Valores máximos de lluvias para diferentes intervalos	65
24	Valores de lluvias de diseño para periodos de retorno 25, 50, 75 y 100 años.	66
25	Valores de medidas de manzanas (áreas urbanas seleccionadas).	72
26	Valores de áreas totales medidas para la determinación de áreas permeables e impermeables del sector urbano de la microcuenca.	73
27	Causas a ser tratadas con estrategias a corto mediano y largo plazo.	87
28	Matriz análisis de los involucrados.	88

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES  
“EZEQUIEL ZAMORA”  
VICERRECTORADO DE PRODUCCION AGRICOLA  
COORDINACION DE AREA DE POSTGRADO  
MENCION PLANIFICACION DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“LINEAMIENTOS PARA UN SISTEMA DE DRENAGE DE LAS AGUAS  
PLUVIALES DE SECTORES DE MESA DE CAVACAS MUNICIPIO  
GUANARE, ESTADO PORTUGUESA”**

**AUTOR: WILFREDO ALBARRAN M.  
TUTOR: RAFAEL ESPAÑA  
AÑO: 2010**

**RESUMEN**

A objeto de proponer lineamientos para un sistema de drenaje de las aguas pluviales de sectores de Mesa de Cavacas, municipio Guanare, estado Portuguesa; se estudió el escurrimiento superficial de esa zona, donde se encuentran asentadas comunidades e infraestructura vial. Este trabajo se inició con reconocimiento y levantamiento de información de campo, revisión bibliográfica, posteriormente se realizó un análisis hidrológico para delimitar la microcuenca y estimar la producción de agua, considerando factores como: precipitación, topografía del terreno, uso de la tierra, hidrografía y su condición. Se calculó el tiempo de concentración, lluvia de diseño, para un tiempo de retorno de 25 años. Posteriormente se realizó análisis del problema del drenaje. lo que permitió definir y conocer con exactitud la situación presentada, jerarquizar las causas que la originaron y los efectos que generan tanto en el área de estudio como en otras superficies ubicadas aguas abajo de la cuenca. Luego se realizó una propuesta de lineamientos que pueden ser consideradas en proyecto para el manejo del drenaje en el área de estudio. En tal sentido, se realizó una propuesta de medidas preventivas con el objeto del manejo sobre áreas de mayor riesgos y afectación, para mitigar y prevenir daños. Medidas correctivas se proponen a fin de mejorar la eficiencia del drenaje superficial a través de la construcción de infraestructuras hidráulicas, que permita el control y encauzamiento de la escorrentía, tales como canales, redimensionamientos de secciones de flujo, entre otras. Se encontró que el sistema actual de drenaje no es eficiente ni suficiente, porque no fueron considerados futuras expansiones urbanas, para cumplir tal función. Lo cual trae como consecuencia, en cada período lluvioso se incrementa el problema, debido al crecimiento suburbano y urbano a que está sujeta el área en estudio.

**Palabras clave:** drenaje, escorrentía, medidas, Mesa de Cavacas, Guanare.

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
 DE LOS LLANOS OCCIDENTALES  
 "EZEQUIEL ZAMORA"  
 VICERRECTORADO DE PRODUCCION AGRICOLA  
 COORDINACION DE AREA DE POSTGRADO  
 MENCION PLANIFICACION DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**GUIDELINES FOR A SYSTEM OF STORMWATER DRAINAGE AREAS OF  
 MESA DE CAVACAS GUANARE STATE PORTUGUESA**

**AUTHOR:** WILFREDO ALBARRAN M.

**TUTOR:** RAFAEL ESPAÑA

**YEAR:** 2010

**ABSTRACT**

In order to propose guidelines for a system of stormwater drainage sectors Mesa de Cavacas, Guanare County, Portuguesa, we studied the runoff of the area, where communities have settled and transportation infrastructure. This work began with the recognition and removal of field data, literature review, further analysis was performed to delineate the watershed hydrological and water production estimate, considering factors such as rainfall, topography, land use, hydrography and their condition. We calculated the time of concentration, design rainfall for a return time of 25 years. Analysis was then carried out drainage problem. which allowed to define and to ascertain the situation presented the hierarchy, its cause and effects caused both in the study area and in other areas located downstream of the basin. Then, a proposal for guidelines that can be considered in project management of drainage in the study area. In this regard, there was a proposal of preventive measures with the aim of management on areas of greatest risk and effect, to mitigate and prevent damage. Corrective measures are proposed to improve the efficiency of surface drainage through the construction of hydraulic infrastructure, which allows the control and channeling of runoff, such as canals, downsizing flow sections, among others. It was found that drain current system is neither efficient nor sufficient, because they were not considered future urban expansion, to act as such. Which brings as a consequence, in every rainy season the problem is increased due to urban and suburban growth is subject to the study area

**Keywords:** drainage, surface runoff, measures, Mesa de Cavacas, Guanare.

## **INTRODUCCION**

Los crecimientos urbanos pueden alterar el equilibrio ecológico sino se consideran factores como hidrología, topografía, superficie disponibles y su ubicación. En tal sentido, estos asentamientos humanos no planificados poco a poco se expanden a otras superficies de mayor riesgo e impacto al medio, además, van acompañados de una inadecuada construcción de viviendas, pavimentación de áreas y alteración de la capa superficial del suelo; por consiguiente, pueden originar consecuencias en la desmejora de la calidad ambiental, vida de las personas, formación de procesos erosivos inducidos, entre otros.

La función de un sistema de drenaje es recoger y transportar los excesos de agua, a lugares donde causen el menor impacto posible sobre el medio. La carencia de un sistema de drenaje urbano eficiente en la parroquia San Juan de Guanaguanare, específicamente en sectores de Mesa de Cavacas, viene afectando considerablemente el drenaje natural desde hace varios años, de modo que el escurrimiento superficial de las aguas de lluvias son conducidas hacia una zona donde causan impacto tanto al medio como a las comunidades asentadas en los lugares más bajos del sector de la parroquia.

Estos sectores de Mesa de Cavacas, expandieron su área urbana hacia lugares de los drenajes naturales, tanto así, que dio origen al Barrio La Guajira, ubicado en la zona baja de los Barrios La Antena y El Valle, comunidades situadas dentro del área de estudio de la microcuenca. Este crecimiento urbano generó problema en el drenaje del escurrimiento superficial, tanto así, que organismos públicos del Estado resolvieron la problemática con la construcción de un canal para el drenaje de las aguas pluviales hacia otra zona baja de estas comunidades. Posteriormente Mesa de Cavacas, fue expandiendo su área urbana, dando origen al Barrio La

Guajira II y III, sobre terrenos con muchas limitaciones de drenaje en los períodos de lluvias y superficies donde se descargaban las aguas de lluvias de varias comunidades; esta ocupación o invasión de estas áreas, se acrecentó la problemática en temporadas de lluvias, contribuyendo a inundaciones, que ocasionaron pérdidas materiales y enseres familiares.

Ante esta situación, los organismos competentes actuaron, dando continuidad a la canalización del drenaje hacia otra zona donde existía un pequeño drenaje natural intermitente, con dos bifurcaciones, una hacia los terrenos de la UNELLEZ y otra hacia la vía principal (La Recta). El ramal de la UNELLEZ, fue sellado, debido a que circulaban grandes volúmenes de agua, causando inundaciones a las instalaciones del comedor universitario y además, estas eran aguas contaminadas por los desechos de los habitantes de las comunidades aledañas a la canalización. Por otra parte, el ramal que conduce las aguas hacia la vialidad, en diversas oportunidades fue redimensionado para la captación y drenaje de un mayor caudal; este trabajo se efectuó con maquinaria pesada (retroexcavadora). Esta alternativa resolvió el problema de la carencia de un drenaje en las áreas que se inundaban.

Esta solución mejoró las condiciones de las comunidades ubicadas en sectores de Mesa de Cavacas, de modo que condujo a un crecimiento mayor, dio origen a nuevas invasiones de tierra, incremento considerable de superficies impermeables, intervención de áreas con muchas limitaciones y de riesgos; lo que trajo como consecuencia una mayor área de captación, menor superficie permeable, por su puesto, mayor producción de volumen de escurrimiento, que dieron origen a procesos erosivos, los cuales han ocasionado impactos negativos tanto en las comunidades asentadas en Mesa de Cavacas y aguas abajo de la descarga de las mismas; donde se ubican varias comunidades e infraestructura vial de la zona. Esta problemática se puede observar en los períodos de lluvia. A continuación se listan algunos problemas ocasionados:

1. Pérdida de suelo, que es transportado y sedimentados en superficie no deseada.
2. Anegamientos de terrenos de pastoreo de la UNELLEZ.
3. Formación de una cárcava.
4. Amenaza a bienes materiales (viviendas), en las áreas adyacentes a la zona de cárcava y otras áreas.
5. Riesgo de pérdidas humanas.
6. Inundación a las comunidades ubicadas en cotas más bajas de Mesa de Cavacas (Urb. Altos de la Colonia y Barrio La Amistad).
7. Efecto sobre la infraestructura vial, que causan en diversas ocasiones, accidentes y molestias al tránsito automotor.

La problemática existente y descrita anteriormente es causada por la carencia de un sistema de drenaje eficiente desde las comunidades ubicadas en la parte alta hasta otras comunidades ubicadas en la cota más baja, un sistema que permita captar, controlar y conducir esta agua hacia la zona de menor impacto, lo cual contribuirá a la mitigación los daños ambientales, la recuperación de áreas afectadas y consecuentemente mejorará la calidad de vida de personas que habitan en las comunidades afectadas.

El propósito que se persigue con este trabajo es presentar una propuesta para ayudar a resolver o mitigar el problema existente, y así disminuir los riesgos naturales producidos por el agua y que se generan en las áreas urbanas y otras en el área de estudio, que impactan sobre otras comunidades de la recta (Urbanización Altos de la Colonia y Barrio La Amistad). En tal sentido se estudiará las variables hidrológicas, topográficas, el uso de la tierra y potencialidad, a fin de generar lineamientos para un sistema de drenaje de las aguas pluviales; lineamientos generales contentivos con medidas correctivas y preventivas para atacar los problemas occasionados.

En este contexto se persiguen los siguientes objetivos:

### **Objetivo General.**

Proponer lineamientos para un sistema de drenaje de las aguas pluviales que provienen de dos sectores de Mesa de Cavacas (Barrios La Guajira y El Valle) que afectan comunidades del sector La Colonia parte alta. Parroquia San Juan de Guanaguanare, municipio Guanare, estado Portuguesa.

### **Objetivos Específicos.**

- Realizar una evaluación hidrológica de sectores de Mesa de Cavacas con fines de drenaje urbano
- Determinar la evaluación hidráulica de la red de drenaje de sectores de Mesa de Cavacas, con fines de identificar problemas y proponer soluciones.
- Evaluar políticas, planes, proyectos y acciones aplicadas en la zona, para determinar criterios del diseño.
- Proponer lineamientos para resolver la problemática de drenaje de sectores de Mesa de Cavacas.

## CAPITULO I

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

#### 1.1 SISTEMA DE DRENAJE APlicado A LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS.

Según Chow, et al, (1999), el Sistema de drenaje es “un conjunto de partes conectadas entre sí, que forman un todo”, Un sistema de drenaje se puede definir como un conjunto de estructuras hidráulicas de diferentes formas, dimensiones y materiales constructivos (tierra, concreto armado, piedras, entre otros), cuya función es captar, controlar y transportar los volúmenes de agua de la escorrentía superficial hacia otros lugares. Entre los componentes más usados se pueden mencionar tuberías de concreto armado, tubería plástica de alta resistencia, canales revestidos de concreto armado, canales de tierras, canales revestidos de mampostería, alcantarillados metálicos.

De acuerdo con Bolinaga y Franceschi (1979), el sistema de drenaje urbano es un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar en la medida de lo posible que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana.

Por consiguiente, el sistema de drenaje está constituido por un cauce principal y sus tributarios, su objetivo es transportar el volumen de agua de la precipitación hacia otras áreas más bajas, de forma que cause el menor impacto. Sin embargo es necesario considerar dimensiones, longitud y ubicación de los cauces, superficie y topografía de la cuenca o microcuenca, precipitación, uso de la tierra, para poder realizar un estudio hidrológico; lo que ayudaría a la elaboración de un sistema de drenaje adecuado de acuerdo a las condiciones del área en estudio.

En este sentido, la alteración de la vida de la mayoría de las personas, viene dada por los diferentes cambios que sufre la sociedad, entre estos se puede mencionar la expansión de las áreas urbanas, como aspecto importante ocurrida en el siglo pasado.

Según Field (2003), el crecimiento población dio origen a lo que se le conoce como suburbanismo de la sociedad, que no es más que un crecimiento descontrolado indeseable, lo que trae como consecuencia un problema en relación con el uso potencial de la tierra, desmejora de la calidad de vida de las comunidades y las personas, bajos beneficios ambientales y agrícolas, y una disminución creciente de los servicios básicos.

#### 1.1.1 Aspectos hidrológicos de las aguas pluviales

Las aguas pluviales, son las aguas que provienen de la precipitación (lluvia), las cuales pueden variar de intensidad, frecuencia y duración en diferentes zonas de vidas. Las aguas de lluvia, caen sobre la superficie de una cuenca, una parte de ésta se infiltra en el suelo y otra drena sobre la superficie convirtiéndose en escurrimiento. El volumen de agua que transita sobre la superficie puede variar, dependiendo de las características físicas del material de la superficie. Por lo general estas aguas pluviales que caen sobre una cuenca o microcuenca urbana, son vertidas hacia lugares públicos la como vialidad.

Guilarte (1978), define la cuenca hidrográfica “como una parte del terreno donde el agua de lluvia cae y corre por la superficie, comprendida dentro de la divisoria de agua”, posteriormente se concentra y pasa por un punto del cauce principal que la drena hacia otras superficies ubicadas en cota más baja. Por consiguiente, la morfología y superficie de una cuenca pude variar dependiendo de diversos factores como la topografía, relieve, geología y las modificaciones realizadas por darle uso a la tierra. En un estudio hidrológico es importante conocer o determinar el tiempo de

concentración, el cual se puede definir como el tiempo máximo que tarda la partícula de agua, más alejada del área de la cuenca, drenar hasta el punto de recolección. Arocha (1983).

Aparicio (1989), define al “escurrimiento como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente, para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca”.

Según Foster (1988), la determinación de la cantidad de escurrimiento de un área de drenaje dada, depende de muchos factores relacionados entre sí. Las características de una cuenca, tales como su pendiente, forma, magnitud, cubierta o suelo, y las características de las tormentas tales como: intensidad, duración, frecuencia, producen un efecto directo en el escurrimiento máximo de avenida y en el volumen del escurrimiento de una área cualquiera.

#### 1.1.2 Control de drenaje

Para Hernández (2009), es necesario proponer estrategias y acciones que garanticen la gestión integral del organismo rector para la conservación, restauración y preservación del sistema de drenaje. En tal sentido, el acelerado crecimiento demográfico vinculados a otros factores y la ausencia de planes de adecuación y mantenimiento, afectan considerablemente el sistema de drenaje en las zonas urbanizadas.

Por su parte Núñez (2002), realiza un estudio básico para la mitigación de las inundaciones en los Barrios El Libertador y Monseñor José Vicente de Unda Guanare estado Portuguesa. Esta metodología contribuyó para la elaboración de proyectos de drenaje urbano que permitieron mitigar inundaciones producidas por desborde de crecidas por eventos de lluvias, por medio de un colector de drenaje ubicado en estas comunidades.

Landaeta (2000) generó medidas correctivas para solventar el problema de drenaje, a través del diseño de una infraestructura, para el

mejoramiento del problema de drenaje sobre la calzada de la prolongación en la avenida Juan Fernández de León.

Arias (1999), presentó propuesta de lineamientos para orientar el crecimiento urbano sostenible de la zona mediante la evaluación organizativa de las comunidades. Entre las conclusiones y recomendaciones se puede mencionar que la alta intervención antrópica en el área de Mesa Alta, ha generado degradación ambiental.

Parra (1997) propuso el planteamiento de estrategias, para controlar efectos erosivos con la construcción de pantalla de concreto, para disminuir la erosión remontante, construcción de traviesa de fondo para estabilizar fondo. Trabajo de aplicación de conocimiento efectuado en la Cárcava San Miguel.

Barazarte (1996) implementó métodos y prácticas conservacionistas y obra de ingeniería como alternativa tecnológica económica en el diseño y ejecución de obra para el control y recuperación de la cárcava San Miguel, trabajo efectuado en su aplicación de conocimientos.

Para Torin (1992), la aplicación de conocimientos en la cárcava San Miguel, Mesa Alta de Guanare, sugirió recuperar y estabilizar la cárcava, con obra de infraestructura (diques) para prevenir y controlar la degradación existente por efecto de las escorrentías causadas por las precipitaciones en la zona.

Willian (1991), presentó un trabajo, basado en la estabilización de márgenes de la quebrada las Piedras, recomendó la ejecución de infraestructura, para reducir los daños a lo largo del cauce. Posteriormente, Cabrera (1987) en su trabajo de aplicación de conocimientos efectuado en el cerro de Barrio Sucre de Guanare, propuso el control y estabilización de taludes, con el objetivo de influir y controlar los fenómenos torrenciales con medida técnica biológicas-forestal y socio-económicas.

De acuerdo con López (1986) en un sistema de drenaje urbano del desarrollo urbanístico como “La Gracianera”, las condiciones naturales del

terreno y muy especialmente la topografía y patrón de drenaje natural, tienen estructuras especiales, con capacidad hidráulica para el drenaje.

#### 1.1.3 Aspectos legales que garantizan seguridad y acceso a los servicios básicos de los ciudadanos.

Siguiendo los marcos jurídicos de la República Bolivariana de Venezuela, se revisaron los aspectos que se relacionan con el tema en estudio: comenzando con la carta magna de 1999, de los principios fundamentales, que se establece a Venezuela como un país democrático y social de derecho y justicia. Posteriormente, en los derechos sociales, se establece que toda persona tiene derecho a poseer una vivienda adecuada, segura, cómoda, higiénica con todos los servicios básicos, también, es importante resaltar el deber del Estado en desarrollar políticas y planes orientados a elevar la calidad de vida y acceso a los servicios básicos. En el Capítulo IX, de los derechos ambientales, se establece el derecho y el deber de cada generación de proteger, mantener el ambiente y disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado sin contaminación. Por tanto, el Estado desarrollará políticas de ordenación del territorio considerando aspectos importantes como ambiental, social, cultural, económicos, geográficos, entre otros, bajo la premisa del desarrollo sustentable. También, se establece que toda actividad susceptible de generar daños a los ecosistemas deben ser acompañados de estudio de impacto ambiental y socio cultural.

También la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (1987), tiene competencia sobre la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el territorio nacional con el objeto de controlar y proyectar el crecimiento armónico, salvaguardar los recursos ambientales y la calidad de vida en los centros urbanos, a través de acciones, planes, políticas diseñadas y puesta en marcha por el ejecutivo nacional y municipal. Esta ley establece normas,

lineamientos, procedimientos técnicos para elaboración de los planes de ordenamiento y planificación urbanística nacional y local.

En lo que se refiere a la Ley Orgánica del Ambiente (1976), se establecen dentro de la política el desarrollo integral de la nación, los principios rectores para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente en beneficio de la calidad de vida en función de la ordenación del territorio y la planificación de los procesos de urbanización y otros usos de la tierra, el aprovechamiento de los suelos, la creación, protección, conservación y mejoramiento de los parques nacionales, entre otros. Estos planes y políticas forman parte del plan de la nación. En el reglamento parcial número 3 de esta ley sobre normas para el ordenación del territorio, establece la competencia al ministerio del ambiente, para aprobar y determinar la ocupación del territorio en especial a las áreas rurales que se tengan previsto la construcción de obras e instalaciones por parte de organismo nacionales, estatales y locales, así mismo, establece competencia conjunta con otros organismo nacionales para determinar las áreas de expansión de las ciudades.

Por su parte las normas para equipamiento urbano, publicada en Gaceta Oficial de la República de Venezuela del año 1985, número 33.289, establece las proporciones de uso comunales que se requieran en las ciudades para lograr un medio armonioso en función de los factores como el crecimiento ordenado, equilibrio espacial, uso del suelo urbano, calidad del diseño urbano; en tal sentido estas normas dictaminan valores y variables fundamentales que se deben considerar en la planificación de espacios para usos urbanos.

La Ley de Bosques y Gestión Forestal (2008), es el marco legal que se limita a establecer principios, normas fundamentales y enunciados generales con el objeto de la conservación, protección y uso sustentable de los bosques naturales y plantaciones forestales en función de los intereses de la nación. El Ejecutivo Nacional tiene responsabilidad de los órganos con

atribuciones directas en la gestión forestal, mientras que los planes de manejo forestal son instrumentos que además pueden ser formulados e implementados por comunidades locales o personas naturales o jurídicas, bajo el control y supervisión de los órganos competentes.

En cuanto a la Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio (2005), desde las disposiciones se establecen procesos para regir la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio, en concordancia con las realidades ecológicas y los principios, criterios, objetivos estratégicos del desarrollo sustentable, que incluyan la participación ciudadana y sirvan de base para la planificación del desarrollo endógeno, económico y social de la Nación. Esta ley establece los criterios para la ordenación del territorio considerándose la importancia bajo principios de soberanía nacional, interés público, seguridad y defensa, descentralización desconcentrada, participación ciudadana corresponsabilidad y desarrollo sustentable.

La Ley de aguas (2007), tiene por objeto establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas, como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país, y es de carácter estratégico e interés de Estado, a través de la gestión integral de las aguas comprende, entre otras, el conjunto de actividades de índole técnica, científica, económica, financiera, institucional, gerencial, jurídica y operativa, dirigidas a la conservación y aprovechamiento del agua en beneficio colectivo, considerando las aguas en todas sus formas y los ecosistemas naturales asociados, las cuencas hidrográficas que las contienen, los actores e intereses de los usuarios o usuarias, los diferentes niveles territoriales de gobierno y la política ambiental, de ordenación del territorio y de desarrollo socioeconómico del país.

En esta ley se establece la definición de Aguas superficiales: Cuerpos de aguas naturales y artificiales que incluyen los cauces de corrientes naturales continuos y discontinuos, además establece la

prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes, por medio de medidas preventivas, control y análisis de riesgos.

## **1.2 LA NECESIDAD DE RESOLVER EL PROBLEMA DEL DRENAJE.**

La presente investigación, tiene por objeto presentar lineamientos que pudieran ser considerados y evaluados a la hora de planificar un proyecto para resolver la problemática del drenaje de las aguas superficiales, provenientes de las lluvias y que afectan a dos comunidades de Mesa de Cavacas además, impactan sobre otras comunidades y la vialidad ubicadas aguas abajo de los dos sectores.

La propuesta consiste en presentar lineamientos generales, como información base para el diseño de diversos tipos de medidas preventivas y correctivas para un sistema de drenaje en los sectores en estudio; por lo tanto, esta información base se obtendrá a partir de variables como la topografía, climatológica, uso actual y potencial de la tierra, además, se realizó un estudio y análisis hidrológico que permitió obtener variables importantes como caudales de diseños y además, se realizó el análisis del problema con herramientas de planificación.

Por consiguiente, las recomendaciones al respecto, tendrán como objetivo prevenir daños a personas y sus bienes, orientaciones para el manejo, uso de áreas de mayor potencialidad de riesgo, afectación, así como, proponer obras hidráulicas para la captación, control y transporte del volumen de agua de la escorrentía superficial.

## **1.3 DESARROLLO DEL PROYECTO COMO ALTERNATIVA.**

Desarrollar un proyecto de esta magnitud cobra importancia, porque a partir de éste se obtendrán valores de variables tales como caudales, superficie y ubicación del área afectada, longitudes, pendientes y secciones

de drenaje existentes y otras: información que pueden ser consideradas y evaluadas para la planificación y ejecución de un futuro proyecto de drenaje de las aguas superficiales en esta importante localidad de Mesa de Cavacas.

Estos datos generaron información básica importante para futuras investigaciones, lo que permitirá conocer: variables hidrológicas, climáticas y topográficas del área de estudio, delimitar y conocer el área específica del sector de Mesa de Cavacas con la problemática de drenaje superficial, aplicación de la metodología y por último generar propuesta de lineamientos que consistirán en medidas preventivas y correctivas.

En consecuencia, las medidas a proponer, tendrán como finalidad atacar al problema planteado tendiente a: Disminución de las pérdidas de suelo, minimizar las molestias a los habitantes de las comunidades, recuperación de terrenos de pastoreo de la UNELLEZ, aminorar las amenaza a bienes materiales (viviendas), minimizar el riesgo de pérdidas humanas, bajar los riegos de inundación a comunidades, evitar daños sobre la infraestructura vial y vehicular que transitan por la zona, y mejorar la calidad ambiental.

## CAPITULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. CARACTERÍSTICA DE LA INVESTIGACIÓN.

##### 2.1.1 Tipo de investigación.

La investigación está enmarcada dentro de los lineamientos de un proyecto factible, la modalidad de proyecto factible está orientada a resolver una situación o problema planteado, según lo señala Sampiere (2005): El Método de Investigación es una especie de brújula en la que no se produce automáticamente el saber, pero que evita perdernos en el caos aparente de los fenómenos, aunque solo sea porque nos indica como no plantear los problemas y como no sucumbir en el embrujo de nuestros prejuicios predilectos (p.167). En tal sentido, se utilizarán herramientas de planificación, como el llamado diagrama causa-efecto o diagrama de Ishikawa y el árbol de problema. Estas herramientas permitirán construir y obtener elementos de forma sistemática, cualitativa de manera clara, ordenada y sencilla de los diversos factores que pudieran estar contribuyendo a la problemática en el área de estudio.

Este trabajo, se apoyará en las herramientas de planificación para el análisis del problema y así obtener información importante para realizar la propuesta y justificar las medidas. La investigación es de campo de tipo descriptivo, por su profundidad, siendo la más adecuada para lograr los objetivos propuestos, porque permite describir situaciones o eventos, precisar características e identificar rasgos comunes, para finalmente ofrecer la posibilidad de realizar predicciones o propuestas, aunque incipientes, sobre el comportamiento de personas, grupos o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis, tal como lo establece Hernández, Fernández y Baptista (2005, p.98).

### 2.1.2 Población.

Chávez (2006), define la población como: “El universo de la investigación sobre la cual se pretende generalizar los resultados. Están conformados por individuos, objetos, fenómenos o situaciones de una misma clase por poseer similares. En este orden de ideas, para esta investigación la población está conformada por los cinco (05) sectores afectados por la falta de drenaje y afectados por las corrientes pluviales.

### 2.1.3 Muestra.

Tamayo (2004), la define como la muestra “en la cual entran todos los miembros de la población” (p. 207). Para el caso de la presente investigación, y consecuentemente con la población antes descrita, se definirá la muestra como igual a la población, por lo limitado de la misma.

### 2.1.4 Técnica e instrumento de recolección de datos.

Las técnicas de recolección de datos para Balestrini (2006) “tratan de introducir en primer término, aquellas técnicas relacionadas con el análisis de documentos y fuentes bibliográficas” (p.132)

A efecto de la investigación, el instrumento utilizado fue la observación directa, con el fin de obtener información cartográfica y topográfica del área de estudio.

### 2.1.5 Factor social.

Familia: Número de habitantes afectados, número de personas por familia, tiempo de permanencia en el lugar de la familia.

Vivienda: Condición de habitabilidad, materiales del techo, piso y paredes, fuentes de agua, servicios públicos.

Factor educación: Grado de instrucción de la población, grado de instrucción de los jefes de familia.

#### 2.1.6 Factor económico.

Variable: Familias afectadas por las aguas pluviales en tiempo de lluvias, necesidades más urgentes de las familias, producción vegetal y producción animal.

#### 2.1.7 Factor tecnológico.

Variable: Uso de drenajes: calidad de los drenajes, tipos de drenajes, dimensión y materiales utilizados.

#### 2.1.8 Factor uso de los recursos.

La observación directa permitirá medir soluciones generales sobre causas, efectos o solución del problema. Este método consiste en un sistema de procedimientos e instrumentos de observación orientando los objetivos en una secuencia lógica. Por medio de esta metodología se identificará la problemática que se quiere enfrentar como resultado del análisis situacional: los actores involucrados con sus intereses, potenciales y necesidades, el objetivo central del estudio, los medios para llegar a éste y la estrategia que se puede considerar para lograr el objetivo. En esencia, se establecerá una relación causa – efecto y se presentará a través de un esquema, asimismo como un árbol de problemas y objetivos, adaptados a las consideraciones del marco lógico, a partir de la cual los problemas percibidos se convierten en objetivos o soluciones, como paso inicial para identificar la situación futura deseada, ello permitirá establecer acciones para la planificación de lineamientos para un sistema de drenaje óptimo.

### 2.1.9 Técnica análisis de datos.

El análisis de los datos recabados se realizó mediante la observación directa a las áreas sujetos en estudio, la observación, es la técnica cualitativa más antigua (PYME 2006), utilizada para aproximarse a cualquier fenómeno. No se practica de manera causal o accidental, sino que se requiere planificación y control.

Una observación bien llevada, orienta sobre la forma de identificar y abordar el problema, así como en la selección de las herramientas de planificación a utilizar en cada uno de los momentos de la investigación.

Con las observaciones directas de campo y la investigación documental en cuanto a los antecedentes de las comunidades asentadas en la cuenca del área de estudio y además, apoyado en datos climatológicos y en análisis hidrológico, se aplicaron herramientas de planificación para el análisis de la situación a objeto de estudio. La primera herramienta aplicada se le conoce como diagrama causa-efecto o diagrama de Ishikawa y la segunda herramienta utilizada, es conocida como árbol de problema y a partir de esta se construyó el árbol de objetivos.

Ambas herramientas son diagramas, que permitieron definir con exactitud el problema presentado, jerarquizar las causas que originaron y los efectos que generan tanto en el área de estudio como otras superficies ubicadas aguas abajo de la cuenca en estudio, por consiguiente, estas gráficas en su aplicación arrojan información importante con el fin de estudiar, determinar y justificar medios a proponer como medidas de solución al problema presentado a los fines de contrarrestar los efectos.

## 2.2 PROCESO METODOLOGICO APLICADO.

### 2.2.1 Recopilación y procesamiento de la información básica.

- Información cartográfica y topográfica:

Con el objetivo de obtener información básica de la zona de estudio (nivel cartográfico), se revisó y se estudió la imagen satelital del municipio Guanare año 1998 del proyecto PITSA, imagen satelital spot año 2008 del instituto de ingeniería de Venezuela, mapas topográficos a escala 1:10.000 año 1986 sector de Mesa de Cavacas y levantamiento topográfico; sobre la base de esta información se obtuvo lo siguiente: Delimitación preliminar del área de estudio, sectorización del área de estudio según su uso actual, definición y ubicación de la trayectoria del cauce sobre drenes existentes, determinación de pendientes, longitudes de cauces, digitalización del área de estudio para actualizar información y ortofotoplanos

- Revisión bibliográfica.

Se procedió a revisar y recopilar información bibliográfica que se vinculó con el tema a desarrollar, entre los cuales se incluyeron textos bibliográficos de diversas áreas como la hidrológica, hidráulica, conservación de suelos y aguas, estructuras de drenajes, drenajes urbanos; así como también, estudios y tesis de maestría.

- Información climática.

Se obtuvo información climatológica de la estación meteorológica ubicada en las instalaciones de la UNELLEZ en Mesa de Cavacas. Estos registros de precipitación y temperatura del área de estudio, fueron suministrados por el Ministerio del Popular para el Ambiente (MPPA).

- Información Hidrográfica.

Se recopiló información correspondiente a las características del drenaje (patrones y formas).

- Consultas personales.

Se consultó a diferentes habitantes de la zona y miembros de los consejos comunales de las comunidades afectadas, los cuales manifestaron la magnitud del problema.

- Información de vegetación.

Se describió de forma general las formaciones vegetales presentes de acuerdo a una clasificación del tipo de bosque y su uso actual. Se realizó a través de la interpretación visual de imagen satelital y la realización de evaluaciones rápidas de campo (Aymard 2000) a fin de generar información valiosa acerca de la vegetación característica de la zona.

#### 2.2.2 Caracterización del área de estudio.

Se realizó mediante la revisión documental de las variables físicas naturales mencionadas anteriormente, complementadas y actualizadas con la visita de campo, mediante levantamiento de la información básica; entre estas actividades de campo se realizó los siguientes:

- Levantamiento altiplanimétrico del área y los drenajes existentes. Se realizó con un equipo de estación total y mira, sobre áreas específicas en estudio tales como vialidad, zonas urbanas y drenajes. Este levantamiento se ejecutó con el objetivo de delimitar el polígono de la microcuenca con mayor precisión, cuantificar la superficie del área en estudio, conocer pendientes de la vialidad y otras superficies del área en estudio, ubicación de los drenajes, sus secciones de flujo, longitud y pendientes (sentido del escurrimiento superficial) y elaborar planos temáticos del patrón de drenaje.
- Se realizó las observaciones a las áreas urbanas, potreros y áreas de bosques intervenidos; para la determinación de la dirección del drenaje considerando las características topográficas, su ubicación; de esta manera facilitó la limitación, ubicación y situación actual, cobertura vegetal, por lo cual permitió calcular y determinar superficies de acuerdo

a su uso actual. También permitió delimitar áreas y cuantificar la superficie de la cuenca en esos sectores y la determinación de las condiciones hidrológicas del suelo según el Soil Conservation Service (1972), curva número (CN) según Rojas, 1979.

- Inventario del sistema de drenajes naturales: Se efectuó con la finalidad de su ubicación, sentido del drenaje, medición de su longitud, determinación de sección de flujo promedio, medición de pendiente y cálculo de tiempo de concentración.
- Inventario de sistema de drenaje artificial: Se cuantificaron los sistemas de drenajes artificiales existentes en comunidades de Mesa de Cavacas y en la urbanización Altos de la Colonia, con el objetivo de medir su sección de flujo, pendientes, longitud, tipo de material construido, condiciones.
- Medición del área urbana: Se realizó la medición de superficies del área urbana de la zona en estudio, para la determinar áreas permeables e impermeables en la zona urbana, para así, obtener la curva número (CN) ponderada para las áreas en estudio.

#### 2.2.3 Evaluación hidrológica del área.

La evaluación se realizó con el objeto de conocer caudales en diversos puntos del área de estudio. El análisis hidrológico se realizó mediante la aplicación de la metodología el Soil Conservation Service (1972) y Rojas (1984). La evaluación hidrológica del área, se realizó de acuerdo a lo siguiente:

- Delimitación de la microcuenca.

El tamaño y forma de la microcuenca en estudio, se determinó por las condiciones topográficas, la geología del terreno y el uso actual de la tierra. Para la delimitación de la microcuenca, primeramente se seleccionó un área preliminar de estudio de 260 ha, posteriormente en

visita de campo se determinó la superficie de la microcuenca a estudiar, considerando lo mencionado anteriormente. En el área de la microcuenca, se definieron los usos con sus respectivas superficies.

- Cálculo del tiempo de concentración (TC).

La determinación del TC de la cuenca en estudio, fue una información importante para la determinación de la lluvia y caudal de diseño. Dentro del área de estudio, se encontraron varios sectores con diferentes usos de la tierra, lo que permite seleccionar la longitud del cauce y dividirla en varios tramos de acuerdo a las condiciones que presentaron, ya que existen tramos en zonas de áreas de bosques intervenidos con canal natural y zonas urbanas que presentan canal natural y canal artificial construido de diferentes materiales, y otra donde la vialidad funciona como un canal de drenaje; en ese sentido, se aplicaron ecuaciones matemáticas dependiendo del drenaje y su ubicación de la siguiente forma:

Para el cálculo del TC en tramos de drenajes que es controlados su flujo de escorrentía y donde las condiciones son naturales o de poca intervención, se aplicó la formula según las normas del manual de drenaje del M.O.P 1967, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$TC = 0,0195 \left[ \frac{L^3}{H} \right]^{0,385} \rightarrow TC \text{ en minutos.}$$

Donde:

TC = Tiempo de concentración (min)

L = Longitud de cauce (m)

H = Desnivel entre cota de extremo de cauce (m)

En Sectores de la microcuenca provista de zona urbana, donde las aguas de escorrentía son conducidas a través de canales, flujos controlados y que presentaron modificaciones en sus condiciones

naturales (sección, longitud y recorrido) el TC se calculó de la siguiente manera:

$$\boxed{TC = \text{Longitud de recorrido (m)} / \text{Velocidad del agua (m/s)}}$$

La longitud del recorrido del agua, se midió, desde el punto más alto del tramo hasta el punto más bajo, donde termina el tramo estudiado, además se consideraron factores como la vegetación, fondo del canal y taludes para determinar el valor del coeficiente de rugosidad, posterior se empleo la formula de Manning en el cálculo de la velocidad de circulación, donde se asumió un régimen permanente y uniforme; para este cálculo se aplicó la fórmula de Manning – Strickler, cuya expresión es:

$$\boxed{V = \frac{1}{n} S^{0.5} R_h^{0.6667}}$$

Donde:

V = velocidad en (m/ s)

n = factor de rugosidad de Manning

S = pendiente del tramo en estudio m / m

Rh = radio hidráulico

$$\boxed{R_h = \text{área de la sección de flujo (m}^2\text{)} / \text{perímetro mojado (m)}}$$

Las dimensiones de la sección de flujo y pendiente de fondo, se midieron en campo. La obtención del área sección de flujo y radio hidráulico (Rh) se calcularon a través de las mediciones de las secciones levantadas utilizando formulas de figuras geométricas conocidas (rectángulos, cuadrados y trapecios).

En aquellos tramos donde no existe un control del flujo de la escorrentía, el valor de la velocidad se determinó de acuerdo a las condiciones del terreno y su pendiente.

- Estimación de la lluvia de diseño (LLd).

La lluvia de diseño (LLd), fue un elemento importante para la determinación del caudal de trabajo o caudal de diseño (Qd), este elemento depende del tiempo de concentración (TC) y el periodo de retorno asumido. En el proceso de la estimación de la lluvia de diseño (LLd) se consideraron los siguientes pasos: Intensidades máxima de lluvias caídas sobre el área de estudio para frecuencia (5, 10, 15, 30, 60, 120 y 180 min) por año; información que se tomó de los registros de la estación meteorológica ubicada en la UNELLEZ en Mesa de Cavacas a una altitud de 255 msnm, para un periodo de 30 años, y se realizó análisis de frecuencia de lluvias máximas ocurridas durante el periodo de registro, aplicando el método de Gumbel, para el estudio de funciones de distribución de probabilidades en la hidrología aplicada. Aparicio (1994). La distribución de Gumbel se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$P(X > X_d) = e^{-e^{-\alpha}(X_d - \beta)}$$

De esta manera.

**P(X > X<sub>d</sub>)** = Probabilidad de ocurrencia del valor de lluvia (X)

**X<sub>d</sub>** = Lluvia de diseño

**α** y **β** = Son los parámetros de distribución y se obtienen conociendo los valores de la media y la desviación típica, para cada duración, de la serie de datos disponibles.

**α = 1,281 / Sx**

**β = X - (0,4506 x Sx)**

**X** = Media de los valores máximos de precipitación en cada tiempo de duración.

**Sx** = Desviación Típica de los valores máximos de precipitación.

Como resultado, se obtuvieron los valores para la elaboración de la curva Profundidad –Duración – Frecuencia a partir de los valores de lluvias máxima.

- Determinación del número de la Curva (CN).

El número de la curva de escorrentía (CN), es un factor importante a considerar según el Soil Conservation Service (1972), para la determinación del caudal que produce un evento de lluvia en una cuenca. Este factor puede variar, ya que depende del tipo de suelo y su uso, además las condiciones hidrológicas del área de estudio pueden variar por otros elementos. El número de la curva (CN) en el área de estudio de la microcuenca se determinó conforme a las siguientes etapas: 1) El área de la microcuenca, se sectorizó de acuerdo al uso actual. 2) Se calculó la superficie que ocupa cada sector, mediante método digital y levantamiento topográfico. 3) Se determinaron las condiciones hidrológicas y el grupo de suelo para cada sector de acuerdo a sus características. Se calculó el valor de CN para cada sector. 4) Se calculó CN ponderada considerando todos los sectores en la microcuenca.

- Estimación de escorrentía de diseño (Ed).

La escorrentía de diseño (Ed) se puede definir como la lámina de exceso de agua superficial que hay que drenar en el tiempo de drenaje. Para la estimación de la Ed, se utilizó el método del “número de curva” según el Soil Conservation Service (1972) que viene expresado por las siguientes ecuaciones:

$$Ed = \frac{(LLd - 0,2IP)^2}{LLd + 0,8IP}$$

Donde:

**Ed** = Escorrentía de diseño, en cm.

**LLd** = (Lluvia de diseño)

**IP** = Infiltración Potencial, en cm.

La infiltración Potencial (IP), viene dada por la siguiente ecuación:

$$IP = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) 2,54$$

Donde:

**IP** = Infiltración Potencial, en cm.

**CN** = (Número de curva de la microcuenca)

- Cálculo del caudal de diseño (Qd).

El caudal de diseño, es una medida que expresa el volumen de agua que circula por una unidad de tiempo; en este caso se calcularon varios caudales para diseños, tanto el punto de la salida de la microcuenca que será el caudal total y otros sectores de la microcuenca como caudales complementarios. Estos caudales se consideraron para proponer medidas correctivas y preventivas, como alternativas de solución al problema de drenaje en la zona de estudio, también sirvió para realizar comparaciones con algunas infraestructuras existentes como canales y alcantarilla. El Qd, se calculó mediante la siguiente formula, que es una variación de la ecuación del Cypress Creek (McCrary, 1965), que se expresa de la siguiente manera:

$$Qd = \frac{CD \times A^{0,833}}{1000}$$

Donde:

**Qd** = Caudal de diseño en  $m^3 / s$

**CD** = Coeficiente de Drenaje en  $I s^{-1} ha^{-1}$

**A=** (Área de la microcuenca en estudio en ha)

Coeficiente de Drenaje (CD) se obtuvo mediante la ecuación propuesta por Stephen y Mills (1965), que es la siguiente:

$$\mathbf{CD = 4,573 + 1,62 Ed_{24}}$$

:

**Ed<sub>24</sub>** = Escorrentía de diseño para 24 horas, viene dada por;

$$\mathbf{Ed\ 24 = \frac{Ed\ x\ 24}{TC}}$$

Entonces;

$$\mathbf{Ed = cm}$$

$$\mathbf{TC = horas\ (min)}$$

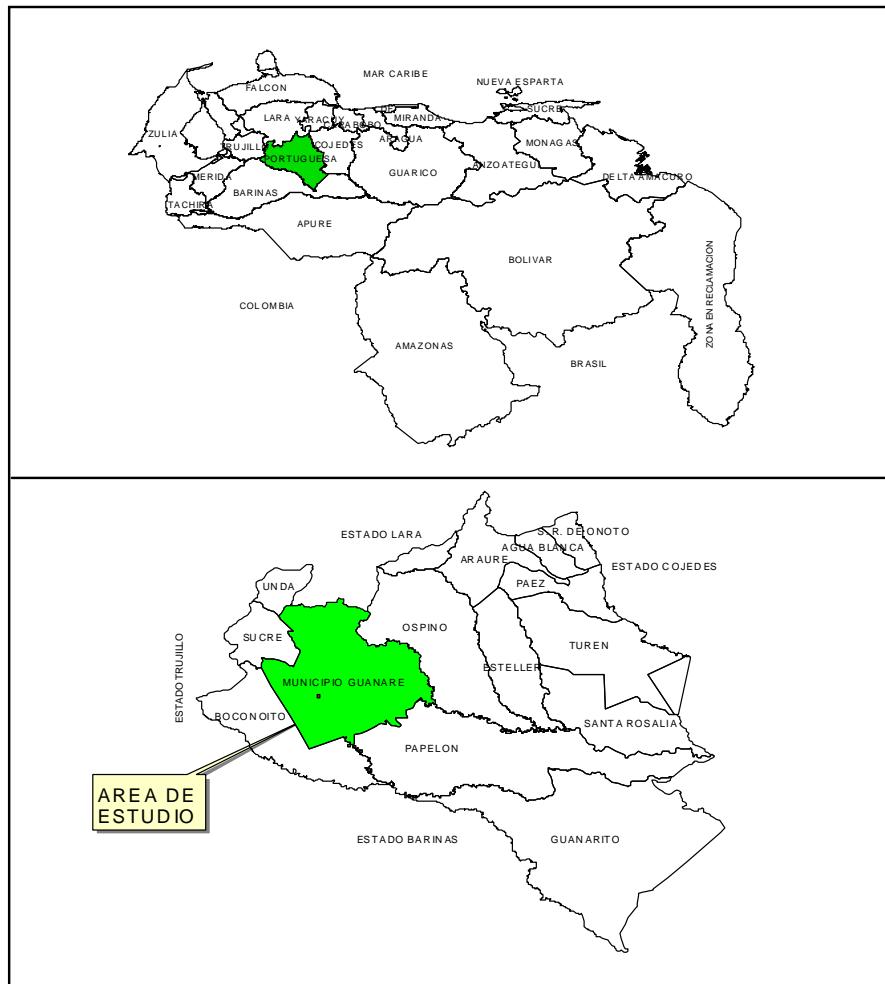
Sustituyendo tenemos que Ed 24 = cm CD = l / s ha

El caudal o caudales de diseño será   $\mathbf{Qd = m^3/s}$

### 2.3 DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio se ubica en comunidades de Mesa de Cavacas y terrenos de la UNELLEZ, superficies de la parroquia San Juan de Guanaguanare, al noroeste de la ciudad de Guanare capital del estado Portuguesa (Figura 1).

Esta superficie de estudio se enmarca dentro de un sistema más amplio denominado piedemonte, que es una zona de transición entre la serranía de Portuguesa y los Llanos Occidentales (Martínez 1999).



**Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio.**

Fuente: Centro Cartográfico UNELLEZ-Guanare.

El área en estudio ocupa 260 ha, se ubica entre las coordenadas (UTM) N(1.002.400 – 1.004.400) E(410.400 – 411.700) con altitud que puede variar entre 240 a 260 msnm (Figura 2).

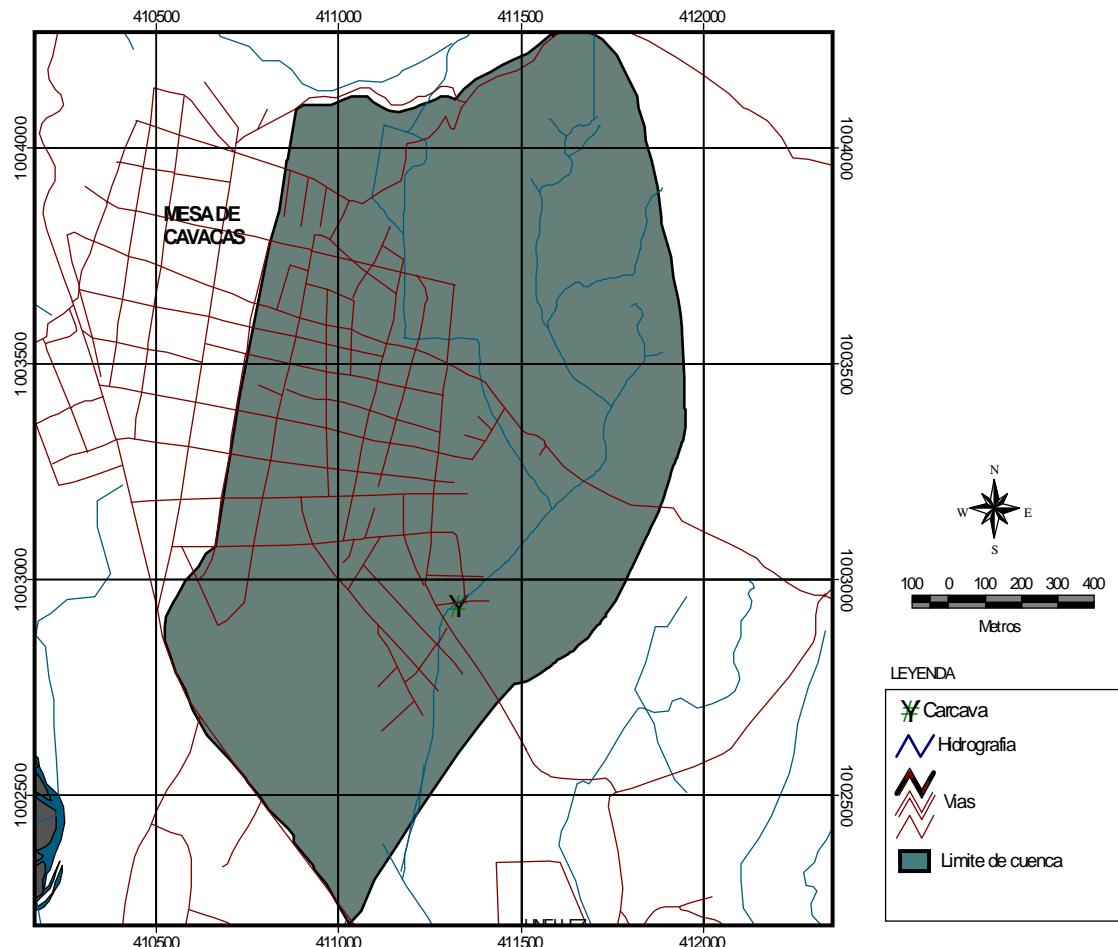
En el entorno del área de estudio, se encuentran varias comunidades asentadas que son de interés para este estudio. En Mesa de Cavacas se encuentran Barrios como La Antena, El Valle y La Guajira. En la parte alta de

La Colonia, sector conocido como la recta, se encuentran establecidos las comunidades Barrio la Amistad, urbanización Altos de la Colonia y la vía que conduce desde Guanare hacia Biscucuy; además, terrenos de la UNELLEZ que se usan como potreros.



**Figura 2. Ubicación y delimitación del área de estudio. Sector La Recta de Mesa de Cavacas. Municipio Guanare estado Portuguesa.**  
Fuente: Centro Cartográfico UNELLEZ-Guanare.

Dentro de esta superficie de estudio preliminar de 260 ha, se delimitó un área de microcuenca que ocupa 183,585 ha; la cual fue considerada para realizar diversos estudios en este proyecto (Figura 3).



**Figura 3. Ubicación y delimitación de la cuenca en estudio. Sup. 183,58 ha.**  
Fuente: Albarrán W. 2010.

### 2.3.1 Geología y geomorfología.

Las formaciones geológicas presentes en la zona, son la formación Parángula, Río Yuca y Guanapa. Estas formaciones son el producto de una inmensa descarga a través de centenares de ejes sedimentarios paralelos.

La formación Río Yuca presenta un gran espesor que, contiene areniscas, lutitas y conglomerados de granos gruesos, areniscas macizas con estratificación cruzada local friable de granos medios a gruesos, localmente caolinitas colores gris pardo a verdes y gris verdoso, limolitas y arcillas de color gris claro, macizos de amarillo a pardo, con desarrollo de calizas arenosas delgadas y limolitas calcáreas (*Rengel et al 1983*).

### 2.3.2 Relieve.

El relieve muestra una transición relativamente suave entre las vertientes montañosas y la planicie, sin que ninguno de estos paisajes domine sobre el otro (*Rengel et al 1983*). El tipo de relieve que caracteriza al área le comprende un sistema de terrazas que presentan gran variedad de pendientes.

### 2.3.3 Suelos.

Formados a partir de materiales del cuaternario provenientes de derrumbes de las terrazas altas y en parte de la formación Río Yuca, presenta abundantes gravas y piedras en el perfil, frecuentemente cubiertos totalmente por estos materiales gruesos. Son suelos fuertemente ácidos de baja fertilidad natural, suelos lavados con textura franco arcillosa. Se evidencia una alta pedregosidad y ciertos sectores manifiestan rasgos de un marcado proceso erosivo. Los suelos presentes en el área de estudio generalmente del orden ultisoles, con escasa cohesión superficial y alta susceptibilidad a la erosión. Según estudio realizados por *Scharge et al (1979)*, reportó varios grupos de suelos presentes tanto en la parte del área de estudio como terrenos pertenecientes a la UNELLEZ específicamente en sectores de Mesa de Cavacas y Mesa Alta; entre los más importantes tenemos: Haplustalfs (60%), Haplustults (10%) y Paleustults (10%) .

### 2.3.4 Hidrografía.

El área de estudio dispone de una red de drenaje natural y artificial que conforma esta microcuenca. Los cursos de aguas naturales son intermitentes, presentan modificaciones tanto en la dirección como en sus dimensiones con número de orden 1 y 2. Los cursos artificiales están compuestos por canales de tierra, canales revestidos de concretos y canales embaulados, de diversas formas y dimensiones. Estas estructuras artificiales fueron construidas para tratar de mitigar las inundaciones de varios sectores del Barrio La Guajira.

Las pendientes de los cauces varían, porque ésta depende de la altura de las cotas que pueden variar hasta una altitud de 80 metros que nace en la cota 350 msnm y se extiende con una orientación norte-sur hasta la cota 225 msnm. El patrón de drenaje característico es dendrítico en la parte alta de la microcuenca y subparalelo en la parte baja (Martínez 1999).

### 2.3.5 Vegetación.

La vegetación de la zona consiste en un mosaico de bosque deciduo a semi-deciduo secundario, mezclado con potreros, sabanas abiertas, sujetas a la alta presión de una fuerte intervención humana (Stergios 1984) como resultado de las diferentes actividades antropicas (agricultura a baja escala de producción, quemas, pastoreo, asentamientos urbanos).

La comunidad vegetal dominante está representada por las sabanas con chaparrales y representa la primera etapa sucesional en la regeneración natural del bosque donde predomina el tipo de vegetación del chaparral conformada por la *Curatela americana* y *Birsonia crassifolia*. Otras especies comunes son: *Bowdichia virgilioides*, *Cyperus flavus*, *Pavonia sidifolia*, *Cyperus surinamensis*, *Andropogon sellianus* (Stergios 1984). Además de este tipo de vegetación, también se encuentra presente el bosque secundario semi-deciduo, el cual posee un considerable número de especies en dos estratos: uno inferior que puede medir entre 3 m y 7 m de altura y otro

superior e irregular formado por árboles dispersos que alcanzan hasta 20 m de altura (*Rengel et al 1983*). Algunas especies que caracterizan este bosque son: *Genipa americana*, *Cochlospermum vitifolium*, *Bursera velu*, *Spondias monbin*, *Lonchocarpus pictus*, *Annona jahnnii*, *Xylopia aromatic*a, *Cedela odorata*, *Apeiba tiborbou*, *Casearia mollis*, *Calea prunifolia* (Martínez 1999).

La tercera comunidad vegetal presente en la zona está representada por la sabana, donde dominan las gramíneas, ocasionalmente interrumpida por árboles y arbustos dispersos. Las especies dominantes son el pasto yaraguá (*Hyparrhenia rufa*) y el estoraque (*Vernonia brasiliiana*) (Martínez 1999).

También existen pequeñas superficies de bosques de galería en los cauces naturales, donde se puede encontrar vegetación secundaria y algunas especies frutales introducidas como el mango (*Mangifera indica*), mamón (*Melicoccea bufipa*) entre otros.

En la zona urbana se puede observar vegetación introducida como resultado de la intervención humana, entre estas tenemos algunas especies forestales, frutales y ornamentales. En otras superficies de la microcuenca, terrenos de la UNELLEZ, se puede apreciar siembra de plantaciones forestales (*Pino caribe*).

### 2.3.6 Clima.

El área está principalmente bajo la influencia de la convergencia intertropical (ITC), con una información climatológica suministrada por M.A.R.N. de la estación de Mesa de Cavacas, indica una precipitación promedio anual, de 1.775,28 mm, con valor máximo de 277,05 mm en el mes de junio y un valor mínimo de 9,77 mm en el mes de enero, datos medidos para un promedio de 30 años (Anexo A).

El régimen térmico dominante en el área puede identificarse como isotérmico (la diferencia de temperatura entre el mes más cálido y el mes más frío es menor o igual a 5 °C), la temperatura media anual para el período de registro entre 1.981 y 2.000 es de 26,6 °C con valores máximos promedios mensual de 28,1 °C en el mes de marzo y mínimos promedios mensual de 25,4 °C durante el julio (Anexo B).

La evaporación con valor alto, tiene promedio anual de 1779,70 mm, un valor máximo de 272,52 mm en el mes de marzo y un valor mínimo de 119,40 mm en el mes de junio, lo que ubica al área de estudio, según el sistema de clasificación propuesto por Holdridge (1979), se puede clasificar como una zona de vida de bosque seco tropical. .

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### **3.1 EVALUACION HIDROLÓGICA.**

En el proceso de análisis hidrológico en esta microcuenca que pertenece a la cuenca del río Guanare, fue importante la determinación de la producción del caudal total de acuerdo a un evento de lluvia, con un período de retorno dado.

El análisis hidrológico, en una cuenca o microcuenca es importante efectuarlo, ya que mediante este estudio permite determinar variables que se deben considerar para el dimensionamiento o redimensionamiento de una red de drenaje. Este proyecto siguió etapas interrelacionadas en el análisis hidrológico, que permitió obtener la variable caudal de diseño, valor que sirvió de base para proponer las estructuras de ingeniería para el manejo del drenaje de esa zona de Mesa de Cavacas. Etapas de la evaluación hidrológica:

1. Delimitación de la microcuenca y ubicación de los drenajes
2. Cálculo del tiempo de concentración (TC)
3. Estimación de la lluvia de diseño (LLd)
4. Determinación del número de la curva (CN)
5. Estimación de la escorrentía de diseño (Ed)
6. Cálculo del caudal de diseño (Qd)
7. Comparación del caudal de diseño(Qd) con la red de drenaje existente
8. Cálculo, diseño y/o Redimensionamiento a la red de drenaje

##### **3.1.1 Delimitación de la microcuenca y ubicación de los drenajes.**

Para la delimitación de esta microcuenca, perteneciente a la cuenca del río Guanare, primeramente se seleccionó un área total de estudio de 260 ha

(Figura 2) posteriormente en visita de campo se obtuvo la superficie de la microcuenca de 183,58 ha, (Figura 3) considerando el uso actual, condiciones topográficas del terreno natural y áreas urbanizadas.

En el área de la microcuenca que ocupa una superficie de 183,585 ha, se pueden observar tres sectores bien definidos (Figura 5).

- 1.- Sector asociado con bosques intervenidos, plantaciones forestales y vegetación herbáceas, ubicado en la parte alta y media de la microcuenca y ocupa un área de 77,55 ha.
- 2.- Sector de potreros (pastizales), utilizados para pastoreo del ganado vacuno de la UNELLEZ, se ubica en la parte media y bajo de la microcuenca y ocupa un área de 24,234 ha.
- 3.- Sector urbano y áreas de expansión urbana, donde se observa los desarrollos habitacionales con baja planificación, y otros desarrollos en procesos de construcción, siguiendo parcialmente una planificación urbana; estos van acompañados de las vialidades (calles) pavimentadas, engrazonadas y otra de tierra donde se aprecia vegetación. Este sector urbano ocupa 81,801 ha.

En la parte alta de la microcuenca, se encuentra la cota del terreno 350 m, vía Mesa Alta que limita la divisoria de aguas en esa zona Norte, en la parte Oeste la divisoria de aguas está limitada por una calle secundaria de Mesa de Cavacas, que comienza desde la parte más baja de la microcuenca hasta la parte más alta de la microcuenca donde se ubica la cota 350 m, esta línea incluye superficie de terreno del Barrio La Guajira y El Valle incluyendo sector del Barrio La Antena, donde está la manga de coleo. En la parte Este la divisoria de aguas está limitada por terrenos de la UNELLEZ, donde se consideraron las condiciones topográficas del terreno. En el sector más bajo de la microcuenca se encuentra el cauce principal que actúa como canal de

desagüe, punto de salida de la microcuenca donde existe un salto de agua desde la cota 249,90 m hasta la cota 245,30 m (parte baja del Barrio La Guajira) que dio origen a una cárcava, como resultado de la escorrentía.

Consideraciones tomadas para la delimitación de la microcuenca:

- ✓ La red de drenaje existente
- ✓ Dirección de la escorrentía en el sector urbano, en las calles
- ✓ Pendiente y sentido del terreno

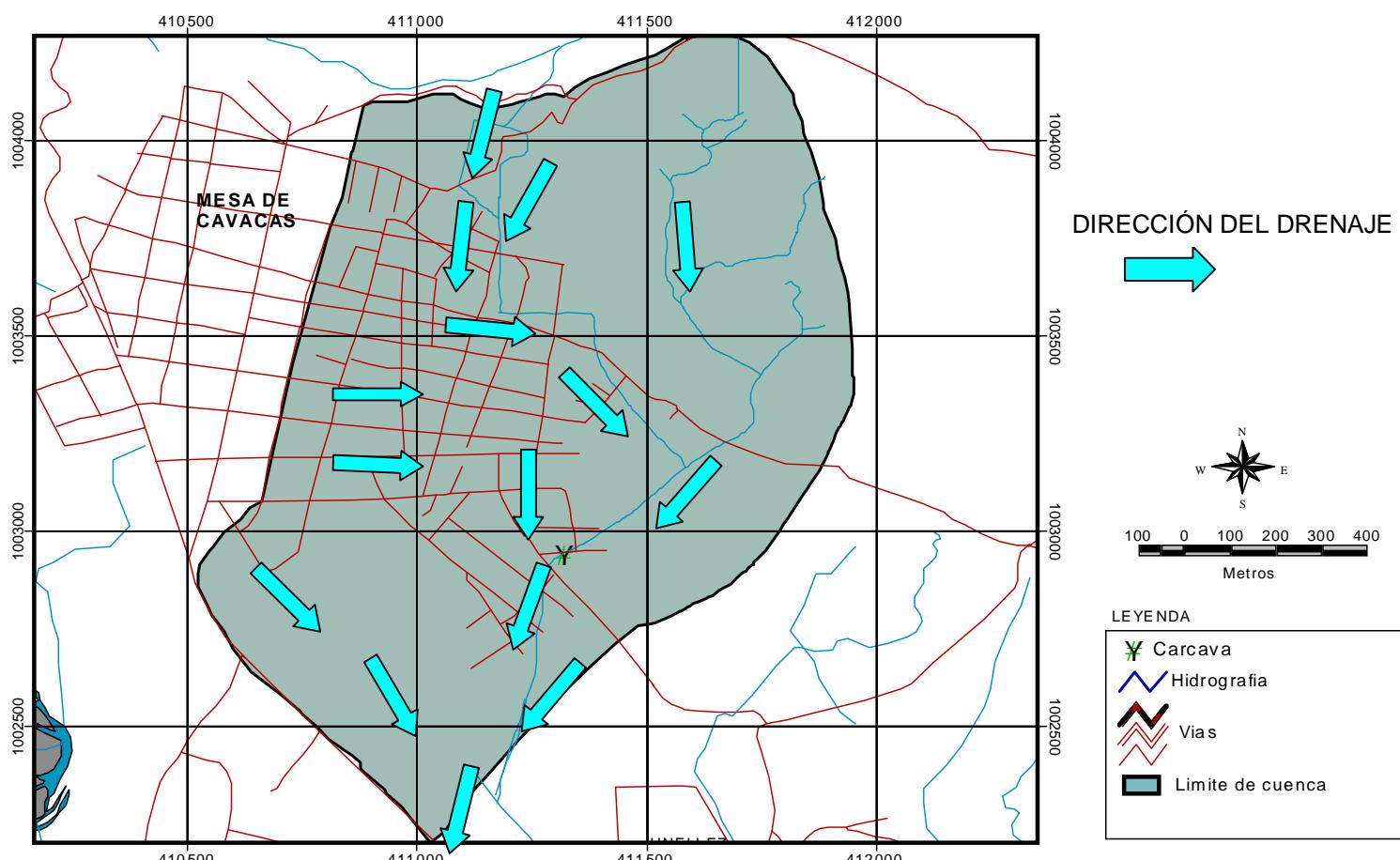
Posteriormente la microcuenca de estudio, se delimitó sobre un ortofotoplano a escala 1:3.500, para su digitalización y sectorización de las áreas, para luego realizar el cálculo de la superficie total y cada uno de los sectores.

La red de drenaje existente está compuesta por lo siguiente:

1. Quebradas naturales intermitentes, ubicadas en la parte alta de la microcuenca, sector del Barrio El Valle vía Mesa Alta, caracterizada por pendientes que varían desde 10% hasta mayores del 15%.
2. Quebradas naturales que han sido modificadas a conveniencia de la comunidad para evitar inundación; estas modificaciones se efectuaron en su sección de flujo, longitud y alineamiento y se ubica en sectores urbanizados del Barrio El Valle y otras en áreas de potreros.
3. Calles asfaltas y en tierra, se comportan como canal conductor de la escorrentía, debido que los tramos de canales naturales que deberían funcionar como drenaje, han sido intervenidos al punto que en tramos no existe el canal como tal y en otros han sido rellenados con fines de construcción de obras civiles. Se pueden ubicar en la parte media de la microcuenca, sector del Barrio El Valle.
4. Canal embaulado en concreto, infraestructura construida de forma alineada en calle del Barrio La Guajira, parte media de la microcuenca,

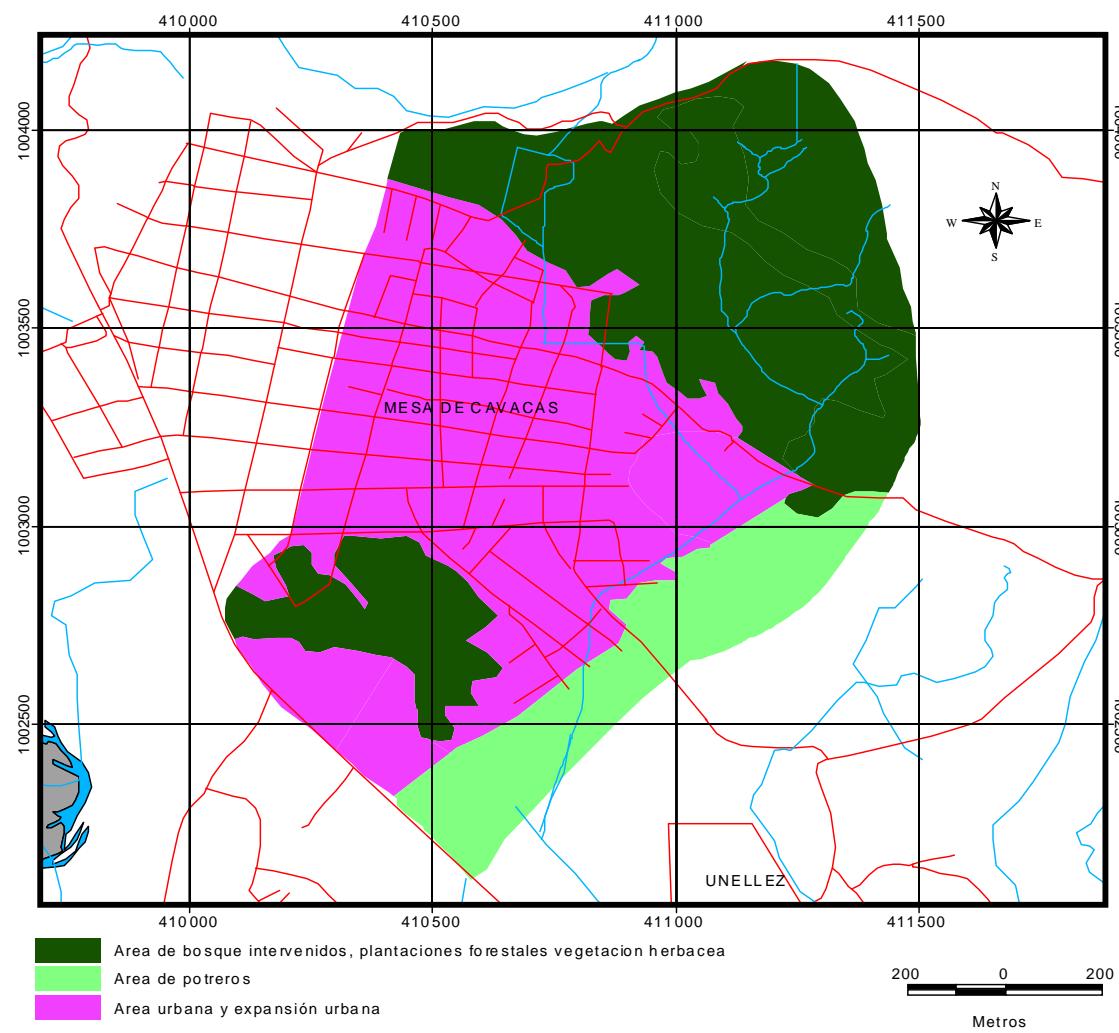
se conecta a otra infraestructura de drenaje compuesta de un canal revestido de concreto de sección trapezoidal, seguidamente este se conecta a otro canal revestido de concreto de sección mixta.

5. Canal en tierra, se construyó para darle continuidad al sistema de drenaje hasta la zona de cárcava, ubicado en el sector bajo del barrio La Guajira, parte baja del microcuenca. Estos canales artificiales, de manera alineada casi en su totalidad, varían su sección de flujo y pendiente.
6. En el sector de la cárcava no existe un drenaje planificado, más bien el caudal que transita forma sus propios canales, excavando los taludes, para luego expandirse sobre una superficie de potrero de la UNELLEZ; el agua se acumula en esta superficie, como especie de laguna, para luego drenar hacia una alcantarilla de concreto diámetro de 1 m, ubicada en la vía local (Guanare – Biscucuy) entre las progresiva 2+700 – 2+800 y la otra parte hacia un drenaje que pasa por terrenos de la urbanización ubicada frente a la UNELLEZ. Este sector no se consideró para el cálculo del TC por ubicarse fuera de la delimitación de la microcuenca, sin embargo, se consideró para generar lineamientos para un sistema de drenaje de la zona.
7. Canal en tierra, se construyó para darle continuidad al sistema desde la alcantarilla de concreto, ubicada en la vía local (Guanare – Biscucuy) entre las progresiva 2+700 – 2+800. Este canal se ubica dentro de los terrenos de la Urbanización Altos de la Colonia, para luego unirse a otro sistema de drenaje que transita por la parte posterior de la urbanización colindando con el Barrio La Amistad. Este canal de drenaje no se consideró para el cálculo del TC, por ubicarse fuera de la delimitación de la microcuenca. Sin embargo, se consideró para la propuesta de alternativa anexa al sistema de drenaje de la zona.



**Figura 4. Cuenca en estudio. Dirección de la escorrentía superficial.**

Fuente: Albarrán W. 2010.



**Figura 5. Mapa uso actual de la cuenca.**  
Fuente: Albarrán W. 2010

### 3.1.2 Cálculo del tiempo de concentración (TC).

El tiempo de concentración (TC) se define como la duración empleada por un volumen unitario de escurrimiento superficial a lo largo de una longitud, que comprende desde el punto más alejado de la divisoria de la cuenca hasta el punto de salida de la cuenca. Por tanto el TC es el máximo tiempo de desplazamiento del escurrimiento superficial de una cuenca o microcuenca.

La determinación del TC de la cuenca, es una información importante para la determinación de la lluvia de diseño y caudal de diseño en una obra de drenaje pluvial. Por consiguiente dentro del área de la cuenca se encuentran varios sectores (Figura 5), por medios de estos sectores se permitió determinar la ruta y la longitud del cauce, que posteriormente se dividió en tramos. Por lo tanto, en este estudio se consideraron las propias condiciones y características de los sectores con superficies, lo que conllevó a realizar el trabajo a mejor detalle.

En la cuenca se encuentran diferentes tramos ubicados en zona con:

- Vegetación herbácea con uso de potreros
- Áreas de bosque intervenidos que presenta canal de drenaje natural
- Zona urbana que presentan canal natural modificado, canal artificial construido de diferentes materiales y otros tramos donde la vialidad funciona como canal de drenaje
- Áreas de expansión urbana y otras en proceso de construcción de urbanismo

La longitud total del cauce fue de 2.593,85 metros, comprende desde la cota de terreno 350 metros ubicada en la vía hacia Mesa Alta, hasta la cota de terreno 241 metros, con una diferencia de cota de 109 metros. La cota 241 metros se ubicada en la parte más baja de la salida de la microcuenca, en la zona del alcantarillado de la carretera Biscucuy – Guanare, sector La

Recta (Figura 6); por siguiente, este estudio se dividió en varios tramos, para poder calcular el TC por cada sección de tramo y posteriormente se obtuvo el tiempo de concentración total de la microcuenca.

### 3.1.3 Sistemas hidráulicos predominantes.

Con base en los resultados obtenidos de la observación directa, los sistemas hidráulicos predominantes se describirán por Tramos, en consecuencia, el Tramo 1: (Progresiva 0+000 – 0+495,30) CANAL NATURAL, perteneciente al sector de la cuenca presentó un área de bosque intervenido, la longitud del tramo es de 495,30 metros que comprende desde la cota de terreno 350 metros ubicada en la vía hacia Mesa Alta hasta la cota de terreno 275 metros. Este tramo se compone de un canal natural de curso sinuoso, con paredes laterales irregulares, vegetación en el fondo y los taludes; se encuentra ubicado en zona poca urbanizada, de la parte alta de la microcuenca entre los Barrios El Valle y La Antena. Para el cálculo del TC en este tramo se utilizó la fórmula del BUREAU of Reclamation, cuya resultado fue el siguiente:

$$TC = \left[ 0,886 (L^3/H) \right]^{0,386} \longrightarrow \text{TC en Horas.}$$

Donde:

TC = Tiempo de concentración

L = Longitud de cauce (0,4953 km)

H = Desnivel entre cota de extremo de cauce (75 m)

$$TC = \left[ 0,886 (0,4953)^3 / 80 \right]^{0,386} \times 60 \text{ min} / 1 \text{ hora}$$

$TC_1 = 4,79 \text{ min}$

En cuanto al Tramo 2: (Progresiva 0+495,30 – 0+625,10). Canal natural modificado. Representa el sector alto de la microcuenca provista de zona urbana que pertenece al Barrio El Valle; presentó un canal de forma rectangular, que ha sido modificado en sus condiciones naturales (sección, longitud y recorrido) (Tabla 3), debido a la expansión urbana. Estas modificaciones la han realizado los propios habitantes de la comunidad.

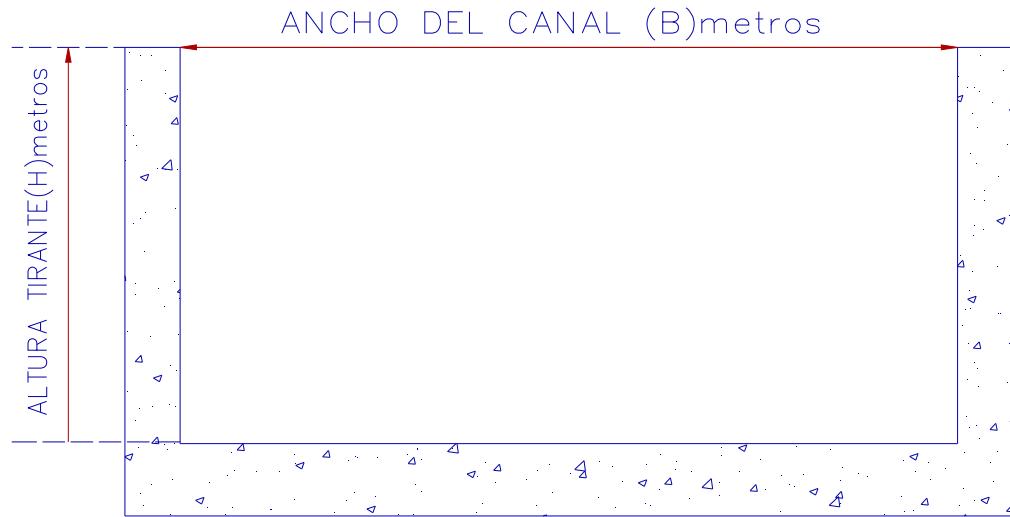
La longitud del recorrido del agua fue medida in situ, desde la punto más alto del tramo hasta el punto más bajo donde termina.

El tramo estudiado se compone de canal de curso sinuoso, con poca vegetación en el fondo y los taludes, el valor del coeficiente de rugosidad  $n$  será 0,0275 luego se empleó la fórmula de Manning para el cálculos de la velocidad de la circulación del agua, se asumiendo un régimen permanente y uniforme, luego se aplicó la fórmula de Manning – Strickler,

El radio hidráulico se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$Rh = \text{área de la sección de flujo (m}^2\text{)} / \text{perímetro mojado (m)}$$

Las dimensiones de la sección de flujo y pendiente de fondo, fueron medidas en campo, con equipo de medición manual (cinta métrica, nivel, jalón, cuerda de nylon). La obtención del área sección de flujo y radio hidráulico se calcularon a través de las mediciones de las secciones levantadas y se utilizaron fórmulas de figuras geométricas conocidas. Sección de flujo típica, se presentó como un canal rectangular (Figura 6).



**Figura 6. Sección de flujo típica de canal de forma rectangular, cálculo de su área y radio hidráulico (Rh)**

$$\text{Área} = \text{Ancho del canal (B)} \times \text{Altura (H)}$$

$$Rh = \text{Área} / (\text{Ancho del canal (B)} \times 2\text{Altura (H)})$$

En Tabla 1, se aprecia el cálculo del TC en este tramo de longitud total 129,80 m.

**Tabla 1.** Tramo 2 canal natural modificado.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA  
PROGRESIVA: 0+495,30 - 0+625,10

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO			S	LADO 1 (m)	LADO 2 (m)	Rh	n	V (m/seg)	TC (min)
		B	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
CANAL NATURAL MODIFICADO SU SECCION	129.80	1.50	0.56	0.84	0.03400	0.56	0.56	0.321	0.0275	3.1397	0.6890
<b>TOTAL</b>	<b>129.80</b>							<b>TOTAL</b>		<b>0.689</b>	

En el Tramo 3: (Progresiva 0+625,10 – 0+648,10) Sector alto de la microcuenca del Barrio El Valle, presenta área urbana, y debido a la misma expansión urbana o dinámica poblacional, han modificado las condiciones naturales del drenaje de esta zona, hasta el punto que parte de este tramo de calle se comportan como cauce conductores del escurrimiento superficial (Tabla 2), ya que no existe un sistema de drenaje como tal.

La longitud del recorrido del agua en este tramo de calle, fue medida in situ, desde donde termina el tramo 2 hasta la parte más baja de la calle por donde drenan las aguas. Este tramo es en tierra, alineado y uniforme en malas condiciones, el valor del coeficiente de rugosidad n será de 0,025 para ser empleado en la fórmula de Manning para el calculo de la velocidad de la circulación del agua, se asumiendo un régimen permanente y uniforme, donde el tramo de calle actúa como canal abierto; para este cálculo se aplicó la fórmula de Manning – Strickler.

Las dimensiones de la sección de flujo y pendiente de fondo, fueron medidas en campo, con equipo de medición manual (cinta métrica, nivel, jalón, cuerda de nylon). La obtención del área sección de flujo y radio hidráulico se calcularon a través de las mediciones de las secciones levantadas y se utilizaron fórmulas de figuras geométricas conocidas. Sección de flujo típica, se presentó como un canal rectangular: (Figura 6). En la Tabla 2, se aprecia el cálculo del TC en este tramo de longitud total 23 m.

**Tabla 2.** Tramo 3. Tramos de calles que se comportan como canal de drenaje.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA

PROGRESIVA: 0+625,10 - 0+648,10

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO			S	LADO 1 (m)	LADO 2 (m)	Rh	n	V (m/seg)	TC (min)
		B	TIRANTE(m)	ÁREA(m2)							
CALLE DE POCAS VEGETACIÓN DE SUPERFICIE DE TIERRA	23.00	7.50	0.15	1.13	0.02220	0.15	0.15	0.144	0.025	1.6381	0.2340
<b>TOTAL</b>	<b>23.00</b>								<b>TOTAL</b>	<b>0.234</b>	

En el Tramo 4: (Progresiva 0+648,10 – 0+896,60) perteneciente a las calles que se comportan como canales de drenaje. Este tramo se encuentran en la parte alta de la microcuenca, zona urbanizada del Barrio El Valle, donde el asentamiento de viviendas en los cauces naturales, ha traído como consecuencia la eliminación del drenaje original, el efecto causado es que las calles se conviertan como sistema conductor del escurrimiento superficial de esta zona

La longitud del recorrido del agua en estas calles, fue medida in situ, desde donde termina el tramo 3 hasta la parte más baja de la calle por donde drenan las aguas. Este tramo está pavimentado con asfalto, compuesto por 2 calles, de forma alineada y uniforme en buenas condiciones, el valor del coeficiente de rugosidad n dado por Horton para ser empleado en la fórmula de Manning fue de 0,011. La velocidad de la circulación del agua se calculó asumiendo un régimen permanente y uniforme, donde las calles actúan como canal abierto; para este cálculo se aplicó la fórmula de Manning – Strickler.

Las dimensiones de la sección de flujo y pendiente de fondo, fueron medidas en campo, con equipo de medición manual (cinta métrica, nivel, jalón, cuerda de nylon) La obtención del área sección de flujo y radio hidráulico se calcularon a través de las mediciones de las secciones

levantadas y se utilizó fórmulas de figuras geométricas conocidas. Sección de flujo típica, se presentó como un canal rectangular (Figura 6).

En la Tabla 3 se aprecia el cálculo del TC en este tramo de longitud total 248,50 m.

**Tabla 3.** Tramo 4. Calles que se comportan como canal de drenaje.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA

PROGRESIVA: 0+648,10 - 0+896,60

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO			S	LADO 1 (m)	LADO 2 (m)	Rh	n	V (m/seg)	TC (min)
		B	TIRANTE(m)	ÁREA(m2)							
CALLE 2 ASFALTADA	184.50	6.70	0.15	1.01	0.01800	0.15	0.15	0.144	0.011	3.3420	0.9201
CALLE 3 ASFALTADA	64.00	6.70	0.15	1.01	0.01800	0.15	0.15	0.144	0.011	3.3420	0.3192
<b>TOTAL</b>	<b>248.50</b>							<b>TOTAL</b>		<b>1.239</b>	

En cuanto a los tramos 5 y 6 tenemos los siguientes resultados: TRAMO 5: (Progresiva 0+896,60 – 1+011,10) (Tabla 4). Tramo 6: (Progresiva 1+011,10 – 1+069,60) (Tabla 5) calle y tramo de calle que se comporta como canal de drenaje. Los tramos 5 y 6 se estudiaron con el mismo procedimiento de cálculo, por presentar condiciones similares. Estos tramos se encuentran en la parte media de la microcuenca, zona urbanizada del Barrio El Valle, donde el asentamiento de viviendas en los cauces, ha traído como consecuencia la eliminación del drenaje natural, el efecto causado es que las calles se han convertido como sistema conductor del escurrimiento superficial de esta zona

La longitud del recorrido del agua en estas calles, fue medida in situ, desde donde termina el tramo 4 hasta la parte más baja de la calle por donde drenan las aguas en alcantarillas. Este tramo es en tierra, compuesto por 2 calles, de forma alineada y uniforme en malas condiciones, el valor del coeficiente de rugosidad n fue de 0,025, para ser empleado en la fórmula de Manning para el cálculo de. La velocidad de la circulación del agua, se

asumiendo un régimen permanente y uniforme, donde las calles actúan como canal abierto; para este cálculo se aplicó la fórmula de Manning – Strickler.

Las dimensiones de la sección de flujo y pendiente de fondo, fueron medidas en campo, con equipo de medición manual (cinta métrica, nivel, jalón, cuerda de nylon) La obtención del área sección de flujo y radio hidráulico se calcularon a través de las mediciones de las secciones levantadas y se utilizaron fórmulas de figuras geométricas conocidas. Sección de flujo típica, se presentó como un canal rectangular: (Figura 6).

En tabla 4 y 5 se aprecia el cálculo del TC Tramo 5 de longitud 114,50 m y el Tramo 6 de longitud 58,50 m.

**Tabla 4.** Tramo 5.Calle que se comporta como canal de drenaje.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA

PROGRESIVA: 0+896,60 - 1+011,10

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO			<b>S</b>	LADO 1 (m)	LADO 2 (m)	Rh	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		B	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
CALLE 4 SUPERFICIE DE TIERRA POCA VEGETACION	114.50	7.66	0.15	1.15	0.01070	0.17	0.17	0.144	0.025	1.1340	1.683
<b>TOTAL</b>	<b>114.50</b>									<b>TOTAL</b>	<b>1.683</b>

**Tabla 5.** Tramo 6. Calle que se comporta como canal de drenaje.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA

PROGRESIVA: 1+011,10 - 1+069,60

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO			<b>S</b>	LADO 1 (m)	LADO 2 (m)	Rh	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		B	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
CALLE 5 DE TIERRA DONDE COMIENZA LA ALCANTARILLA DEL CANAL EMBAULADO	58.50	8.47	0.15	1.27	0.01330	0.17	0.17	0.144	0.025	1.2678	0.7691
<b>TOTAL</b>	<b>58.50</b>									<b>TOTAL</b>	<b>0.769</b>

Tramo 7: (Progresiva 1+069,60 - 1+229,30) canal embaulado de concreto. (Tabla 6) y Tramo 8: (Progresiva 1+229,30 - 1+239,80) canal embaulado de concreto con rejilla metálica – cruce de calle. (Tabla 7)

Los tramos 7 y 8 se estudiaron con el mismo procedimiento de cálculo, debido que presentan características similares en cuanto a su forma, aunque la longitud y su sección de flujo varían en dimensiones. Estos tramos se ubican en el sector medio de la microcuenca, parte alta del Barrio La Guajira y parte baja del Barrio El Valle, esta zona presentó área urbanizada y que debido a la misma expansión urbana o dinámica poblacional, han modificado las condiciones naturales del drenaje, hasta el punto de construcción de un canal embaulado alineado. Esta infraestructura de concreto armado construido debajo de la vialidad existente (calles) se comporta como conductor del escurrimiento superficial

La sección de flujo y la longitud del recorrido del agua fue medida in situ, se tomó en cuenta en su totalidad del canal embaulado más un canal compuesto con rejilla metálicas que se ubica transversalmente en una calle con sección de flujo mayor que el anterior, están dispuestos de forma alineados y uniformes en buenas condiciones con un solo cruce. El valor del coeficiente de rugosidad n fue de 0,011, para ser empleado en la fórmula de Manning para el cálculo de la velocidad de la circulación, se asumió un régimen permanente y uniforme, para este cálculo se aplicó la fórmula de Manning – Strickler.

Las dimensiones de la sección de flujo y pendiente de fondo, fueron medidas en campo, con equipo de medición manual (cinta métrica, nivel, jalón, cuerda de nylon) La obtención del área, sección de flujo y radio hidráulico se calcularon a través de las mediciones de las secciones levantadas y se utilizaron fórmulas de figuras geométricas conocidas. Dimensiones de cada tramo, el TC se calcularon por separados.

Sección de flujo típica, se presentó como un canal rectangular (Figura 6). En tabla 6 y 7 se aprecia el cálculo del TC. El tramo 7 de longitud total 159,70 m y el tramo 8 de longitud 10,50 m,

**Tabla 6.** Tramo 7. Canales embaulados de concreto armado.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA  
PROGRESIVA: 1+069,60 - 1+229,30

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO			S	LADO 1 (m)	LADO 2 (m)	Rh	n	V (m/seg)	TC (min)
		B (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m2)							
CANAL EMBUALADO	152.20	0.95	1.10	1.05	0.005	1.10	1.10	0.33	0.011	3.0794	0.8237
CANAL EMBUALADO CON REJILLA	7.50	0.95	1.10	1.05	0.005	1.10	1.10	0.33	0.011	3.0794	0.041
<b>TOTAL</b>	<b>159.70</b>									<b>TOTAL</b>	<b>0.864</b>

**Tabla 7.** Tramo 8. Canales embaulados de concreto armado y rejilla metálica en cruce de calle.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA  
PROGRESIVA: 1+229,30 - 1+239,80

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO			S	LADO 1 (m)	LADO 2 (m)	Rh	n	V (m/seg)	TC (min)
		B (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m2)							
CANAL CON REJILLA	10.50	1.50	1.10	1.65	0.012	1.10	1.10	0.45	0.011	5.8112	0.030
<b>TOTAL</b>	<b>10.50</b>									<b>TOTAL</b>	<b>0.030</b>

Situaciones observadas en los tramos siguientes: Tramo 9: (Progresiva 1+239,80 - 1+428,30) canal revestido en concreto sección trapezoidal (Tabla 8). Tramo 10: (Progresiva 1+428,30 – 1+438,70) canal revestido en concreto sección rectangular. (Tabla 9). Tramo 11: (Progresiva 1+438,70 – 1+536,30) canal revestido en concreto de sección mixta. (Tabla 10).

Los tramos 9,10 y 11 se estudiaron con el mismo procedimiento de cálculo pero con análisis individual para cada tramo, debido que presentan características similares en cuanto a su material de construcción (concreto),

aunque la longitud, su sección de flujo varían en dimensiones y su forma geométrica.

Estos tramos los podemos ubicar en el sector medio de la microcuenca parte media del Barrio La Guajira, esta zona presentó áreas urbanizadas y debido a la necesidad de drenar la escorrentía superficial de la zona y otras que provenían de aguas arriba, se construyeron tres tramos de canales con distinto tipo de sección como se especifica:

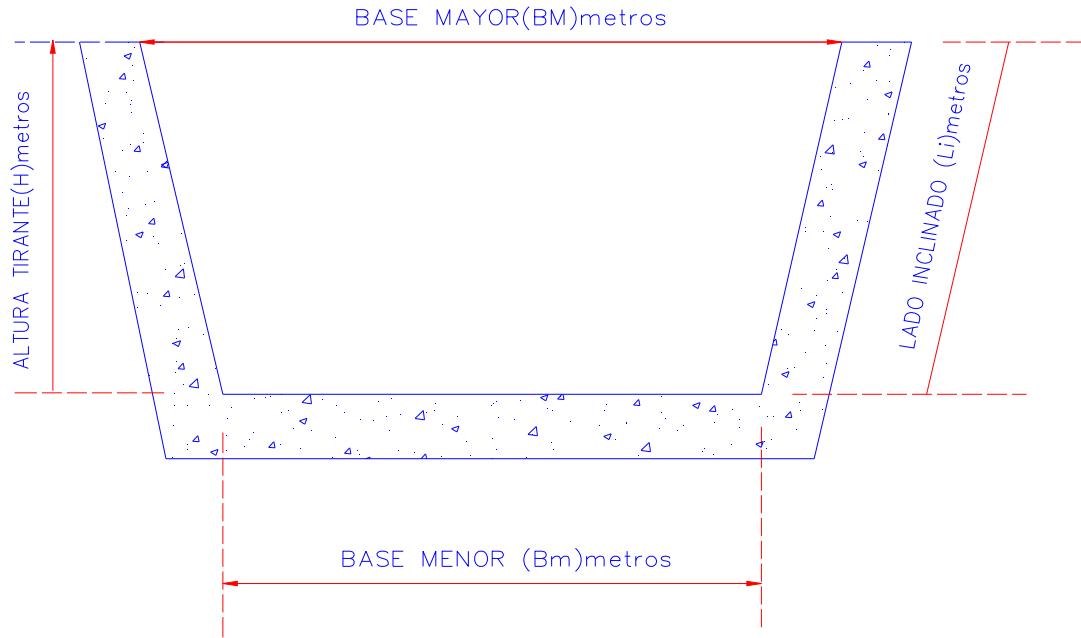
- ✓ Tramo 9 de sección trapezoidal.
- ✓ Tramo 10 de sección rectangular.
- ✓ Tramo 11 de sección mixta.

Estas infraestructuras de concreto armado construido paralelo a la vialidad existente (calles) se comportan como conductor del escurrimiento superficial:

La sección de flujo y la longitud del recorrido del agua para cada tramo fueron medidas in situ. El valor del coeficiente de rugosidad  $n$  fue de 0,011, para ser empleado en la fórmula de Manning para el cálculo de velocidad de circulación, se calculó asumiendo un régimen permanente y uniforme, como canales abiertos, para este cálculo se aplicó la fórmula de Manning – Strickler.

Las dimensiones de la sección de flujo y pendiente de fondo, se midió en campo, con equipo de medición manual (cinta métrica, nivel, jalón, cuerda de nylon). La obtención del área, sección de flujo y radio hidráulico se calcularon a través de las mediciones de las secciones levantadas y se utilizaron fórmulas de figuras geométricas conocidas; en este tramo se encuentran tres tipos de sección.

1. **Tramo 9:** Sección de flujo típica, se presenta como un canal trapezoidal (Figura 7).



**Figura 7. Sección de flujo típica de canal forma trapezoidal. Calculo del área y radio hidráulico (Rh).**

$$\text{Área} = \frac{\text{Base mayor (BM)} + \text{Base menor (Bm)}}{2} \times \text{Altura (H)}$$

$$Rh = \text{Área} / \text{Base menor} + \text{Los 2 lados inclinados}$$

En tabla 8 se aprecia el cálculo del TC. El tramo 9 de longitud total 188,50 m.

**Tabla 8.** Tramo 9. Canal revestido de concreto. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA

PROGRESIVA: 1+239,80 - 1+428,30

UBICACIÓN/TIPO DE SECCION	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				S	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	Rh (m)	n	V (m/seg)	TC (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
TRAPEZOIDAL	188.50	2.35	1.00	1.30	2.178	0.0150	1.60	1.60	0.52	0.011	7.1887	0.437
<b>TOTAL</b>	<b>188.50</b>										<b>TOTAL</b>	<b>0.437</b>

2. **Tramo 10:** Sección de flujo típica, se presenta como un canal rectangular (Figura 7).

En tabla 9 se aprecia el cálculo del TC en este tramo de longitud total 10,40 m.

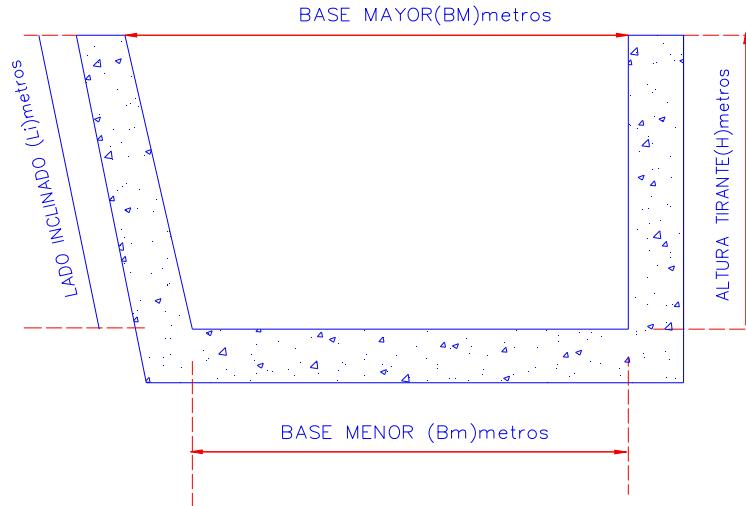
**Tabla 9.** Tramo 10. Canal revestido de concreto sección rectangular.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA

PROGRESIVA: 1+428,30 - 1+438,70

UBICACIÓN/TIPO DE SECCION	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>s</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	Rh (m)	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
CANAL EMBALADO DE CONCRETO CRUCE DE CALLE	10.40	2.00	2.00	1.00	2.000	0.0058	1.00	1.00	0.50	0.011	4.3717	0.040
<b>TOTAL</b>	<b>10.40</b>										<b>TOTAL</b>	<b>0.040</b>

3. **Tramo 11:** Sección de flujo típica, se presenta como un canal mixto (Figura 8).



**Figura 8. Sección de flujo típica de canal mixto. Calculo de área y radio hidráulico (Rh).**

$$\text{Área} = \frac{\text{Base mayor (BM)} + \text{Base menor (Bm)}}{2} \times \text{Altura (H)}$$

$$Rh = \text{Área} / \text{Base menor} + \text{Lado inclinado (Li)} + H$$

En tabla 10 se aprecia el cálculo del TC en este tramo de longitud total 97,60 m.

**Tabla 10.** Tramo 11. Canal revestido de concreto sección mixta.

UBICACIÓN: ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA

PROGRESIVA: 1+438,70 - 1+536,30

UBICACIÓN/TIPO DE SECCION	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>S</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	Rh (m)	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
MIXTA	97.60	2.15	1.00	1.40	2.205	0.0053	1.40	1.70	0.54	0.011	4.3759	0.372
<b>TOTAL</b>	<b>97.60</b>										<b>TOTAL</b>	<b>0.372</b>

Con respecto a los tramos 12 al 21 tenemos: Tramo 12: (Progresiva 1+536,30 - 1+603). (Tabla 11). Tramo 13 (Progresiva 1+603 - 1+707,25). (Tabla 12). Tramo 14: (Progresiva 1+707,25 – 1+895,65). (Tabla 13). Tramo 15:(Progresiva 1+895,65 – 1+972,65). (Tabla 14). Tramo 16: (Progresiva 1+972,65 – 2+082,65). (Tabla 15). Tramo 17: (Progresiva 2+082,65 – 2+163,85). (Tabla 16). Tramo 18:(Progresiva 2+163,65 – 2+193,85). (Tabla 17). Tramo 19: (Progresiva 2+193,85 – 2+264,04). (Tabla 18). Tramo 20: (Progresiva 2+264,04 – 2+279,22). (Tabla 19). Tramo 21: (Progresiva 2+279,22 - 2+308,33) (Tabla 20) (canales en tierra de sección trapezoidal).

Los tramos desde el 12 hasta el 21 se estudiaron con el mismo procedimiento de cálculo pero con análisis individual para cada tramo, debido que presentaron características similares en cuanto a su forma geométrica; aunque las longitudes, sección de flujo y pendientes varían en dimensiones.

Estos tramos 12, 13 y 14 se ubica en el sector bajo de la microcuenca y parte media del Barrio La Guajira. Los tramos 15, 16, 17 y 18 se ubica en el

sector bajo de la microcuenca y parte baja del Barrio La Guajira. Hasta la zona de la cárcava. Esta zona está caracterizada por presentar una densidad alta de viviendas, en su totalidad se aprecia el área urbanizada. Tramos 19, 20 y 21 se ubica en la zona de cárcava, desde un muro de concreto hasta la parte más baja que se ubica la salida de la cárcava.

Los tramos de canales construidos con superficie de tierra de forma alineada y de sección trapezoidal, se ejecutaron debido a la necesidad de drenar la escorrentía superficial de la zona y otras que provenían de aguas arriba de los tramos anteriores mencionados y los tramos de la zona de cárcava se originaron por la excavación de la fuerza del agua.

Sector bajo de la microcuenca del Barrio La Guajira, presenta área urbana: la intervención humana en este sector, ha modificado las condiciones naturales del drenaje de esta zona; donde se construyó canales de drenajes con superficie en tierra y alineados, cuyos taludes y fondo son irregulares con poca vegetación.

Estos canales fueron construidos una parte de su longitud paralelo a la calles existente (tramos 12,13 y 14) y otra construida en terrenos de la UNELLEZ (tramos 15, 16, 17 y 18 donde esta muros de concreto), y los tramos 19, 20, 21 se originaron en la zona de cárcava. Estos canales se comportan como conductores del escurrimiento superficial.

La longitud del recorrido del agua en cada canal, fue medida in situ, de forma alineada y se consideró la longitud con una sección tipo y pendiente igual, donde las pendientes varían, se consideró esa longitud para otro tramo de canal.

Estos tramos de canales en tierra, de forma alineado y uniforme consideradas en malas condiciones, entonces el valor del coeficiente de rugosidad n fue de 0,025 para ser empleado en la fórmula de Manning para

el calculo de la velocidad de la circulación del agua, se asumió un régimen permanente y uniforme para finalmente aplicar la fórmula de Manning – Strickler.

Las dimensiones de la sección de flujo y pendientes de fondo, fueron medidas en campo para cada tramo, se obtuvo mediante medición manual (cinta métrica, nivel, jalón, cuerda de nylon). La obtención del área sección de flujo y radio hidráulico se calcularon a través de las mediciones de las secciones levantadas y se utilizaron fórmulas de figuras geométricas conocidas. Las Dimensiones y los TC para cada tramo desde el 11 hasta 21 se midieron individualmente y se le realizo el respectivo cálculo del TC.

#### **Tramo 12. (Tabla 11).**

**Tabla 11.** Tramo 12. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA, PARTE MEDIA DEL BARRIO LA GUAJIRA  
PROGRESIVA: 1+536,30 - 1+603

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>S</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	<b>Rh</b>	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
PARALELO A LA CALLES	66.70	3.86	1.00	1.22	2.96	0.0241	1.80	1.90	0.63	0.0250	4.57	0.243
<b>TOTAL</b>	<b>66.70</b>									<b>TOTAL</b>	<b>0.243</b>	

#### **Tramo 13. (Tabla 12).**

**Tabla 12.** Tramo 13. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACION: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA, PARTE MEDIA DEL BARRIO LA GUAJIRA  
PROGRESIVA: 1+603 - 1+707,25

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>S</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	<b>Rh</b>	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
PARALELO A LA CALLES	104.25	4.60	1.70	1.45	4.57	0.00762	1.70	2.50	0.77	0.0250	2.944	0.590
<b>TOTAL</b>	<b>104.25</b>									<b>TOTAL</b>	<b>0.590</b>	

**Tramo 14.** (Tabla 13).

**Tabla 13.** Tramo 14. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA, PARTE MEDIA DEL BARRIO LA GUAJIRA  
PROGRESIVA: 1+707,25- 1+895,65

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>S</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	<b>Rh</b>	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
PARALELO A LA CALLES	188.40	4.30	1.70	1.21	3.63	0.03800	1.50	2.05	0.69	0.0250	6.096	0.515
<b>TOTAL</b>	<b>188.40</b>										<b>TOTAL</b>	<b>0.515</b>

**Tramo 15.** (Tabla 14).

**Tabla 14.** Tramo 15. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA. SECTOR II BARRIO LA GI  
PROGRESIVA: 1+895,65 - 1+972,65

PROGRESIVA	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>S</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	<b>Rh</b>	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
TRANSV. A CALLE TERRENOS UNELLEZ	77.00	4.34	1.70	1.06	3.20	0.00260	1.54	1.84	0.63	0.0250	1.499	0.856
<b>TOTAL</b>	<b>77.00</b>										<b>TOTAL</b>	<b>0.856</b>

**Tramo 16.** (Tabla 15).

**Tabla 15.** Tramo 16. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA. SECTOR II BARRIO LA GUAJIRA  
PROGRESIVA: 1+972,65 - 2+082,65

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>S</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	<b>Rh</b>	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
TRANSV. A CALLE TERRENOS UNELLEZ	110.00	4.03	1.50	1.18	3.26	0.02421	1.60	1.90	0.65	0.0250	4.682	0.392
<b>TOTAL</b>	<b>110.00</b>										<b>TOTAL</b>	<b>0.392</b>

**Tramo 17.** (Tabla 16).

**Tabla 16.** Tramo 17. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA. SECTOR III BARRIO LA GUAJIRA  
PROGRESIVA: 2+082,65 - 2+163,85

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>S</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	<b>Rh</b>	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
TERRENOS UNELLEZ	81.20	4.29	1.20	1.29	3.54	0.01375	1.62	1.90	0.75	0.0250	3.872	0.349
<b>TOTAL</b>	<b>81.20</b>										<b>TOTAL</b>	<b>0.349</b>

**Tramo 18.** (Tabla 17).

**Tabla 17.** Tramo 18. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA. SECTOR III BARRIO LA GUAJIRA HASTA CARCAVA  
PROGRESIVA: 2+163,65 - 2+193,85

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>S</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	<b>Rh</b>	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
TERRENOS UNELLEZ	30.00	4.29	1.10	1.72	4.635	0.04466	2.37	2.30	0.803	0.0250	7.305	0.068
<b>TOTAL</b>	<b>30.00</b>										<b>TOTAL</b>	<b>0.068</b>

**Tramo 19.** (Tabla 18).

**Tabla 18.** Tramo 19. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA. SECTOR III BARRIO LA GUAJIRA. ZONA DE CARCAVA  
PROGRESIVA: 2+193,85 - 2+223,70

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				<b>S</b>	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	<b>Rh</b>	<b>n</b>	<b>V</b> (m/seg)	<b>TC</b> (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
TERRENOS UNELLEZ	70.19	13.32	5.28	1.99	18.507	0.10600	4.48	4.48	1.300	0.0250	15.511	0.075
<b>TOTAL</b>	<b>70.19</b>										<b>TOTAL</b>	<b>0.075</b>

**Tramo 20.** Sección Promedia (Tabla 19).

**Tabla 19.** Tramo 20. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA. SECTOR III BARRIO LA GUAJIRA. ZONA DE CARCAVA

PROGRESIVA: 2+223,70 - 2+249,90

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				S	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	Rh	n	V (m/sea)	TC (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
TERRENOS UNELLEZ	15.18	11.32	2.93	1.37	9.761	0.07800	4.41	4.41	0.831	0.0250	9.872	0.026
<b>TOTAL</b>	<b>15.18</b>									<b>TOTAL</b>	<b>0.026</b>	

**Tramo 21.** Sección Promedia (Tabla 20).

Sección de flujo típica para los tramos desde el 12 hasta el 21 se presentan como un canal de forma trapezoidal (Figura 7).

**Tabla 20.** Tramo 21. Canal artificial de superficie de tierra. Sección trapezoidal.

UBICACIÓN: PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA. SECTOR III BARRIO LA GUAJIRA. ZONA DE CARCAVA

PROGRESIVA: 2+223,70 - 2+249,90

UBICACIÓN	LONGITUD (m)	SECCION DE FLUJO				S	LADO 1 IZQ.(m)	LADO 2 DER. (m)	Rh	n	V (m/sea)	TC (min)
		BM (m)	Bm (m)	TIRANTE(m)	ÁREA(m <sup>2</sup> )							
TERRENOS UNELLEZ	29.11	5.38	1.88	0.95	3.449	0.01970	1.98	1.98	0.590	0.0250	3.951	0.123
<b>TOTAL</b>	<b>29.11</b>									<b>TOTAL</b>	<b>0.123</b>	

Tramo 22: (Progresiva 2+308,33 - 2+591,33). El tramo 22, se ubica en la zona más baja de la microcuenca, en terreno de pastoreos de la UNELLEZ, comienza en la salida del área de la cárcava hasta la salida de la microcuenca, en la alcantarilla ubicada en la vialidad. En esta superficie no existen canales como tal, solo que el agua escurre de una manera natural hacia la alcantarilla, en tal sentido para el cálculo del tiempo de concentración en este tramo se consideró que no existe un caudal concentrado, por tal razones el TC se calculó de la siguiente forma:

$$\text{TC} = \text{Longitud (m)} / \text{Velocidad del agua (m/s)}$$

La longitud del recorrido del agua hacia el punto de la salida de la microcuenca, fue medida in situ, de forma alineada desde el punto de salida de la zona de la cárcava. La pendiente de este tramo se consideró del valor de las curvas de nivel de esta área, determinadas por el levantamiento topográfico. El valor de velocidad se tomó de la tabla 21, de acuerdo a la pendiente del terreno y el uso de la tierra.

**Tabla 21.** Velocidades promedio aproximadas en pies/s del flujo de escorrentía para calcular el tiempo de concentración

Descripción del curso de agua	Pendiente en porcentaje			
	0-3	4-7	8-11	12-
No concentrado*				
Bosques	0-1.5	1.5-2.5	2.5-3.25	3.25-
Pastizales	0-2.5	2.5-3.5	3.5-4.25	4.25-
Cultivos	0-3.0	3.0-4.5	4.5-5.5	5.5-
Pavimentos	0-8.5	8.5-13.5	13.5-17	17-
Concentrado**				
Canal de salida – la ecuación de Manning determina la velocidad				
Canal natural no bien definido	0-2	2-4	4-7	7-

**Fuente:** Chow V.T. Hidrológica aplicada, 1999., tabla 5.7.1, p.169.

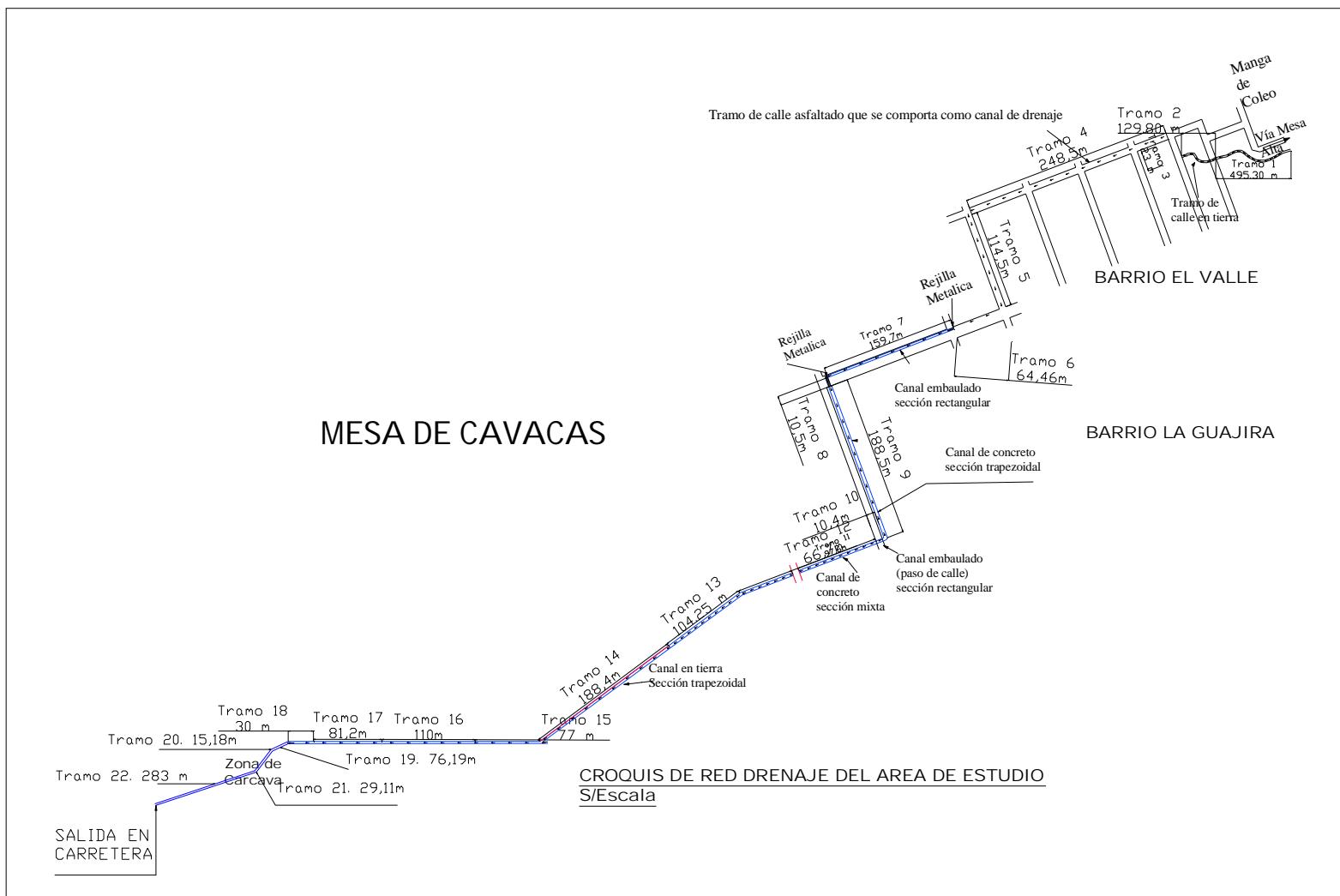
La pendiente se calculó con la diferencia de cota en la salida de la microcuenca (cota 241,85 m) y la cota en ubicada en la salida de la cárcava (243,77 m), la longitud del tramo en estudio es de 283 m. El valor de la velocidad se tomó en tabla 21. Para el calcular el tiempo de concentración en este tramo; consideró, superficie pastizales y con pendiente 0,678%, dando así, una velocidad de 2,5 pie/s, equivalente 0,762 m/s

$$\boxed{\mathbf{TC_{22}=12,38 \text{ min.}}}$$

**TIEMPO DE CONCENTRACION TOTAL (TC) = 26,764 min.**

Se asume **TC = 27,00 min** para el presente estudio (Tabla 22).

Tiempo de concentración (TC) microcuenca = 27,00 min



**Figura 9. Croquis de la red de drenaje estudiada.**

**Tabla 22.** Tiempo de concentración total en la microcuenca en minutos.

TRAMOS	DESCRIPCION/UBICACIÓN	PROGRESIVAS	LONGITUD (m)	TC (min)
1	CANAL NATURAL. ZONA DE BOSQUE INTERVENIDO PARTE ALTA DE LA MICROCUENUCA	0+000 - 0+495,30	495,30	4,790
2	CANAL NATURAL MODIFICADO. ZONA URBANA PARTE ALTA DE LA MICROCUENUCA	0+495,30 - 0+625,10	129,80	0,689
3	TRAMO DE CALLE QUE SE COMPORTA COMO CANAL DE DRENAGE. ZONA URBANA PARTE ALTA DE LA MICROCUENUCA	0+625,10 - 0+648,10	23,00	0,234
4	CALLE QUE SE COMPORTAN COMO CANAL DE DRENAGE. ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENUCA.	0+648,10 - 0+896,60	248,50	1,239
5	CALLE QUE SE COMPORTA COMO CANAL DE DRENAGE. ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENUCA	0+896,60 - 1+011,10	114,50	1,683
6	TRAMO DE CALLE QUE SE COMPORTA COMO CANAL DE DRENAGE. ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENUCA	1+011,10 - 1+069,60	58,50	0,769
7	CANALES EMBALADO DE CONCRETO. ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENUCA	1+069,60 - 1+229,30	159,70	0,864
8	CANAL EMBALADO DE CONCRETO CON REJILLA METALICA. ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENUCA	1+229,30 - 1+239,80	10,50	0,030
9	CANAL REVESTIDO DE CONCRETO SECCION TRAPEZOIDAL. ZONA URBANA PARTE MEDIA DEL A MICROCUENUCA	1+239,80 - 1+428,30	188,50	0,437
10	CANAL REVESTIDO DE CONCRETO SECCION RECTANGULAR. ZONA URBANA PARTE MEDIA DEL A MICROCUENUCA	1+428,30 - 1+438,70	10,40	0,040
11	CANAL REVESTIDO DE CONCRETO SECCION MIXTA. ZONA URBANA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENUCA	1+438,70 - 1+536,30	97,60	0,372
12	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. PARTE MEDIA DEL BARRIO LA GUAJIRA	1+536,30 - 1+603	66,70	0,243
13	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. PARTE MEDIA DEL BARRIO LA GUAJIRA	1+603 - 1+707,25	104,25	0,590
14	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. PARTE MEDIA DEL BARRIO LA GUAJIRA	1+707,25 - 1+895,65	188,40	0,515
15	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. SECTOR II BARRIO LA GUAJIRA	1+895,65 - 1+972,65	77,00	0,856
16	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. SECTOR II BARRIO LA GUAJIRA	1+972,65 - 2+082,65	110,00	0,392
17	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. SECTOR II BARRIO LA GUAJIRA	2+082,65 - 2+163,85	81,20	0,349
18	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. SECTOR II BARRIO LA GUAJIRA HASTA CARCAVA	2+163,85 - 2+193,85	30,00	0,068
19	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. SECTOR II BARRIO LA GUAJIRA. ZONA DE LA CARCAVA. TERRENOS UNELLEZ.	2+193,85 - 2+264,04	70,19	0,075
20	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. SECTOR II BARRIO LA GUAJIRA. ZONA DE LA CARCAVA. TERRENOS UNELLEZ.	2+264,04 - 2+279,22	15,18	0,026
21	CANAL ARTIFICIAL DE SUPERFICIE DE TIERRA SECCION TRAPEZOIDAL. PARTE BAJA DE LA MICROCUENUCA. SECTOR II BARRIO LA GUAJIRA. ZONA DE LA CARCAVA. TERRENOS UNELLEZ.	2+279,22 - 2+308,83	29,11	0,123
22	TERRENOS DE LA UNELLEZ. ZONA MAS BAJA DE LA CARCAVA HASTA ALCANTARILLA UBICADA EN LA VIALIDAD.	2+308,83 - 2+591,33	283,00	12,380
		<b>TOTAL</b>	<b>2.591,33</b>	<b>26,764</b>

Fuente; Albarrán W. 2010.

Los siguientes tramos pertenecen a los tramos de canales anexos al sistema drenaje actual. Tramo 23: canal en tierra de sección trapezoidal tramo 24: canal en tierra de sección trapezoidal. Los tramos 23 y 24 se estudiaron con el mismo procedimiento de cálculo pero con análisis individual para cada tramo, debido que presentaron características similares en cuanto a su forma geométrica; aunque las longitudes, su sección de flujo varían en dimensiones y sus pendientes. Estos tramos se ubican en sector bajo después de la salida de la microcuenca específicamente en terrenos de la urbanización Altos de la Colonia. El tramo 23 ubicado entre las etapas II – III del complejo habitacional. El tramo 24 se ubica en la etapa I del complejo habitacional. Ambos tramos se incorporan a un drenaje natural que transita por la parte posterior de la urbanización.

Estos tramos de canales en varias oportunidades se le han realizado modificaciones a su sección trapezoidal, en vista de la necesidad de drenar cada vez mayor volumen de agua de la escorrentía superficial, que proviene de otra zona; aunque originalmente funcionaba como un sistema de drenaje vial. Estas infraestructuras ubicadas fuera de la superficie de la microcuenca, no se consideró para el cálculo del tiempo de concentración (TC) sin embargo, se midieron su longitud, sección y pendiente para estudiar propuesta anexa al sistema de drenaje por tanto, son elementos considerados en la propuesta.

Los tramos de canales en tierra, de forma alineado y uniforme están en malas condiciones, entonces el valor del coeficiente de rugosidad n fue de 0,025 para ser empleado en la fórmula de Manning para el calculo de la velocidad de la circulación del agua, se calculó asumiendo un régimen permanente y uniforme para finalmente aplicar la fórmula de Manning – Strickler.

La obtención del área sección de flujo y radio hidráulico se calcularon a través de las mediciones de las secciones levantadas y se utilizó fórmulas de figuras geométricas conocidas (Figura 7), para posteriormente realizar comparaciones con el caudal de diseño (Qd).

Tramo 23: Ubicado entre las etapa I – III del complejo habitacional

$$\text{Base mayor (BM)} = 3,86 \text{ m} \quad \text{Base menor (Bm)} = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Tirante} = 1,10 \text{ m} \quad \text{long.} = 66,70 \text{ m} \quad \text{Área sección} = 2,96 \text{ m}^2$$

Tramo 24: Ubicado en la etapa I del complejo habitacional (urbanización)

$$\text{Base mayor (BM)} = 4,60 \text{ m} \quad \text{Base menor (Bm)} = 1,70 \text{ m}$$

$$\text{Tirante} = 1,45 \text{ m} \quad \text{long.} = 104,25 \text{ m} \quad \text{Área sección} = 4,57 \text{ m}^2$$

### 3.1.4 Estimación de la lluvia de diseño (LLd).

La lluvia de diseño (LLd) es un factor importante para la determinación del caudal de trabajo o caudal de diseño (Qd), este factor depende del tiempo de concentración (TC) y el período de retorno asumido. El tiempo de concentración determina la duración de la lluvia y el período de retorno se selecciona de acuerdo a la importancia y riesgos que se puedan correr, en este proyecto se consideró un período de retorno de 25 años.

En el proceso de la estimación de la lluvia de diseño (LLd) se consideraron los siguientes pasos:

- ✓ Selección de las intensidades máxima de lluvias caídas sobre el área de estudio para frecuencia (5, 10, 15, 30, 60, 120 y 180 min) por año, desde 1978 hasta el 2008, información tomada de los registros de la estación meteorológica ubicada en la UNELLEZ en Mesa de Cavacas a una altitud de 255 msnm para un período de 30 años.

- ✓ Se realizó el análisis de frecuencia de lluvias máximas ocurridas durante el período de registro 1978- 2008, según información obtenida; luego se le aplicó el método de Gumbel (Tabla 23 y Anexo C.).

**Tabla 23.** Valores máximos de lluvias para diferentes intervalos. Período de registro 1978 – 2009.

TIEMPO	5min	10min	15min	30min	60 min	120 min	180 min
PROMEDIO	14,09	20,79	27,15	40,14	56,58	67,47	76,87
DESVIACION	3,82	4,56	5,66	10,83	12,08	17,35	19,85
ALFA	0,34	0,28	0,23	0,12	0,11	0,07	0,06
BETA	12,37	18,73	24,60	35,26	51,14	59,66	67,93

Fuente: Albarrán W. 2010.

La distribución de Gumbel, es la más utilizada en Venezuela para el estudio de funciones de distribución de probabilidades en la hidrología aplicada. (Aparicio 1989). La distribución de Gumbel, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$P(X > X_d) = e^{-e^{-\alpha(X_d - \beta)}}$$

**P(X > X<sub>d</sub>)** = Probabilidad de ocurrencia un valor de lluvia (X)

**X<sub>d</sub>** = Lluvia de diseño

**α** y **β** = Son los parámetros de distribución y se obtuvieron al conocer los valores de la media y la desviación típica, para cada duración de la serie de datos disponibles.

**α = 1,281 / Sx**

**β = X - (0,4506 x Sx)**

**X** = Media de los valores máximos de precipitación, cada tiempo de duración

**Sx** = Desviación Típica de los valores máximos de precipitación.

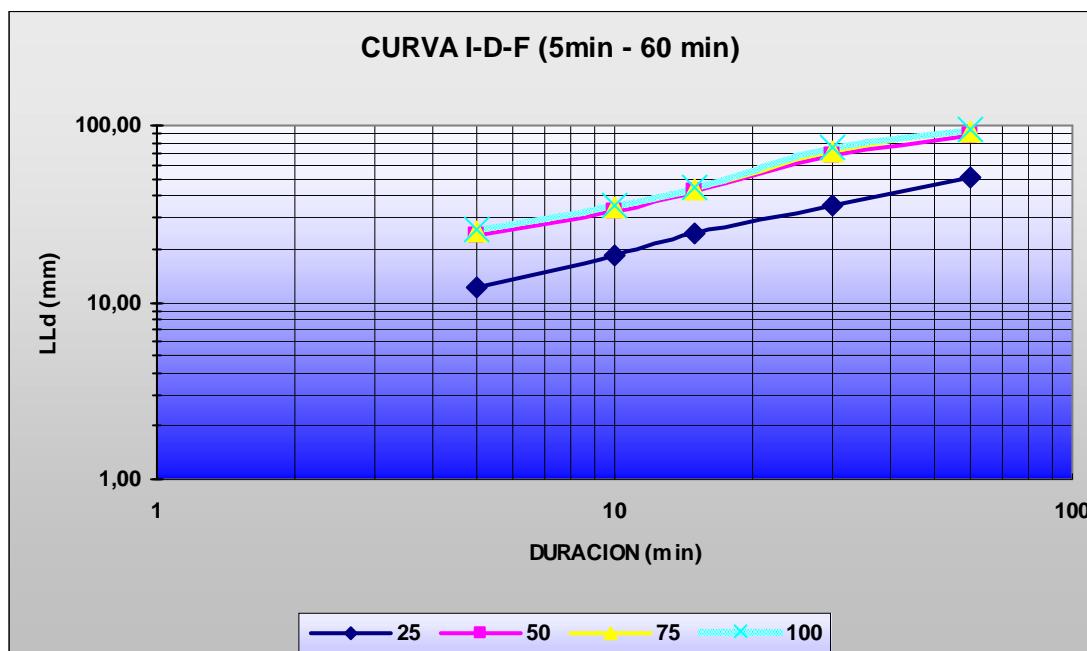
Como resultado se obtuvieron los valores para la elaboración de la curva Profundidad –Duración – Frecuencia, a partir de los valores de lluvias máxima (Tabla 24).

**Tabla 24.** Valores de lluvias de diseño (en milímetros) para períodos de retorno 25, 50, 75 y 100 años.

TIEMPO DE RETORNO (AÑOS)	DURACION EN (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
<b>25</b>	12.25	18.59	24.42	34.91	50.75	59.10	67.29	79.15	82.46	87.06	92.25
<b>50</b>	24.00	32.61	41.86	68.25	87.93	112.49	128.40	169.57	186.12	194.11	209.99
<b>75</b>	25.22	34.07	43.66	71.71	91.79	118.03	134.73	178.94	196.87	205.21	222.19
<b>100</b>	26.09	35.10	44.94	74.15	94.52	121.94	139.22	185.58	204.48	213.07	230.83

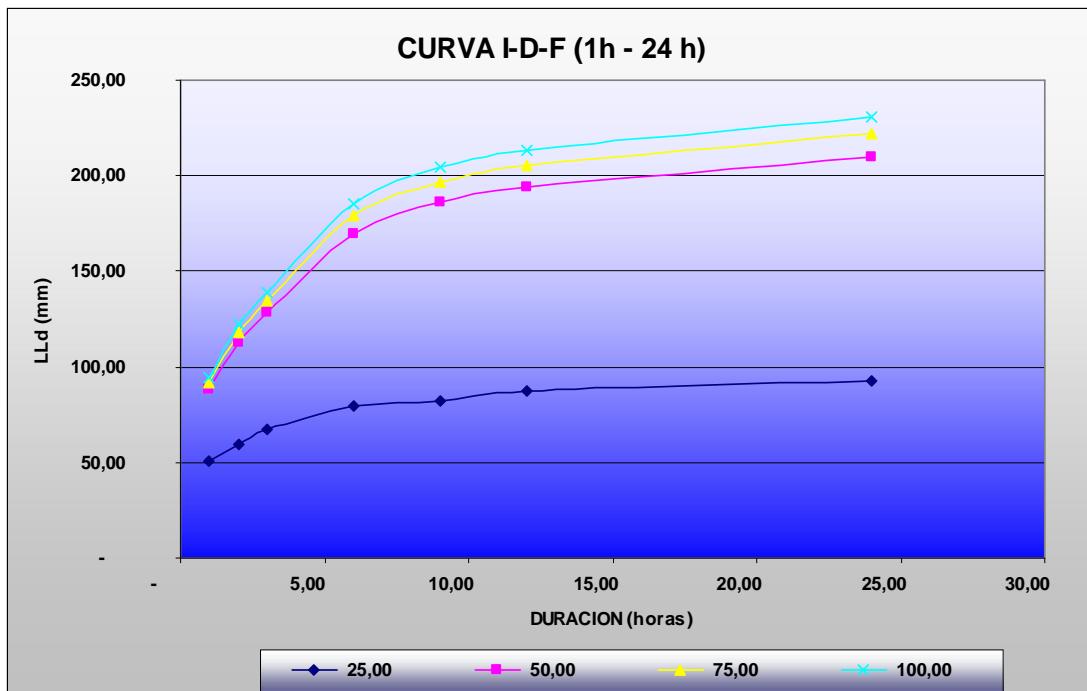
Fuente: Albarrán W. 2010.

El valor de la lluvia de diseño se obtuvo a partir de la gráfica con los valores de la curva de Profundidad – Duración – Frecuencia (Figura 8) y el valor calculado del tiempo de concentración ( $TC= 27$  min.), se asumió la probabilidad de ocurrencia del evento para un período de retorno de 25 años. En la figura 10, se obtuvo el valor de estimación de la lluvia de diseño (LLd) de 31,42 mm.



**Figura 10. Curva I – D – F. 5min – 60 min de la microcuenca.**

Fuente: Albarrán W. 2010.



**Figura 11. Curva I – D – F 1h – 24h de la microcuenca.**

Fuente: Albarrán W. 2010

### 3.1.5 Determinación del número de la Curva (CN).

El número de la curva de escorrentía (CN), es un valor importante a considerar según el método del servicio de conservación de suelos (1972b), para la determinación del caudal que produce un evento de lluvia en una cuenca. Este factor varía, ya que depende del tipo de suelo y su uso, además, las condiciones hidrológicas del área de estudio varían por otros elementos. El valor del número de la curva fue tomado de Chow (1999), ver anexo D (.Número de la curva de escorrentía para uso selecto de tierras agrícolas, suburbanas y urbanas)

Los grupos hidrológicos de suelos, fue tomado de la tabulación del Soil Conservación Servicie, con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra, ver anexo E (Grupos de suelos),

El número de la curva (CN) en el área de estudio de la microcuenca se determinó siguiendo las siguientes etapas:

- I. El área de la microcuenca se sectorizó de acuerdo al uso actual (Figura 5).
- II. Se procedió al cálculo de la superficie que ocupa cada sector, mediante método digital.
- III. Se determinaron las condiciones hidrológicas y el grupo de suelo para cada sector de acuerdo a sus características.
- IV. Se obtuvo el valor de CN para cada sector
- V. Se calculó CN ponderada considerando todos los sectores en la microcuenca.

Procedimiento:

El área de la microcuenca se dividió en tres sectores de acuerdo a su uso actual.

1. Sector asociado con bosques intervenidos, plantaciones forestales y vegetación herbácea, ubicado en la parte alta y media de la microcuenca y ocupa un área de 77,55 ha (SBI) de la microcuenca, lo que representa 42,24% del área total, y presentó condiciones hidrológicas regulares, debido que presentó cobertura vegetal entre 50% y 75%, y se clasificó en el grupo de suelo C, con suelo que presentó infiltración lenta y contenido arcillosos por lo tanto, la curva de escorrentía (CN) de acuerdo al uso de la tierra da un valor de una CN= 70 (Tabla 28 y 29 ).
2. Sector de potreros (SP), Se caracterizó por su uso actual, esta superficie sirve para la permanencia de animales vacunos y la vegetación dominante es el pasto. Este sector ocupó 24,234 ha de la microcuenca que corresponde al 13,20% del área total, presentó condiciones hidrológicas regular, debido que presentó cobertura vegetal entre 50% y 75%, clasificándolo en el grupo de suelo C, con suelo que presenta infiltración lenta, suelos arcillosos, compactados por la presencia continua de ganado por lo tanto, la curva de escorrentía (CN) de acuerdo al uso de la tierra arroja un valor de la CN= 79. (Tabla 28 y 29).
3. Sector urbano y áreas de expansión urbana (SU), donde se observa los desarrollos habitacionales con baja planificación y otros desarrollo en procesos en construcción, siguiendo parcialmente una planificación urbana, estos van acompañados de la vialidades (calles) pavimentadas, engranazonadas y otra de tierra donde se aprecia vegetación. Este sector urbano ocupa 81,801 ha. de la

microcuenca, superficie compuesta por 66,331 ha del sector urbano de Mesa de Cavacas y su área de expansión 6,703 ha, urbanización Casa de Teja etapa I 4,783 ha y área en construcción de urbanización Casa de Teja II 3,984 ha. Esta superficie del sector urbano, corresponde al 44,560% del área total en estudio. Por consiguiente, es el sector más complejo que los anteriores, caracterizado por un desarrollo urbano no controlado ni planificado, con un sin número de manzanas que presentan variadas dimensiones, estas superficies son ocupadas por viviendas, vialidad pavimentada y otras engranzonadas. Para la determinación de la CN en este sector, se dividió en dos sub-sectores, tanto para las áreas urbanas de Mesa de Cavacas como áreas de urbanismos progresivos y áreas de expansión urbana.

- ✓ Sub-sector impermeable, se consideró las superficies que ocupan las áreas de techos de las viviendas y calles pavimentadas y engranzonadas, se asumió que todas las calles son pavimentadas como condición desfavorable.
- ✓ Sub-sector permeable, se consideró las áreas de patios de las viviendas y otras áreas.

El sector urbano de Mesa de Cavacas y su expansión ocupa 73.034 ha de la microcuenca que corresponde al 39,78% del área total en estudio. Para la determinación de la CN en ambos sub-sectores (impermeable y permeable), se procedió a medir en el área de la microcuenca una superficie de 219.513,37 m<sup>2</sup> el 30,06% del área total del sector, correspondiente a 23 manzanas, posterior para la validación de esta medición piloto, se aplicó metodología estadística, para determinar el número de muestras o mediciones de manzanas(N) con un error relativo del 15% y un intervalo de confianza del 95%.

En el sector urbano de Mesa de Cavacas existen unas 45 manzanas en el área de la microcuenca, sector urbano de Mesa de Cavacas, muchas de ellas no definidas, se tomó al azar como muestra piloto 23 manzanas bien definidas, que representó el 51.11% de muestras del total de manzanas. A cada manzana seleccionada se le medió el ancho y largo de calle, se estimó el % de techo y % de patio, y se obtuvieron los siguientes valores en tablas 2 y 3. En tal sentido, se verificó la muestra piloto dando el números de manzanas necesarias de acuerdo a los criterios establecidos sería de 19 mediciones de manzanas sin embargo, en la presente investigación se realizó 23 mediciones de manzanas, lo que conlleva a tener más bajo el error relativo. (Tabla 25). Valores de medidas de manzanas urbanas seleccionadas en el área de estudio (Tabla 26), donde se aprecian los valores de las áreas totales medidas para la determinación de áreas permeables e impermeables de los sectores urbanos de la microcuenca.

**Tabla 25.** Valores de medidas de manzanas (áreas urbanas seleccionadas).

Nº	MANZANAS MEDIDAS NO INCLUYE CALLES						
	LARGO1 (m)	ANCHO1 (m)	AREA1 (m2)	TECHOS		PATIOS	
				%	AREA (m2)	%	AREA (m2)
1	125,50	53,68	6.736,84	30,00	2.021,05	70,00	4.715,79
2	125,55	57,35	7.200,29	30,00	2.160,09	70,00	5.040,20
3	50,10	79,00	3.957,90	35,00	1.385,27	65,00	2.572,64
4	126,35	78,00	9.855,30	10,00	985,53	90,00	8.869,77
5	53,40	56,00	2.990,40	45,00	1.345,68	55,00	1.644,72
6	53,80	37,95	2.041,71	25,00	510,43	75,00	1.531,28
7	59,88	64,40	3.856,27	40,00	1.542,51	60,00	2.313,76
8	50,60	95,40	4.827,24	20,00	965,45	80,00	3.861,79
9	94,03	72,54	6.820,94	30,00	2.046,28	70,00	4.774,66
10	129,60	53,30	6.907,68	15,00	1.036,15	85,00	5.871,53
11	75,75	62,94	4.767,71	15,00	715,16	85,00	4.052,55
12	259,80	62,94	16.351,81	25,00	4.087,95	75,00	12.263,86
13	112,90	67,20	7.586,88	40,00	3.034,75	60,00	4.552,13
14	112,90	76,50	8.636,85	30,00	2.591,06	70,00	6.045,80
15	99,50	84,15	8.372,93	15,00	1.255,94	85,00	7.116,99
16	99,50	78,90	7.850,55	25,00	1.962,64	75,00	5.887,91
17	99,50	51,00	5.074,50	20,00	1.014,90	80,00	4.059,60
18	103,00	120,20	12.380,60	40,00	4.952,24	60,00	7.428,36
19	94,55	103,37	9.773,63	35,00	3.420,77	65,00	6.352,86
20	89,15	108,45	9.668,32	40,00	3.867,33	60,00	5.800,99
21	123,87	120,00	14.864,40	50,00	7.432,20	50,00	7.432,20
22	51,20	120,00	6.144,00	60,00	3.686,40	40,00	2.457,60
23	42,40	120,20	5.096,48	70,00	3.567,54	30,00	1.528,94
<b>TOTAL (m2)</b>		<b>171.763,22</b>		<b>55.587,30</b>		<b>116.175,93</b>	
<b>TOTAL (Ha)</b>		<b>17,176</b>		<b>5,559</b>		<b>11,62</b>	
<b>%</b>		<b>32,36</b>		<b>67,64</b>			

Fuente: Albarrán W. 2010.

**Tabla 26.** Valores de áreas totales medidas para la determinación de áreas permeables e impermeables del sector urbano de la microcuenca.

No.	MANZANAS MEDIDAS INCLUYE CALLES									
	DIMENSIONES I/CALLES		TECHOS		PATIOS		CALLES		AREA TOTAL MEDIDA	
	LONG. 2 (m)	ANCHO2 (m)	%	AREA (m2)	%	AREA (m2)	%	AREA (m2)	%	AREA (m2)
1	136,07	65,68	22,61	2.021,05	52,77	4.715,79	24,62	2.200,24	100,00	8.937,08
2	136,12	68,35	23,22	2.160,09	54,17	5.040,20	22,61	2.103,51	100,00	9.303,80
3	59,95	93,52	24,71	1.385,27	45,89	2.572,64	29,41	1.648,62	100,00	5.606,52
4	136,78	88,52	8,14	985,53	73,26	8.869,77	18,60	2.252,47	100,00	12.107,77
5	65,27	68,45	30,12	1.345,68	36,81	1.644,72	33,07	1.477,33	100,00	4.467,73
6	67,18	50,41	15,07	510,43	45,22	1.531,28	39,71	1.344,83	100,00	3.386,54
7	73,43	75,62	27,78	1.542,51	41,67	2.313,76	30,55	1.696,50	100,00	5.552,78
8	63,50	107,28	14,17	965,45	56,69	3.861,79	29,14	1.985,04	100,00	6.812,28
9	104,35	83,55	23,47	2.046,28	54,77	4.774,66	21,76	1.897,51	100,00	8.718,44
10	139,30	62,95	11,82	1.036,15	66,96	5.871,53	21,23	1.861,26	100,00	8.768,94
11	80,00	73,95	12,09	715,16	68,50	4.052,55	19,41	1.148,30	100,00	5.916,00
12	268,80	73,95	20,57	4.087,95	61,70	12.263,86	17,74	3.525,95	100,00	19.877,76
13	122,95	77,60	31,81	3.034,75	47,71	4.552,13	20,48	1.954,04	100,00	9.540,92
14	122,95	86,95	24,24	2.591,06	56,55	6.045,80	19,21	2.053,65	100,00	10.690,50
15	111,15	95,30	11,86	1.255,94	67,19	7.116,99	20,95	2.219,67	100,00	10.592,60
16	111,15	89,50	19,73	1.962,64	59,19	5.887,91	21,08	2.097,38	100,00	9.947,93
17	111,15	61,50	14,85	1.014,90	59,39	4.059,60	25,77	1.761,23	100,00	6.835,73
18	113,40	131,95	33,10	4.952,24	49,64	7.428,36	17,26	2.582,53	100,00	14.963,13
19	106,15	115,12	27,99	3.420,77	51,99	6.352,86	20,02	2.446,35	100,00	12.219,99
20	102,35	120,30	31,41	3.867,33	47,11	5.800,99	21,48	2.644,39	100,00	12.312,71
21	133,37	133,30	41,81	7.432,20	41,81	7.432,20	16,39	2.913,82	100,00	17.778,22
22	61,80	132,80	44,92	3.686,40	29,95	2.457,60	25,14	2.063,04	100,00	8.207,04
23	53,30	130,75	51,19	3.567,54	21,94	1.528,94	26,87	1.872,50	100,00	6.968,98
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>			<b>55.587,30</b>		<b>116.175,93</b>			<b>47.750,14</b>		<b>219.513,37</b>
<b>TOTAL (Ha)</b>			<b>5,56</b>		<b>11,62</b>			<b>4,78</b>		<b>21,95</b>
<b>%</b>			<b>25,32</b>		<b>52,92</b>			<b>21,75</b>		<b>100,00</b>

### Información obtenida

Área medida = 219.513,37 m<sup>2</sup>

Nº manzanas medidas = 23

Área permeable (patios) = 116.175,93 m<sup>2</sup>

Área impermeables (calles + techos) = 103.337,44 m<sup>2</sup>

Si el área urbana de Mesa de Cavacas = 730.344,38 m<sup>2</sup> (73,034 ha)

Entonces podemos tener la siguiente relación:

Área permeable (patios) = 386.529,69 m<sup>2</sup>

Área impermeables (calles + techos) = 343.814,69 m<sup>2</sup>

Urbanización Casa de Teja I – II (240 viviendas)

Área permeable, patio (47,68 m<sup>2</sup>/ vivienda )+ áreas verdes (2.000m<sup>2</sup>)+área

Recreacional (848,81m<sup>2</sup>)= 14.292,01 m<sup>2</sup>.

Área impermeable (calles+techos) = 73.377,99 m<sup>2</sup>.

Áreas totales de la microcuenca sector de urbano de Mesa de Cavacas

Area permeable = 400.821,70 m<sup>2</sup>

Area impermeable = 417.192,68 m<sup>2</sup>

- Cálculo de CN del Sub-sector impermeable: se consideraron todas las superficies que ocupan las áreas de techos de las viviendas y calles pavimentadas y engranzonadas, se asumió que todas las calles están pavimentadas como condición desfavorables. Este sub-sector ocupó un área

impermeable de 417.192,68 m<sup>2</sup> del sector urbano, el cual corresponde 22,72% del área total de la microcuenca, clasificado en el número de curva por el grupo de suelo C, según tabla de número de curva de escorrentía para áreas urbanas clasifica con una CN= 98 (Anexo D y E).

- Cálculo de CN del Sub-sector permeable: se consideraron todas las superficies que ocupan las áreas de patio de las viviendas provista de vegetación o no. Este sub-sector ocupó un área permeable de 400.821,70 m<sup>2</sup> del sector urbano, el cual corresponde 21,83% del área total de la microcuenca, clasificado en el número de curva por el grupo de suelo C, según tabla de número de curva de escorrentía para áreas urbanas clasifica con una CN= 79 (Anexo D y E), tamaño promedio de lote mayor a 4.046, 90 m<sup>2</sup>.

Cálculo de CN del sector urbano (Su)

$$\text{CN urb.} = \frac{(\text{Área Impermeables} \times \text{CN1}) + (\text{Área permeables} \times \text{CN2})}{\text{Área total del sector urbano}}$$


---

Área total del sector urbano

Donde:

Área Impermeables = 417.192,68 m<sup>2</sup>

CN1 = 98

Área permeables = 400.821,70 m<sup>2</sup>

CN2 = 79

Área total del sector urbano = 818.014,38 m<sup>2</sup>

Entonces se obtuvo el número de curva CN para el sector urbano (SU)

**CN Sector Urbano (SU) = 88,69**

Cálculo del número de curva (CN) en el área de la microcuenca. Se calculó mediante la siguiente expresión matemática.

$$\text{CN Total} = (\text{Área SBI} \times \text{CN SBI}) + (\text{Área SP} \times \text{CN SP}) + (\text{Área Su} \times \text{CN SU})$$


---

Área total de la microcuenca

Donde:

Área del sector de bosque intervenidos (SBI) = 775.502,22 m<sup>2</sup>

CN del sector de bosque intervenidos (SBI) = 70

Área del sector de potreros (SP) = 242.335,01 m<sup>2</sup>

CN del sector de potreros (SP) = 79

Área del sector urbano (SU) = 818.014,36 m<sup>2</sup>

CN del sector urbano (SU) = 88,69

Área total de la microcuenca = 1.835.847,59 m<sup>2</sup>

Al sustituir valores en la expresión matemática tenemos que el número de curva de escorrentía (CN) de la microcuenca = 79,52

**CN microcuenca = 79,52**

### 3.1.6 Estimación de escorrentía de diseño (Ed).

La escorrentía de diseño (Ed), se define como la lámina de exceso de agua superficial que hay que drenar en el tiempo de drenaje. Para la estimación de la Ed, se utilizaron el método del “número de curva” del Servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos (1972b) viene expresado por las siguientes ecuaciones:

$$Ed = \frac{(LLd - 0,2IP)2}{LLd + 0,8 IP}$$

Donde:

$Ed$  = Escorrentía de diseño, en cm

$LLd = 31,42 \text{ mm}$  (Lluvia de diseño  $3,142 \text{ cm}$ )

$IP$  = Infiltración Potencial, en cm

La infiltración Potencial ( $IP$ ), viene dada por la siguiente ecuación:

$$IP = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) 2,54$$

Donde:

$IP$  = Infiltración Potencial, en cm

$CN = 79,52$  (Número de curva de la microcuenca)

Al sustituir tenemos que la infiltración potencial ( $IP$ )

$$IP = 6.54 \text{ cm}$$

Por lo tanto la escorrentía de diseño ( $Ed$ ) fue

$$Ed = 0,401 \text{ cm}$$

### 3.1.7 Calculo del caudal de diseño ( $Q_d$ ).

El caudal de diseño es una medida que expresa el volumen de agua que circula por una unidad de tiempo. En este caso el caudal de diseño se calculó en la salida de la microcuenca, donde prácticamente convergen las aguas de la escorrentía superficial de la microcuenca en estudio. Este caudal sirvió de base para el diseño de las diferentes infraestructuras a proponer como alternativa de solución al problema de drenaje en la zona de estudio, también se utilizó para realizar las comparaciones con algunas infraestructuras existentes como canales y alcantarillas existentes a lo largo

de la red de drenaje en la microcuenca. El  $Q_d$ , se calculó mediante la siguiente fórmula, que es una variación de la ecuación del Cypress Creek (McCrory, 1965), que se expresa de la siguiente manera:

$$Q_d = \frac{CD \times A^{0,833}}{1000}$$

Donde:

$Q_d$  = Caudal de diseño en  $m^3 / s$

CD = Coeficiente de Drenaje en  $l s^{-1} ha^{-1}$

A= 183,58 ha (Área de la microcuenca en estudio)

Coeficiente de Drenaje (CD) se obtuvo mediante la ecuación propuesta por Stephen y Mills (1965), que es la siguiente:

$$CD = 4,573 + 1,62 Ed_{24}$$

Donde:

$Ed_{24}$  = Escorrentía de diseño para 24 horas, viene dada por:

$$Ed_{24} = \frac{Ed \times 24}{TC}$$

Entonces;

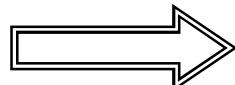
$Ed = 0,401 \text{ cm}$

$TC = 0,45 \text{ horas (27 min)}$

Al sustituir tenemos que  $Ed_{24} = 21,4021 \text{ cm}$  y

$$CD = 39,24 l / s ha$$

El caudal de diseño



$$Q_d = 3,02 m^3 / s$$

## 3.2 EVALUACION HIDRAULICA.

### 3.2.1 Comparaciones del caudal de diseño (Qd) con la red existente.

La comparación del caudal de diseño (**Qd**) = **3,02 m<sup>3</sup>/s** con la red existente, consistió en medir la capacidad actual de los tramos de canales 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 con el Qd.

Esta comparación de los caudales permitió luego proponer lineamientos tas medidas en los tramos que no contenían las secciones mínimas para la circulación del Qd. En el cálculo del caudal para cada tramo, se aplicó la ecuación conocida del producto de la velocidad del fluido por el área de la sección.

#### **Tramo 12:**

Velocidad = 4,57 m/s

Área de sección = 2,96 m<sup>2</sup>

**Q<sub>12</sub> = 13,53 m<sup>3</sup>/s**



Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla11).

#### **Tramo 13:**

Velocidad = 2,94 m/s

Área de sección = 4,57 m<sup>2</sup>

**Q<sub>13</sub> = 13,43 m<sup>3</sup>/s**



Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla 12).

**Tramo 14:**

Velocidad = 6,09 m/s

Área de sección = 3,63 m<sup>2</sup> **$Q_{14} = 22,10 \text{ m}^3/\text{s}$**  **$Q_{14} > Q_d$** **No redimensionar sección del tramo 14.**

Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla 13).

**Tramo 15:**

Velocidad = 1,49 m/s

Área de sección = 3,20 m<sup>2</sup> **$Q_{15} = 4,80 \text{ m}^3/\text{s}$**  **$Q_{15} > Q_d$** **No redimensionar sección del tramo 15.**

Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla 14).

**Tramo 16:**

Velocidad = 4,68 m/s

Área de sección = 3,26 m<sup>2</sup> **$Q_{16} = 15,26 \text{ m}^3/\text{s}$**  **$Q_{16} > Q_d$** **No redimensionar sección del tramo 16.**

Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla 15).

**Tramo 17:**

Velocidad = 3,87 m/s

Área de sección = 3,54 m<sup>2</sup> **$Q_{17} = 13,71 \text{ m}^3/\text{s}$**  **$Q_{17} > Q_d$** **No redimensionar sección del tramo 17.**

Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla 16).

**Tramo 18:**

Velocidad = 7,30 m/s

Área de sección = 4,63 m<sup>2</sup>

**Q<sub>18</sub> = 33,80 m<sup>3</sup>/s**



Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla 17).

**Tramo 19:**

Velocidad = 15,51 m/s

Área de sección = 18,51 m<sup>2</sup>

**Q<sub>18</sub> = 287,06 m<sup>3</sup>/s**



Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla 18).

**Tramo 20:**

Velocidad = 9,87 m/s

Área de sección = 9,76 m<sup>2</sup>

**Q<sub>18</sub> = 96,32 m<sup>3</sup>/s**



Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla 19).

**Tramo 21:**

Velocidad = 3,95 m/s

Área de sección = 3,45 m<sup>2</sup>

**Q<sub>18</sub> = 13,62 m<sup>3</sup>/s**



Valores medidos y calculados según las propias características del tramo (Tabla 20).

### 3.2.2 Situación actual del caudal en la zona de cárcava.

Con el objetivo de la verificar la situación actual del caudal en la zona cárcava, se procedió a medir la capacidad de carga que pueda demandar de acuerdo a la sección de flujo de los diferentes canales existente en el área de estudio, de igual manera se procedió a calcular el caudal en el punto de cárcava; obteniéndose los siguientes resultados:

TC= 14,27 min = 15 min. Equivalente a 0.25 hora

Longitud = 2.193,85 m

LLd = 24,42 mm = 2,442 cm

Superficie en estudio = 158,74 ha

CN = 79,52 (Número de curva de la microcuenca)

IP = 6.54 cm (infiltración potencial)

Ed= 0,167 cm (escorrentía de Diseño)

Ed24 = 16,09 cm (escorrentía de diseño para 24 horas)

CD = 30,639 l /s ha

Q (punto de cárcava) = **2,09 m<sup>3</sup>/s**

## 3.3 EVALUACION DE PLANES, PROYECTOS Y ACCIONES.

### 3.3.1 Enunciado de la situación actual.

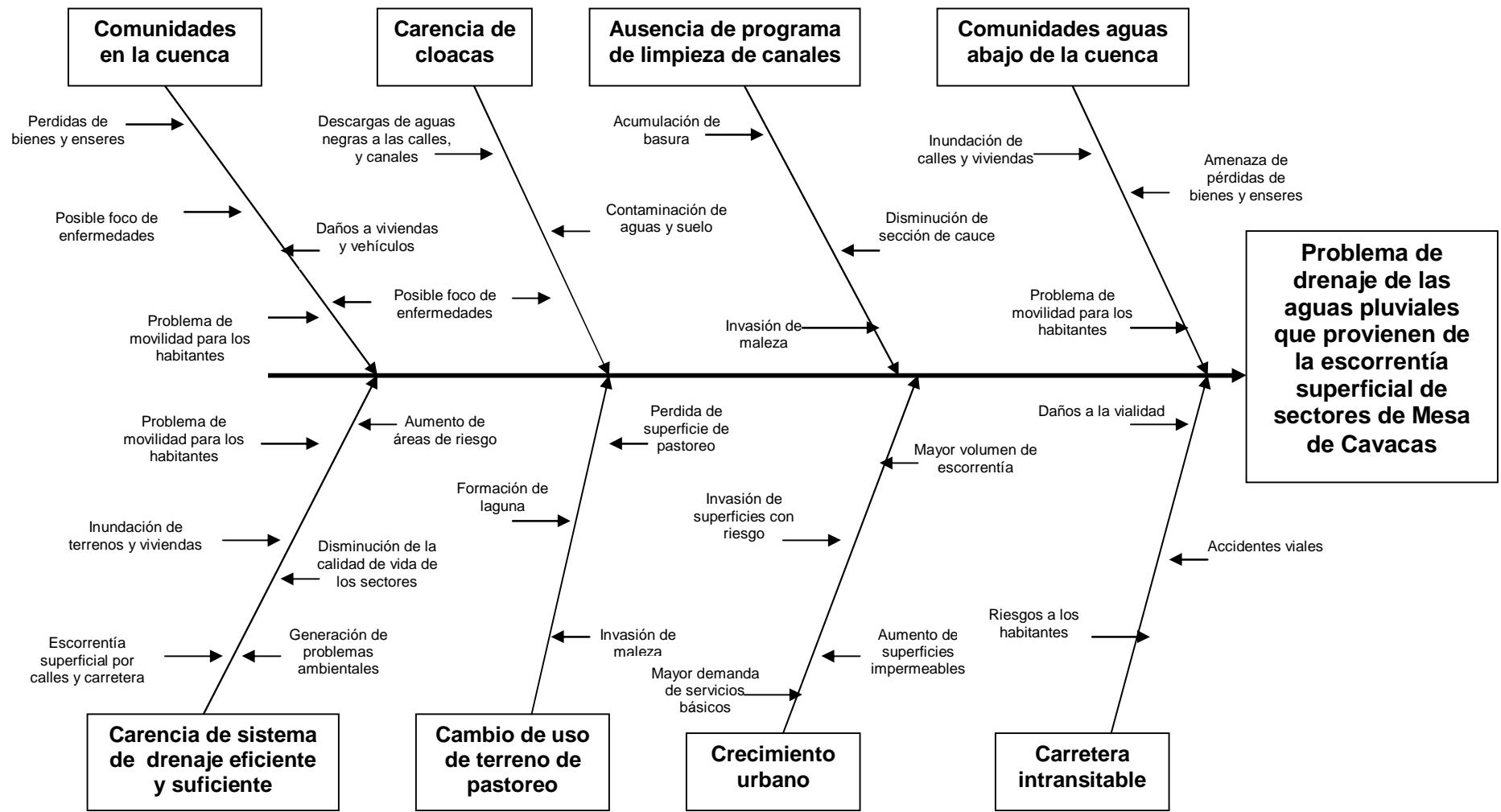
Un sistema de drenaje para las aguas pluviales, se considera como un servicio público, éste debe estar diseñado para cumplir objetivos muy particulares, donde las acciones se dirigen a evitar el máximo posible de

daños que puedan causar las aguas de las escorrentías superficiales sobre las personas y sus bienes. En concordancia con lo anterior, el sistema de drenaje en la actualidad está causando graves problemas debido al crecimiento desmedido de la población, incrementándose con ello el mayor volumen de las escorrentías y mayor caudal a controlar, lo que trae como consecuencia muchas molestias para circular por las vías de acceso y la movilidad de los habitantes aguas arriba y aguas debajo de la cuenca en estudio.

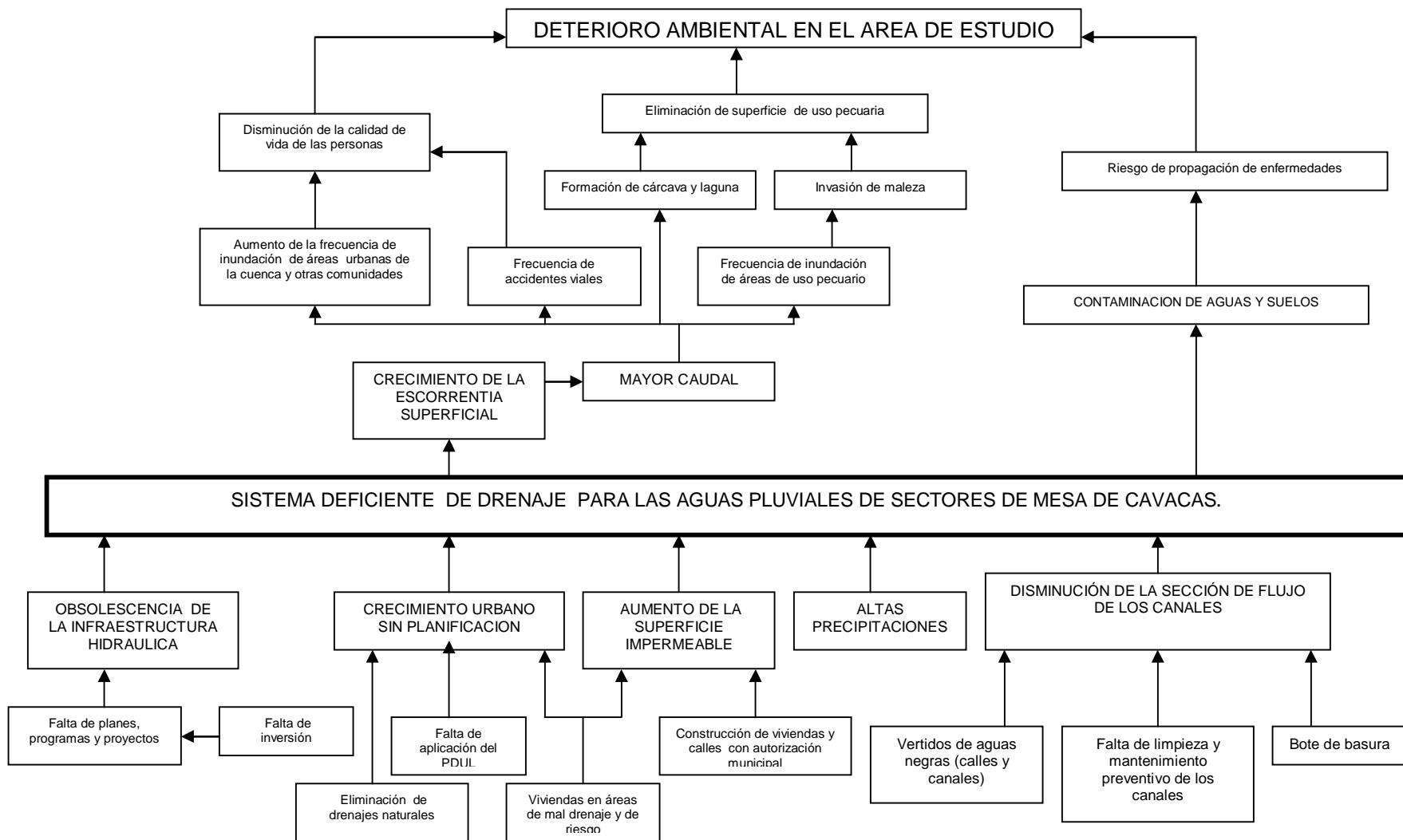
### 3.3.2 Relaciones causa y efecto.

Esta problemática tiene su origen a que no se consideró para ese tiempo un sistema de drenaje que se adaptará al crecimiento y expansión urbana, para así controlar y encauzar esos volúmenes de agua hacia áreas de menor riesgo de las comunidades de la zona, en consecuencia tenemos las constantes inundaciones de las comunidades dentro y fuera de la cuenca, accidentes viales, inundación de áreas de uso pecuario de la UNELLEZ y contaminación de agua y suelo, porque no existe como tal un sistema de cloacas y muchas de las viviendas vierten las aguas servidas a los canales y áreas de las comunidades

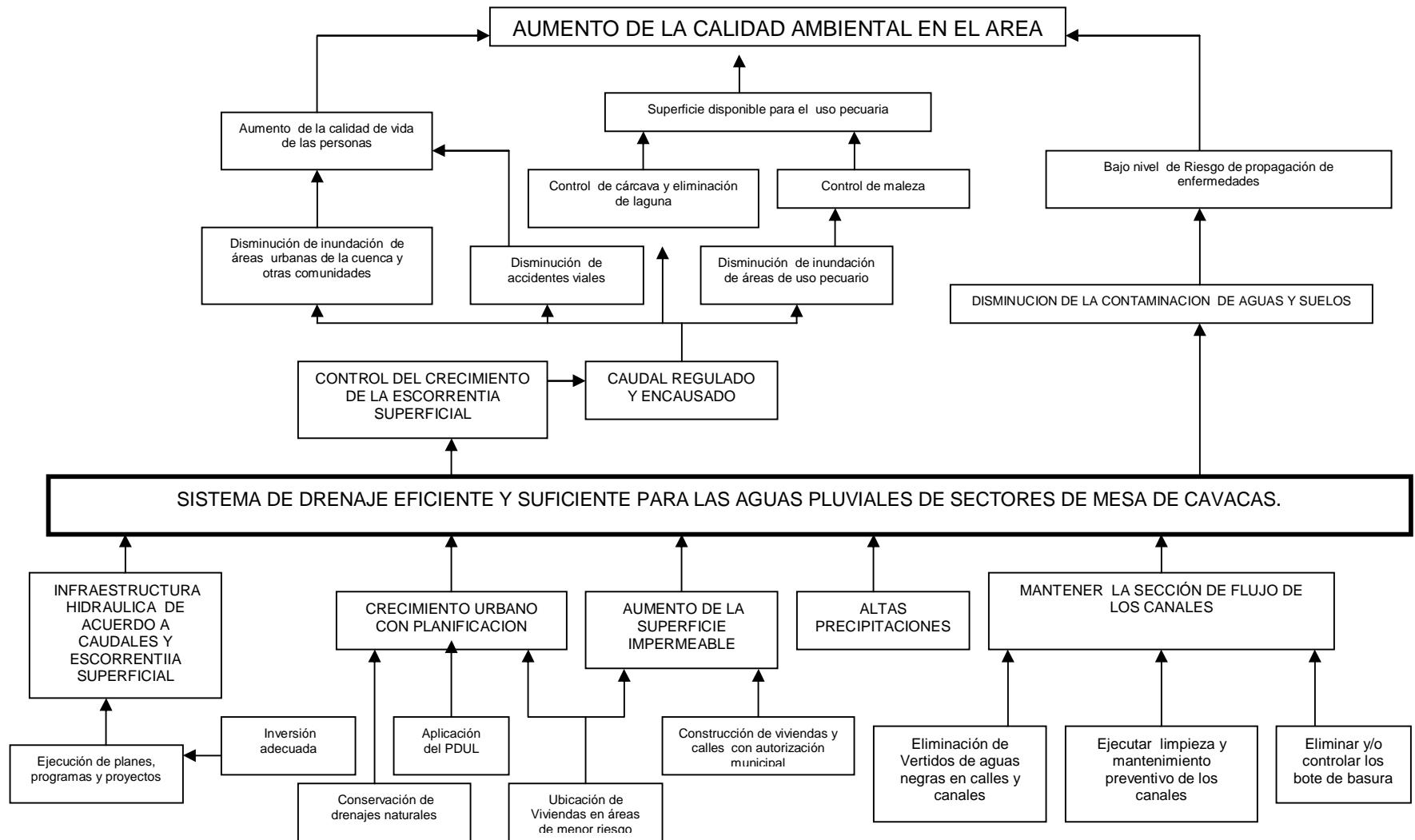
A continuación se presentaran diagramas causa-efecto o diagrama Ishikawa y árbol de problema y objetivos, ambas herramientas de planificación que se apoyó la investigación para realizar el análisis del problema y determinar posibles causas y efectos. De igual manera, este análisis permitió estructurar y organizar las medidas como propuesta para el manejo de las aguas pluviales del sector en estudio.



**Figura 12. Diagrama Causa-Efecto de la situación actual con factores involucrados.**



**Figura 13. Árbol de problemas.**



**Fig. 14. Árbol de objetivos.**

**Tabla 27. Causas a ser tratadas con estrategias a corto, mediano y largo plazo.**

CAUSA	ACCION / ESTRATEGIAS
<b>Falta de infraestructura hidráulica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de elementos faltantes del sistema de drenaje (canales, rejillas obras de paso, cunetas, bateas, tuberías, alcantarillas, con las dimensiones adecuadas.</li> <li>• Acondicionar y reparar los elementos del sistema actual.</li> </ul>
<b>Crecimiento urbano sin planificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar plan de desarrollo urbano local (PDUL).</li> <li>• Organismo competente deben realizar supervisión y control a las áreas de riegos en la cuenca.</li> <li>• Organismo competente deben orientar a los consejos comunales del problema de las áreas de riesgo a fin que estos ejerzan control de estas.</li> </ul>
<b>Aumento de la superficie impermeable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar plan de desarrollo urbano local (PDUL).</li> <li>• Organismo competente deben realizar supervisión y control a las áreas de expansión urbana en la cuenca.</li> <li>• Ejecutar plan de reforestación de la zona alta de la cuenca y terrenos de la UNELLEZ.</li> <li>• Decretar áreas como zona de reserva, recreativa y esparcimiento bajo una figura de parque (parte alta de cuenca).</li> </ul>
<b>Disminución de la sección de flujo de los canales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecutar plan anual de mantenimiento y limpieza de canales y drenajes del sistema actual.</li> <li>• Eliminar y controlar los botes de basura en las comunidades de la cuenca.</li> <li>• Alcaldía debe realizar servicio de recolección de desechos sólidos a todas las comunidades de la cuenca.</li> <li>• Eliminar descargas de aguas servidas tanto a las calles como drenajes.</li> <li>• Aplicar programa de auto construcción de sistema de disposición de aguas servidas individuales (una vivienda) como comunales (varias viviendas).</li> <li>• Aplicar programa de saneamiento y educación ambiental en toda la cuenca.</li> </ul>

### 3.3.3 Matriz análisis de los involucrados.

**Tabla 28. Matriz análisis de los involucrados.**

INVOLUCRADOS	CAUSAS / INTERESES	EFECTOS	RESPONSABLES	ACCIONES/ESTRATEGIAS
<b>COMUNIDADES DE LA CUENCA (Barrio La Antena, El Valle y La Guajira I y II)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de viviendas en áreas potenciales y áreas con limitaciones.</li> <li>• Afectación sobre los drenajes por basuras y aguas servidas</li> <li>• Colapso de drenajes naturales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de áreas impermeables, mayor caudal por lo tanto, los drenajes existentes son insuficientes.</li> <li>• Disminución de sección de flujo.</li> <li>• Contaminación de agua, suelo.</li> <li>• Frecuencia de inundación de vivienda, pérdidas de bienes y enseres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunidades de Mesa de Cavacas de la cuenca.</li> <li>• Alcaldía Bolivariana municipio Guanare.</li> <li>• Ministerio del poder popular para el Ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar control sobre áreas de riesgo e inundación.</li> <li>• Elaborar, organizar y ejecutar plan de limpieza y mantenimiento de canales y drenajes.</li> <li>• Gestionar proyectos y recursos.</li> <li>• Organizar y aplicar programas de educación ambiental.</li> <li>• Ejecutar programa de reforestación de áreas.</li> <li>• Crear brigadas de conservación ambiental.</li> </ul>
<b>COMUNIDADES AGUAS ABAJO DE LA CUENCA (Urb. Altos de La Colonia etapa I y III, Barrio LA Amistad))</b>	<p>No se ha realizado reuniones con las comunidades de la cuenca para buscar solución al problema, que impacta directamente a estas comunidades. Se le ha notificado el problema a la alcaldía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la frecuencia de inundación de áreas de la urbanización y vialidad.</li> <li>• Molestias para transitar por la calle principal de la urbanización, durante la inundación.</li> <li>• Disminución de la calidad de vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunidades de Mesa de Cavacas de la cuenca.</li> <li>• Comunidad aguas abajo de la cuenca</li> <li>• Alcaldía Bolivariana del municipio Guanare.</li> <li>• Ministerio del Poder popular para el Ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar, organizar y ejecutar plan de limpieza y mantenimiento de canales y drenajes de esa comunidad.</li> <li>• Gestionar proyectos y recursos para los proyectos de drenaje</li> <li>• Participar en programas de educación ambiental.</li> <li>• Participar en programa de reforestación de áreas</li> <li>• Participar brigadas de conservación ambiental.</li> </ul>

**Continuación Tabla 30. Matriz análisis de los involucrados.**

INVOLUCRADOS	CAUSAS / INTERES	EFECTOS	RESPONSABLES	ACCIONES/ESTRATEGIAS
<b>ALCALDIA BOLIVARIANA DEL MUNICIPIO GUANARE</b>	La elaboración de un proyecto para controlar, encauzar la aguas de lluvias que escurren en la superficie de la cuenca. .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que la problemática cada temporada de lluvia se incremente.</li> <li>• Desmejora continua de la calidad de vida de las comunidades en la cuenca y aguas abajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcaldía Bolivariana del municipio Guanare.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar proyecto de drenaje.</li> <li>• Asignación de recursos financieros para la ejecución del proyecto.</li> <li>• Aplicar plan de desarrollo urbano (PDUL).</li> <li>• Ejecutar obras de medidas correctivas.</li> <li>• Ejercer control sobre áreas de la cuenca con limitaciones y riesgo.</li> </ul>
<b>MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA EL AMBIENTE</b>	Elaboro un proyecto de control de cárcava, (muros). Ejecutado por la gobernación del estado Portuguesa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que la problemática cada temporada de lluvia se incremente.</li> <li>• Desmejora continua de la calidad de vida de las comunidades en la cuenca y aguas abajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunidades de Mesa de Cavacas de la cuenca.</li> <li>• Comunidad aguas abajo de la cuenca</li> <li>• Alcaldía Bolivariana del municipio Guanare.</li> </ul> <p>Ministerio del Poder popular para el Ambiente..</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejerce supervisión y control sobre áreas de riesgo y otras.</li> <li>• Valorar los tipos de planes ambientales.</li> <li>• Revisar y Aprobar proyectos de sistema drenajes en la cuencas</li> <li>• Aplicar programa de educación ambiental.</li> </ul>
<b>UNELLEZ - V.P.A.</b>	Conoce el problema. No se ha realizado reuniones con las comunidades de la cuenca para buscar solución al problema, que impacta directamente a esta institución.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdida de áreas de pastoreo (formación de laguna y invasión maleza)</li> <li>• Degradación de áreas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcaldía Bolivariana del municipio Guanare.</li> <li>• Ministerio del Poder popular para el Ambiente.</li> <li>• UNELLEZ V.P.A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar programa de reforestación en la zona alta y media de la cuenca.</li> <li>• Proponer medidas ambientales para recuperación de áreas degradadas.</li> <li>• Participar en acciones conjuntamente con comunidades y organismos competentes.</li> </ul>

### **3.4 LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO DE LA PROBLEMÁTICA DE DRENAJE DEL ÁREA DE MESA DE CAVACAS - ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.**

Como alternativa de mitigar y solucionar el impacto causado por la escorrentía de las aguas pluviales tanto en el sector de la microcuenca como aguas abajo del área de estudio en ese sentido, se listan propuestas de acuerdo a tipos de medidas que resultaron del estudio hidrológico, análisis del los drenajes naturales y artificial existentes, uso actual de la tierra. Entre estas medidas se pueden mencionar:

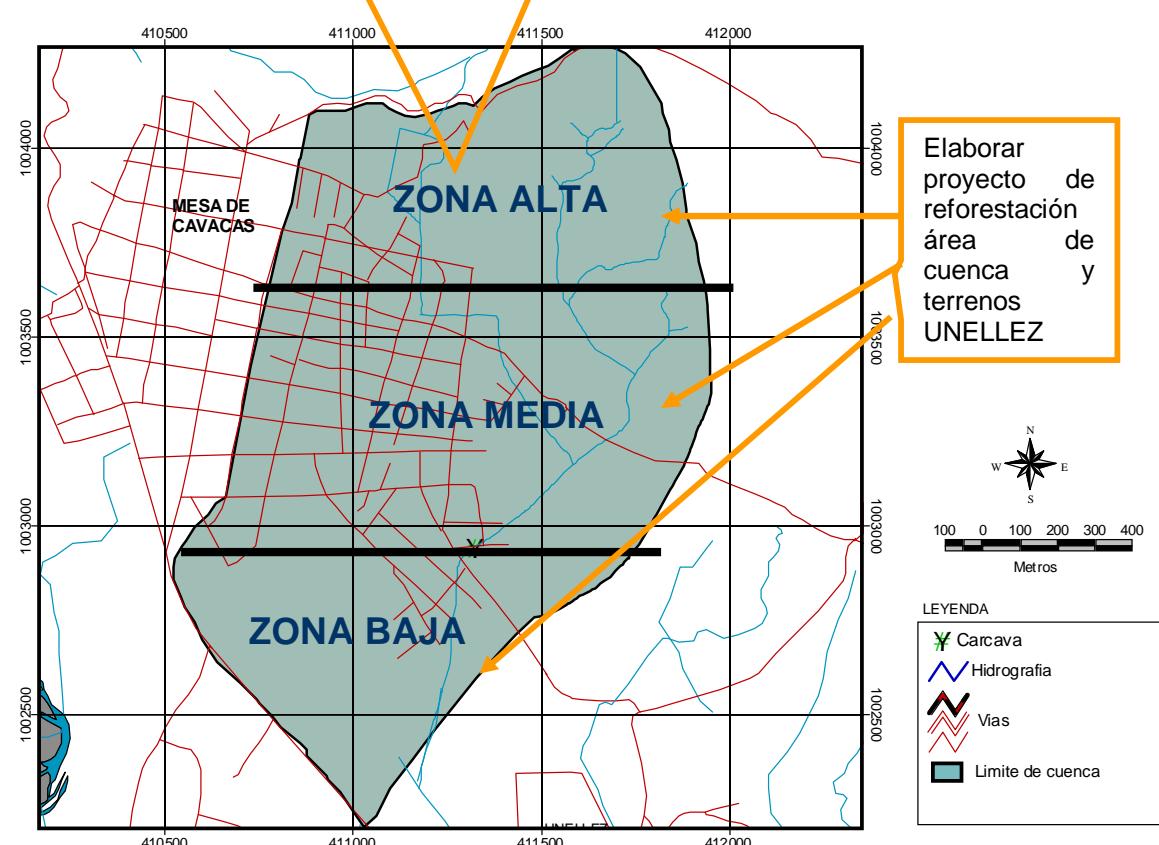
#### **3.4.1 Medidas Preventivas:**

Estas se apoyan principalmente sobre la superficie de la microcuenca en estudio, que son afectadas directamente por la escorrentía de las aguas pluviales y en ese sentido, se propondrán con el objetivo de prevenir daños a personas y sus bienes, las cuales consistirán en lineamientos para el manejo de áreas de mayor potencialidad de riesgo y afectación sobre la medida correctiva; esta acciones irán en función de: uso actual de la tierra en la microcuenca, posible áreas de expansión urbanística, según planes y condiciones de desarrollo urbano de sectores de la microcuenca en estudio, conservación y mantenimiento de las medidas correctivas. Entre estas medidas se mencionan a continuación:

1. En las áreas de expansión urbana, ubicada en la parte alta de la microcuenca, se proponen un proyecto para regular el uso y la ocupación de esa superficie según lo establecido en la Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio y el Plan de Desarrollo Urbano Local. Por lo cual se debe considerar todas las variables urbanas fundamentales, dictaminada por la alcaldía del municipio Guanare, además se debe considerar las limitaciones de la superficie (Figura 14 )

2. La parte alta de la microcuenca en estudio, que en la actualidad tienes uso de pastoreo, bosques intervenidos, se propone realizar un estudio y proyecto forestal, enmarcado dentro de los principios de la gestión forestal como lo establece la Ley de Bosques y Gestión Forestal, en ese sentido se debe acompañar de plan de manejo y control de esta área. Esta medida evitará futuras presiones y posibles invasiones, tanto a este sector como los terrenos de la UNELLEZ.
3. Diseñar y poner en práctica un plan de mantenimiento anual al sistema de drenaje, entre las comunidades y las instituciones públicas, estadal y municipal, como la participación de los consejos comunales del área de estudio.
4. Involucrar a los diferentes actores de las comunidades (consejos comunales, escuelas y otros) para que fomenten educación ambiental, orientadas a mejorar el manejo y bote de residuos sólidos y vertidos de aguas negras sobre calles.
5. Realizar y ejecutar un proyecto de reforestación de áreas de la UNELLEZ, con el fin de recuperar áreas degradadas y darle mejor uso a estas superficies. Portuguesa
6. Que los organismos competentes; Ministerio del Poder Popular para Ambiente, Alcaldía del municipio Guanare, Gobernación del estado Portuguesa, Ministerio del Poder Popular para Obras Publicas y Vivienda, ejerzan control y supervisión de las diferentes usos de la tierra y futuros proyectos tanto habitaciones como otra actividad susceptible a degradar el ambiente en el área de la microcuenca

Elaborar plan y/o proyecto para regular uso y ocupación. Según Pdul y Ley orgánica para la planificación y gestión de la ordenación del territorio.



**Figura 15. Ubicación de las medidas preventivas.**

### 3.4.2 Medidas Correctivas:

Se realizará una propuesta de lineamientos constituida por medidas preventivas, que puedan ser considerar en la planificación de un futuro proyecto de drenaje a estos sectores de Mesa de Cavacas.

Estas medidas, se propondrán con dimensiones y ubicación para que sean consideradas en el diseño, con el objetivo de mejorar la eficiencia de drenajes existentes, igualmente se plantea la modificación del trazado, redimensionamiento de la secciones de flujo y pendientes, diseño de obras hidráulicas, tales como cunetas, canales entre otros; diseño de obras para protección y estabilización de suelos, obras complementarias para mejorar la calidad ambiental en sectores del área de estudio, obras de paisajismo para interrelacionar las obras estructurales con el ambiente. A continuación se listaran las medidas correctivas a proponer (Figura 15. Ubicaciones de las medidas correctivas):

#### **Tramo 1: (Progresiva 0+000 – 0+495,30) CANAL NATURAL**

- Construcción de canal revestido de concreto armado, de forma de torrentera, diferentes pendientes, sección mínima de 1 m<sup>2</sup>.
- Construcción de estructuras de amortiguación (tanquillas) en cambio de pendientes.
- Mejorar el alineamiento.

#### **Tramo 2: (Progresiva 0+495,30 – 0+625,10) CANAL NATURAL MODIFICADO**

- Construcción de canal de sección rectangular con acero de refuerzos y sección de flujo mínima de 1 m<sup>2</sup>
- Al final del tramo, construcción de sumidero con rejillas metálicas, con el objetivo de conectarse al tramo 3.

**Tramo 3:** (Progresiva 0+625,10 – 0+648,10 ) - **Tramo 4:** (Progresiva 0+648,10 – 0+896,60) - **Tramo 5:** (Progresiva 0+896,60 – 0+1+011,10) - **Tramo 6:** (Progresiva 0+1+011,10 – 1+069,60) calles que se comportan como canales de drenaje.

- Construcción de canal con tubería de concreto de dimensión mínima 1,20 m<sup>2</sup> o construcción de canal embaulado de concreto armado de dimensión mínima 1,20 m<sup>2</sup>
- Contracción de sumideros con rejillas metálicas, en cruces de calles, conectadas a la tubería de concreto; dimensión (0,60m x ancho de la calles).
- Construir boca de visita cada 50 m, para permitir al mantenimiento a los tramos de tubería de concreto.
- Conectar esta tubería o canal embaulado al tramo 6.

**Tramo 12:** (Progresiva 1+536,30 - 1+603 ) - **Tramo 13:** (Progresiva 1+603 - 1+707,25) - **Tramo 14:** (Progresiva 1+707,25 – 1+895,65) - **Tramo 15:** (Progresiva 1+895,65 – 1+972,65) - **Tramo 16:** (Progresiva 1+972,65 – 2+082,65) **Tramo 17:** (Progresiva 2+082,65 – 2+163,85). **Tramo 18:** (Progresiva 2+163,65 – 2+193,85). Canales de tierras de sección trapezoidal.

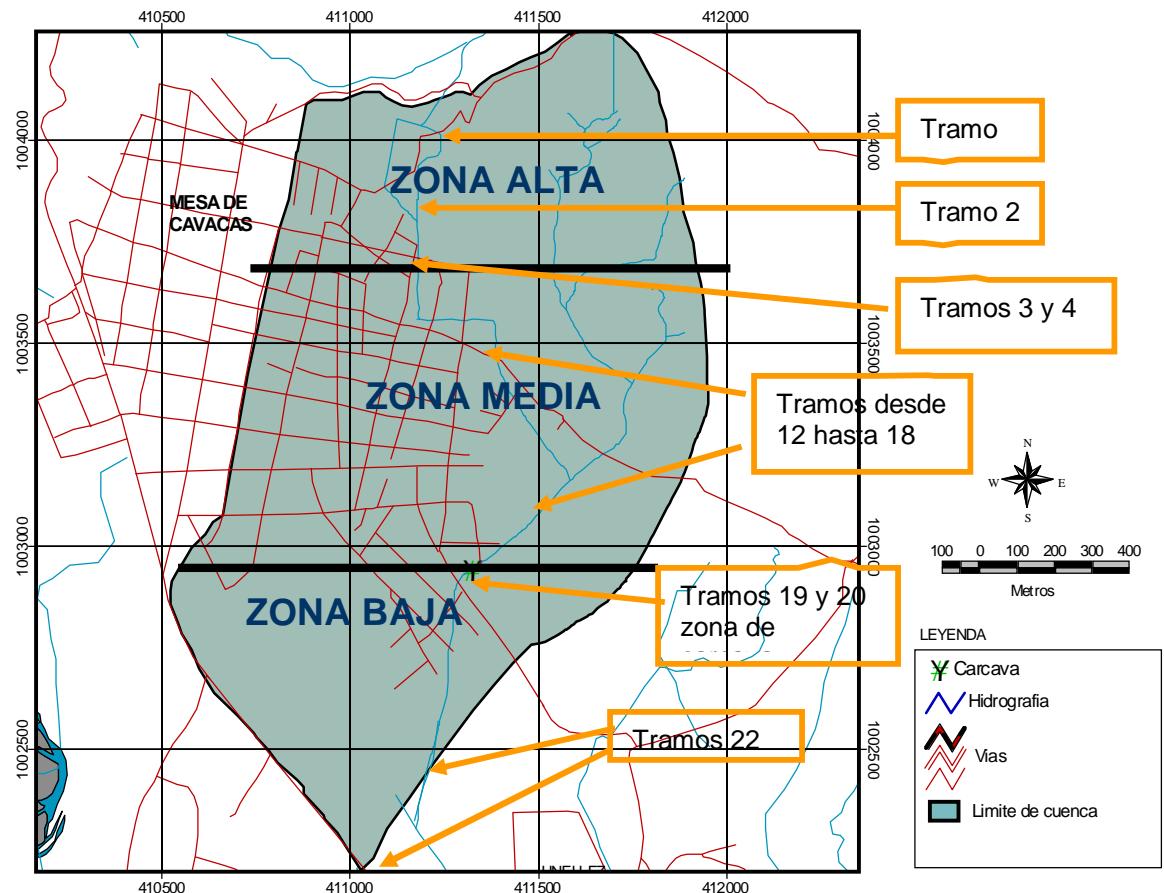
- Revestir los canales con concreto armado,
- Anexar obra de paisajismo y recreativas en el tramo, para que la comunidad puedan tener una áreas de esparcimiento y recreación.

**Tramo 19:** (Progresiva 2+193,85 – 2+264,04) - **Tramo 20:** (Progresiva 2+264,04 – 2+279,22) – **Tramo 21:** (Progresiva 2+223,70 – 2+249,90. (Zona de cárcava)

- Culminar la obra existente (construcción de muros diques), gestionar a través de los consejos comunales para la culminación de esta obra y otras anexas en estos tramos.
- Diseñar obras de amortiguación y protección de taludes de concreto armado, gaviones y otro tipo de material
- Construir canales rectangulares de concreto armado

**Tramo 22: (Progresiva 2+308,33 - 2+591,33).**

- Construcción de canal revestido de concreto de forma trapezoidal
- Construcción de estructura de aliviadero al final del tramo,
- Aumentar la sección de flujo en la alcantarilla ubicada en la vía (urbanización Altos de la Colonia III)
- Construcción de canales de concreto secundarios para transporta el caudal de la urbanización Casa Teja I - II
- Revestir de concreto los canales existentes en la urbanización Altos de la Colonia I – III
- Construcción de obra de paso y cuneta de concreto desde la alcantarilla ubicada en la urbanización etapa III hasta la alcantarilla de la urbanización etapa I. (Carretera vía Biscucuy lindero con terrenos de la UNELLEZ.)



**Figura 16. Ubicación de las medidas correctivas.**

## CONCLUSIONES

1. La superficie de la cuenca fue de 183,58 ha y arrojó un caudal de 3,02 m<sup>3</sup>/s.
2. La red de drenaje estudiada, presentó una longitud de 2.591,33 m y un tiempo de concentración (TC) de 27 min.
3. El patrón de drenaje natural del área ha sido modificado, por asentamiento de viviendas, lo que obliga al agua de escorrentía a transitar en calles de varios sectores del área de estudio
4. El sistema actual de drenaje no es suficiente, ni eficiente para drenar las aguas de la escorrentía superficial del Barrio La Guajira y otros sectores adyacentes.
5. La escorrentía superficial, ha traído como consecuencia la formación de erosión de alta magnitud (cárcavas) causando amenazas de pérdidas de bienes materiales.
6. La futura pavimentación de superficies como patios de viviendas y calles en las comunidades asentadas en la cuenca, contribuirán al aumento del volumen de la escorrentía superficial y directamente en la producción de mayor caudal.
9. La expansión urbana sin planificación adecuada en el área de estudio, ha generado un problema de drenaje en la zona, desmejorando la calidad de vida de otras comunidades
10. El crecimiento continuo del problema de drenaje, puede generar otros problemas ambientales, que incidirá directamente en el deterioro progresivo de la calidad de vida ambiental en el área de estudio, como otras comunidades asentadas aguas abajo de la cuenca.
11. La carencia de un sistema de disposición de aguas negras en Mesa de Cavacas, ha traído como consecuencia que volúmenes de aguas negras de viviendas sean vertidas a la red de drenajes
12. No existe un programa de limpieza y mantenimiento anual de los drenajes existen en el área de estudio

## RECOMENDACIONES

- ..
1. Revestir de concreto los canales de los tramos desde el 12 hasta el 17, para facilitar el desplazamiento del agua y mejorar la calidad de vida a los habitantes ubicados en el entorno al drenaje.
2. Diseñar programa de mantenimiento y limpieza al sistema de drenaje con la participación de las comunidades afectadas.
3. Organizar la comunidad del Barrio La Guajira para ejecutar obras de infraestructuras.
4. Elaborar un programa para la planificación urbana de las áreas de expansión futura, considerando sus limitaciones y potencialidades.
5. Diseñar y aplicar programa de rescate de las áreas naturales intervenidas, cauces naturales y áreas de bosques.
6. Realizar un estudio de impacto ambiental aguas abajo, dada la implantación de este sistema de drenaje.
8. Construir una cuneta de concreto paralelamente a la vía Guanare - Biscucuy, como obras anexas al sistema en las áreas de influencia de la microcuenca.
9. Revestir de concreto al canal del drenaje ubicado en la urbanización Altos de la Colonia etapa I y II.
10. Aplicar las leyes y normativas legales vigentes de la legislación Venezolana, que sea el caso, a través de las instituciones públicas competentes.

## BIBLIOGRAFIA

- Aparicio M.F. 1989. Fundamentos de Hidrología de Superficie. 1<sup>era</sup> Edición. D.G. México.
- Arias, M, Marbella C. 1999. Lineamientos para el crecimiento urbano sostenible del sector “Mesa Alta” Municipio Guanare del estado Portuguesa. Unellez – Guanare. Tesis de postgrado.
- Arocha S. 1983. Edición 1era. Cloacas y Drenajes. Teoría & Diseño. Ediciones Vega. 256 p.
- Aymard, G. 2000. Guía para el estudio, descripción y análisis de la vegetación. Postgrado de recursos naturales: Mención planificación, UNELLEZ, Guanare. Pp 1- 19.
- Balestrini, A. Miriam. (2006) Como se Elabora el Proyecto de Investigación. Consultores asociados. Caracas.
- Chávez, N. (2006) Introducción a la Investigación Educativa. Maracaibo. LUZ
- Chow V.T. 1994. Hidrologia Aplicada. McGRAW-HILL. 584 p.
- F.A.O. 1998. Corrección de Torrentes y Estabilización de taludes. Guía F.A.O.: Fomento de Tierras y Aguas, Nº 9, Roma 178 p.
- Foley, J, y Marcano, E, 1990. Urbanización sin control. Barrios sin servicios (El casco de Barquisimeto). Revista del Instituto de Urbanismo / Facultad de Arquitectura y Urbanismo / Universidad Central de Venezuela. No. 11
- Gadu.2005, La Planificación y Gestión Avanzada del Drenaje Urbano. Caso Barcelona. En <http://www.ema-amb.com/ca/actualita/documents/cursocurso-agbn-26-10-05-gadu.pdf> [consulta mayo 30,2009]
- Gobernación del estado Portuguesa, 1993. Plan de Ordenamiento del Territorio del estado Portuguesa. Decreto No. 51 del 01 de junio de 1993.
- Guilarte, Ramón, J. 1978. Hidrología Básica. Departamento de meteorología e hidrología de la facultad de ingeniería de la U.C.V.
- Henry, J. Glynn, Heinke Gary W. Ingeniería Ambiental Prentice hall, México 1999. 2<sup>da</sup> Edición. 778 p.
- Hernández O. 2009. Estrategia de control de desbordamiento y socavación de márgenes en los drenajes naturales del sector oeste de la ciudad de Guanare estado Portuguesa. Tesis de Grado Magíster Scientiarum. UNELLEZ.
- Hernández, Fernández, y Baptista. (2005) Metodología de la Investigación. Ediciones McGraw-Hill. México.
- Hidalgo, R. 1991. Estudio de las variables físico naturales, sociales y económicas relevantes al ordenamiento del Territorio de la cuenca alta

- y media del río Guanare. Tesis MSc. Postgrado en Recursos Naturales Renovables, Ezequiel Zamora. Guanare, Venezuela. Pp 2 –50.
- Holdridge, L. E. 1979. Ecología basada en zonas de vida. Trad. De 1<sup>a</sup>. Ed. Rev. Inglesa por Humberto Jiménez. IICA, San José. 216 p.
- M.O.P. 1967. División de vialidad. Manual de Drenaje.
- Martínez, M. 1999. Propuesta de ordenamiento de los terrenos de la UNELLEZ. Mesa de Cavacas estado Portuguesa. Aplicación de conocimientos. UNELLEZ. Guanare. 92 p.
- Méndez, G. 2001. Propuesta de ordenamiento ambiental del municipio Sucre, estado Portuguesa. Tesis MSc. Postgrado en Recursos Naturales Renovables, Universidad Ezequiel Zamora. Guanare, Venezuela. Pp. 2 – 30.
- Molinaga, J. 1979. Drenaje Urbano, Ediciones Vega.
- Pedrique, P., Jonathan. Evaluación de sistema de drenaje mediante el uso del modelo SWMM 5.0.[UCLA Biblioteca de Ingeniería Civil]. En [http://bibciv.ucla.edu.ve/cgi-win/\[consulta mayo 24,2009\]](http://bibciv.ucla.edu.ve/cgi-win/[consulta mayo 24,2009]).
- PYME, 2006. Planificación estratégica. Cómo ser un emprendedor exitoso y no fracasar en el intento. Cultural Librería Americana, SA. Argentina. Pp 317.
- Ray K. Linsley, JR. 1975. Segunda Edición. Hidrología para ingeniero. Editorial McGRAW-HILL Latinoamericana, S.A.
- Rengel, L. Ortega , F., y Aymard, g. 1983. Dinámica de las variaciones de cobertura vegetal y la erosión en el piedemonte de Guanare. UNELLEZ, Guanare.
- Rengel, L., Ortega, F., Aymar, G. 1983. Dinámica de las variaciones de la Cobertura vegetal y la erosión en el piedemonte de Guanare. Boletín técnico Nº 8, UNELLEZ. Guanare.
- República Bolivariana de Venezuela. 1999. Constitución Nacional.
- República Bolivariana de Venezuela. 2001. Ley de tierra y desarrollo agrario.
- República Bolivariana de Venezuela. 2005. Ley orgánica para la planificación y gestión de la ordenación del territorio. Gaceta oficial.
- República Bolivariana de Venezuela. 2006. Ley de Bosques y Gestión Forestal. Gaceta oficial No. 38.946. Caracas, mayo 14.
- República Bolivariana de Venezuela. 2007. Ley de aguas. Gaceta oficial No. 38.595. Caracas, enero 2007.
- República de Venezuela. 1970. Ley protección de la fauna silvestre. Gaceta oficial No. 29.289.

- República de Venezuela. 1976. Ley orgánica del ambiente.
- República de Venezuela. 1983. Ley orgánica para la ordenación del territorio.  
Gaceta oficial No. 3.238.
- República de Venezuela. 1987. Ley orgánica de Ordenación Urbanística.  
Gaceta oficial No.33.867. Caracas, diciembre 16.
- República de Venezuela. 1992. Ley penal del ambiente. Gaceta oficial No.  
4.358
- República de Venezuela. 1996. Ley Forestal de Suelo y Agua. Gaceta oficial No. 997
- República de Venezuela. 1996. Reglamento de la Ley Forestal de Suelo y  
Agua. Gaceta oficial No. 1268.
- Salas, J. 1992. La opción estratégica de la planificación urbana en  
Venezuela. Universidad de los Andes. Mérida.
- Sampiere, H. Robert.(2005) Metodología de la Investigación. Segunda  
edición. McGrawHill. México.
- Schieditl. H. 1986. Manual de Ordenamiento de Cuencas Hidrográficos.  
Estabilización de laderas con tratamientos del suelo y la vegetación.  
F.A.O. Roma-Madrid.
- Stergios, B. 1984. Flora de la Mesa de Cavacas. I. Introducción. Biollania 1:  
1-28.
- Tamayo (2004). El Proceso de la Investigación Científica. México – México.  
Limusa.
- U.L.A. 1980. Diques y otras Obras para Corrección de Torrentes. Facultad de  
Ciencias Forestales. Mérida. Venezuela.
- Vargas, G, s.f. Proyectos de desarrollo urbano. Planificación e  
implementación. Vol. III. Editorial Limusa. México.

## **ANEXO A**

**Anexo A: Precipitación (mm) Promedio Mensual y Anual. Periodo 1978 -2008. Estación Mesa de Cavacas. Altitud 255 msnm.**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1978	6.50	0.50	7.70	198.70	251.70	214.80	242.50	215.90	213.40	270.00	92.10	14.80	1,728.60
1979	-	1.00	217.00	137.00	218.00	260.00	396.90	125.00	160.70	261.10	116.70	124.20	2,017.60
1980	-	-	45.30	223.50	325.70	315.20	388.30	153.70	139.50	233.80	112.60	5.90	1,943.50
1981	3.00	95.00	14.50	350.80	439.80	467.00	218.60	300.80	479.10	195.40	56.70	30.90	2,651.60
1982	4.90	55.40	18.50	335.90	449.00	238.40	347.40	237.60	196.50	127.80	85.70	59.50	2,156.60
1983	16.10	18.70	8.40	144.10	303.90	418.00	326.20	257.10	256.00	226.70	110.90	13.90	2,100.00
1984	30.90	32.40	0.80	32.70	77.80	305.80	193.90	178.40	272.80	84.00	155.60	3.50	1,368.60
1985	-	13.50	4.90	22.00	216.20	205.90	176.50	335.00	268.90	227.70	100.40	47.80	1,618.80
1986	2.40	17.00	29.50	69.10	196.40	322.40	254.30	339.20	252.80	377.20	142.50	26.00	2,028.80
1987	18.40	-	96.80	194.10	129.70	181.30	246.10	213.70	249.20	175.00	87.00	30.60	1,621.90
1988	0.20	6.50	0.80	84.20	14.60	319.40	208.30	312.30	119.50	255.60	182.40	16.00	1,519.80
1989	6.50	52.60	4.70	27.90	278.90	101.40	191.60	111.40	177.50	119.10	69.80	31.50	1,172.90
1990	31.70	9.20	36.60	199.20	344.50	245.50	298.00	215.60	170.00	423.80	94.80	25.40	2,094.30
1991	-	18.00	60.90	191.20	62.90	161.20	251.40	136.00	401.80	234.30	166.50	4.40	1,688.60
1992	-	-	0.30	205.10	266.40	441.60	250.70	299.90	260.40	86.30	126.30	25.20	1,962.20
1993	3.70	0.90	33.00	152.30	362.60	262.60	251.10	420.10	368.10	212.20	103.70	7.60	2,177.90
1994	-	10.10	40.50	91.80	141.20	282.60	406.60	151.20	200.70	249.70	154.70	30.70	1,759.80
1995	16.50	-	17.00	71.10	139.30	181.10	203.30	219.60	182.60	160.00	76.90	54.60	1,322.00
1996	-	6.60	6.20	67.60	306.80	281.00	300.30	151.10	123.60	251.50	204.00	35.10	1,733.80
1997	-	112.10	4.60	146.80	149.70	326.20	262.40	144.80	152.80	154.20	27.40	6.60	1,487.60
1998	-	12.00	36.60	199.00	368.90	350.50	141.60	189.20	161.70	242.80	53.10	50.00	1,805.40
1999	-	24.80	18.40	335.40	92.50	106.80	140.00	282.00	136.90	142.00	126.00	62.90	1,467.70
2000	5.80	0.70	88.20	21.50	144.30	251.60	340.10	131.70	163.00	192.40	186.80	16.70	1,542.80
2001	-	3.00	62.10	59.20	287.70	229.20	136.20	156.60	337.00	109.00	26.40	93.60	1,500.00
2002	1.70	-	57.70	91.30	328.90	340.10	142.90	255.40	244.70	137.90	83.60	16.40	1,700.60
2003	-	-	3.00	161.20	176.50	281.30	279.20	340.50	185.40	185.20	120.10	48.60	1,781.00
2004	0.10	0.60	17.50	264.80	358.70	385.70	212.60	288.80	205.70	97.00	199.90	2.10	2,033.50
2005	13.50	35.30	0.80	212.70	375.80	354.00	128.10	315.50	126.20	168.60	133.40	0.20	1,864.10
2006	127.60	0.60	24.40	40.90	215.10	295.20	287.50	280.60	152.30	219.10	222.30	16.00	1,881.60
2007	9.80	10.70	70.10	144.50	142.90	254.40	211.40	160.80	291.10	162.90	88.30	50.40	1,597.30
2008	3.60	4.70	13.50	53.00	250.60	208.20	198.60	323.50	264.10	276.00	101.90	7.00	1,704.70
PROM.	9.77	17.48	33.56	146.08	239.26	277.05	246.21	233.65	223.03	201.88	116.40	30.91	1,775.28

## **ANEXO B**

**Anexo B:** Temperatura (°C) Promedio Mensual y Anual. Periodo 1981 -2000. Estación Mesa de Cavacas. Altitud 255 msnm.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>1981</b>	26,7	26,7	27,4	25,4	25,0	24,6	24,2	25,2	25,0	25,8	27,0	26,3	<b>25,8</b>
<b>1982</b>	26,5	26,9	27,3	25,4	25,7	25,4	25,1	25,6	26,3	26,2	26,3	26,0	<b>26,1</b>
<b>1983</b>	26,7	27,7	29,8	27,0	26,1	25,8	25,7	26,0	0,0	0,0	0,0	25,8	<b>0,0</b>
<b>1984</b>	26,4	27,2	0,0	29,3	27,4	24,7	25,3	25,5	25,6	26,0	26,0	25,8	<b>0,0</b>
<b>1985</b>	26,6	27,8	28,7	28,3	26,4	25,2	24,4	24,1	25,4	25,4	25,4	25,0	<b>26,1</b>
<b>1986</b>	25,6	26,3	27,5	26,8	25,9	25,1	25,1	25,7	25,6	25,8	26,0	26,2	<b>26,0</b>
<b>1987</b>	26,6	28,5	28,9	28,4	27,1	26,8	26,7	27,0	27,7	28,1	28,4	28,9	<b>27,8</b>
<b>1988</b>	29,3	28,6	29,5	29,5	28,9	26,2	26,4	26,1	27,0	27,8	27,7	27,7	<b>27,9</b>
<b>1989</b>	28,0	29,0	29,9	31,3	28,9	27,9	28,2	29,7	30,2	30,1	31,1	30,2	<b>29,5</b>
<b>1990</b>	28,3	26,9	26,7	27,3	25,8	25,6	25,6	26,0	27,0	27,4	26,0	25,5	<b>26,5</b>
<b>1991</b>	26,0	27,8	27,4	26,6	27,4	27,0	26,4	26,7	27,2	26,4	26,9	27,2	<b>26,9</b>
<b>1992</b>	26,8	28,2	29,4	28,9	27,5	26,0	25,5	25,9	26,4	27,2	26,9	26,2	<b>27,1</b>
<b>1993</b>	25,4	26,7	27,7	26,3	25,0	25,1	25,3	25,3	25,7	26,5	25,8	26,1	<b>25,9</b>
<b>1994</b>	26,3	27,5	28,5	27,5	26,4	25,1	24,5	25,0	0,0	25,7	25,6	25,6	<b>0,0</b>
<b>1995</b>	25,7	27,2	28,3	27,9	26,8	25,4	25,6	25,5	25,3	26,3	26,0	25,8	<b>26,3</b>
<b>1996</b>	26,0	27,5	28,0	28,4	25,5	24,6	24,3	25,2	25,2	25,5	24,9	24,8	<b>25,8</b>
<b>1997</b>	25,6	25,2	25,9	26,7	24,7	24,5	23,4	24,4	25,4	25,3	25,2	25,2	<b>25,1</b>
<b>1998</b>	26,6	27,8	28,1	26,6	26,4	25,5	25,7	26,5	26,9	27,0	26,9	26,7	<b>26,7</b>
<b>1999</b>	0,0	27,2	27,7	26,4	26,8	26,7	26,0	26,1	25,9	26,5	27,0	25,9	<b>0,0</b>
<b>2000</b>	26,2	26,8	27,3	27,6	26,6	25,8	0,0	25,9	26,8	26,2	26,5	25,8	<b>0,0</b>
<b>PROM.</b>	<b>26,6</b>	<b>27,4</b>	<b>28,1</b>	<b>27,6</b>	<b>26,5</b>	<b>25,7</b>	<b>25,4</b>	<b>25,9</b>	<b>26,4</b>	<b>26,6</b>	<b>26,6</b>	<b>26,3</b>	<b>26,6</b>

## **ANEXO C**

**Anexo C:** Valores máximos de lluvias para diferentes intervalos. Periodo de registro 1978 - 2008

Años	5min	10min	15min	30min	60min	120 min	180 min
1978	19,80	0,00	0,00	0,00	58,00	72,00	86,00
1979	16,00	0,00	0,00	0,00	54,00	61,00	62,00
1980	19,80	21,80	25,90	46,70	56,00	73,00	78,00
1981	13,00	19,80	28,40	36,60	48,00	80,00	109,00
1982	10,00	29,60	34,90	49,00	69,00	98,00	112,00
1983	14,00	21,00	37,10	58,40	61,00	64,00	68,00
1984	10,00	19,60	19,60	29,50	46,00	50,00	51,00
1985	14,00	20,00	26,00	32,70	60,00	81,00	86,00
1986	19,60	29,40	33,90	56,90	66,00	70,00	72,00
1987	18,90	29,70	39,60	52,00	62,00	69,00	69,00
1988	10,50	19,20	28,70	45,20	47,00	55,00	62,00
1989	10,00	14,50	19,60	24,10	32,00	44,00	48,00
1990	12,10	20,10	26,20	30,60	50,00	60,00	74,00
1991	10,00	19,60	29,80	39,90	62,00	92,00	114,00
1992	10,30	19,90	25,90	44,40	57,00	64,00	67,00
1993	15,90	21,00	33,70	55,50	65,00	68,00	104,00
1994	18,60	27,90	34,90	46,60	56,00	81,00	81,00
1995	17,40	24,00	30,50	58,70	88,00	101,00	104,00
1996	10,10	20,00	28,70	37,90	44,00	49,00	57,00
1997	9,40	18,70	24,70	40,40	56,00	80,00	82,00
1998	9,90	19,60	22,10	37,30	45,00	49,00	71,00
1999	8,00	16,00	24,60	34,10	37,00	38,00	39,00
2000	14,40	20,10	30,10	60,10	68,00	69,00	72,00
2001	15,10	28,10	36,70	48,40	70,00	86,00	86,00
2002	16,10	19,00	23,90	30,00	56,00	62,00	62,00
2003	16,50	25,50	30,70	34,50	50,00	65,00	82,00
2004	20,60	30,80	37,00	58,50	74,00	87,00	97,00
2005	12,00	20,40	26,00	33,00	56,00	71,00	90,00
2006	20,40	25,60	30,60	39,20	54,00	66,00	73,00
2007	15,00	26,50	33,00	54,00	65,00	33,60	72,00
2008	9,40	17,00	19,00	30,10	42,00	53,00	53,00

## **ANEXO D**

**Anexo D. Numero de la curva de escorrentía para uso selecto de tierras agrícolas, suburbana y urbanas.**

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	
Tierra cultivable: Sin tratamiento de conservación	72	81	88	
Con tratamiento de conservación	62	71	78	
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	
condiciones óptimas	39	61	74	
Vega de río: condiciones óptimas	30	58	71	
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierba	45	66	77	
cubierta buena	25	55	70	
Áreas abiertas, césped, parques, campo de golf, cementerio, etc.				
optima condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	
condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	
Áreas comerciales de negocios (85% impermeable)	89	92	94	
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	
Residencial:				
Tamaño promedio de lote	% promedio impermeable			
1/8 acre o menos	65	77	85	90
1/4 acre	18	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Parqueadero pavimento, techos, accesos, etc	98	98	98	
Cámaras y Carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillado	98	98	98	
Grava	76	85	89	
Tierra	72	82	87	

**Fuente:** Chow V.T. Hidrológica aplicada, 1999., tabla 5. 2.2, p.154:

## **ANEXO E**

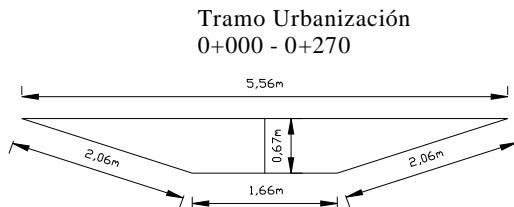
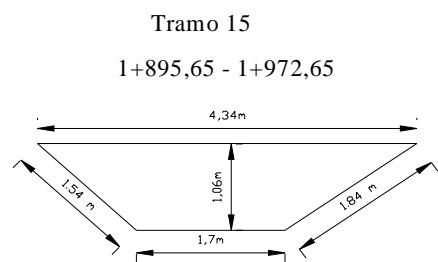
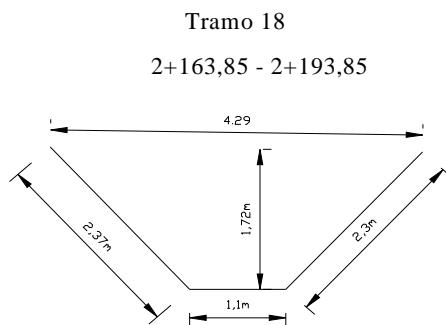
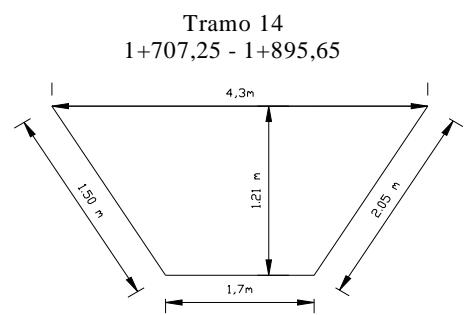
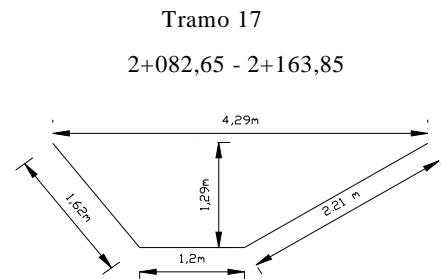
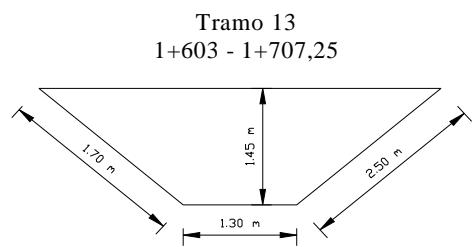
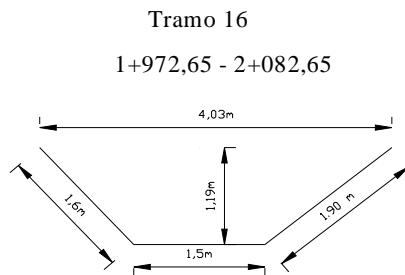
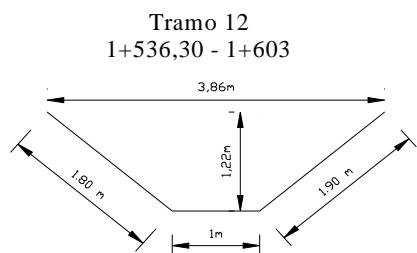
**Anexo E:** Grupos de suelos

<b>Grupo A</b>	Arena profunda Suelo profundo depositados por el viento limo agregados
<b>Grupo B</b>	Suelo pocos profundos depositados por el viento marga arenosa.
<b>Grupo C</b>	Marga arcillosas Marga arenosa poca profundas suelos con bajo contenidos orgánico y suelos con alto contenido de arcilla
<b>Grupo D</b>	Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plástica y ciertos suelos salinos

**Fuente:** Chow V.T. Hidrológica aplicada, 1999. p.153.

## **ANEXO F**

## ANEXO F: SECCIONES TRANSVERSALES DE CANALES EN TIERRA



## **ANEXO G**

**ANEXOS G. INFORME FOTOGRAFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

**Foto:** Calle que se comportan como canal de drenaje. Parte alta de la microcuenca.

**Foto:** Drenaje de la calle hacia terrenos de viviendas (drenaje natural modificado).



**Foto:** Canal embaulado y rejilla metálica.  
Tramo 8.



**Foto:** Canal revestido de concreto de forma trapezoidal. Tramo 9.



**Foto:** Canal revestido de concreto armado. Sección mixta tramo 11.



**Foto:** Canal de tierra. Sección trapezoidal. Tramo 12. En mal estado



**Fotos:** Canal de tierra. Sección trapezoidal. Tramo 12 y 13. En mal estado

## Zona urbana del área de estudio



**Fotos:** Calles que se comporta como canal de drenaje. Parte alta de la microcuenca.



**Fotos:** Calles de la zona urbana del microcuenca.

## Áreas afectadas



**Foto:** Punto de convergencia entre tramo 14 –15. Progresiva 1+895,65.



**Foto:** Superficie de potero de la Unellez. Se observa plantas acuáticas durante el periodo de lluvia. Tramo 22.



**Foto:** Estructura de drenaje de la vialidad Guanare–Biscucuy (alcantarilla). Punto de salida de la microcuenca.



**Foto:** Infraestructura vial Guanare-Biscucuy.

## Otras estructuras de drenajes.



**Foto:** Estructura de drenaje existentes.



**Foto:** Rejillas en calle, para la escorrentía.



**Foto:** Canal de drenaje tramo urbanización etapa I.



**Foto:** Canal de drenaje tramo urbanización etapa II.



**Fotos:** Vista de zona de cárcava, terrenos de pastoreo de la Unellez, tramos 20, 21 y 22.

## Zona de cárcava



**Fotos:** Muros de concreto armado en la zona de cárcava año 2010.



**Fotos:** Cárcavas en el año 2006. Antes de la construcción de los muros de concreto.



**Fotos:** Urbanización Casa Teja I – II.



**Fotos:** Parcela para viviendas en terreno con serias limitaciones. Límites con terreno de UNELLEZ.



**Fotos:** Problema generado en comunidades ubicada aguas abajo de la cuenca.(urbanización etapa I).