



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA  
ESTUDIO DE LA CUENCA CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN  
LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD  
AMBIENTAL.**

**Autores:** Gravina B, Gerardo M  
Rondón V, Jesús D

San Diego, Abril 2018



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA  
ESTUDIO DE LA CUENCA CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN  
LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD  
AMBIENTAL.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO CIVIL**

**Autores:** Gravina Gerardo.  
Rondón Jesús.  
**Tutor:** Ing. Emerly Castillo

San Diego, Abril 2018



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

**FI-CV-056-2018-1**

Valencia, 25 de Enero de 2018.

Ciudadanos:

**Gravina Gerardo**

**C.I. 24.772.376**

**Rondón Jesús**

**C.I. 20.976.426**

Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2018 de fecha 25/01/2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **"GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA ESTUDIO DE LA CUENCA CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL."** presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Emerly Castillo C.I. 4.464.524 y la Ing. Alicia Yanez de Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

  
**Prof. Zulay Salcedo**  
**Decana de la Facultad de Ingeniería**



C. C. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (C).

ZS ff



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

#### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Emerly Castillo portador de la cédula de identidad N° 4.464.524, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Gerardo Gravina y Jesús Rondón, portadores de la cédula de identidad N° 24.772.376 y N° 20.976.426 respectivamente, titulado **“GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA ESTUDIO DE LA CUENCA CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 19 días del mes de Marzo del año 2018.

Ing. Emerly Castillo.

C.I.: 4.464.524

## ÍNDICE

pp

<b>ACTA DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO.....</b>	<b>iii</b>
<b>CARTA DE ACEPTACION DEL TUTOR.....</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE GRÁFICOS.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I EL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del Problema .....	3
1.2 Formulación del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General .....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación .....	6
1.5 Alcance y delimitación .....	7
<b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	8
2.2 Bases Teóricas .....	10
2.2.1 Cuencas hidrográficas.....	10
2.2.1.1 Clasificación de las cuencas hidrográficas.....	11
2.2.1.2 Partes de la cuenca .....	11
2.2.1.3 Tipos de cuencas hidrográficas según el sistema de drenaje .....	12
2.2.1.4 Características morfológicas de la cuenca.....	13
2.2.2 Desarrollo sustentable .....	16
2.2.2.1 Definición y alcance del desarrollo sustentable.....	16
2.2.2.2 Dimensiones de la sustentabilidad.....	17
2.2.2.3 La Ingeniería Civil y el desarrollo sustentable en Venezuela.....	19
2.3 Definición de términos básicos.....	22

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	24
3.1 Tipo de investigación .....	24
3.2 Diseño de la investigación.....	24
3.3 Nivel de investigación .....	25
3.4 Población .....	25
3.5 Muestra .....	26
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	27
3.7 Validez y Confiabilidad del instrumento .....	28
3.7.1 Validez.....	28
3.7.2 Confiabilidad .....	28
3.8 Fases metodológicas .....	29
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	32
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	46
5.1 Conclusiones .....	46
5.2 Recomendaciones .....	47
CAPITULO VI. LA PROPUESTA.....	48
REFERENCIAS.....	50
Bibliográficas.....	50
Electrónica.....	52
Anexos	
A. Guía técnica de hidrología estudio de la cuenca contribuyente aplicada a la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental.....	55
B. Cuestionario.....	56
C. Validación del instrumento.....	58
D. Confiabilidad del instrumento.....	62

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	pp.
Gráfico N° 1.....	32
Gráfico N° 2.....	33
Gráfico N° 3.....	34
Gráfico N° 4.....	35
Gráfico N° 5.....	36
Gráfico N° 6.....	37
Gráfico N° 7.....	38
Gráfico N° 8.....	39
Gráfico N° 9.....	40
Gráfico N° 10.....	41



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FALCULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA ESTUDIO DE LA CUENCA  
CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL EN EL  
MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL**

**Autores:** Gravina Gerardo  
Rondón Jesús

**Tutor:** Ing. Emerly Castillo.

**Fecha:** Abril, 2018

**RESUMEN**

El estudio de la Hidrología es de gran importancia ya que aporta información que permite desarrollar herramientas, a través de la hidráulica, para el aprovechamiento y control del recurso agua. De allí la necesidad de diseñar material didáctico que facilite la mayor comprensión posible de los contenidos, adecuándose a las exigencias prácticas para el desempeño profesional. El presente estudio tiene como finalidad elaborar una guía técnica de hidrología, sobre el tema de la cuenca contribuyente, utilizando herramientas digitales que logren desarrollar ejemplos de forma práctica que permitan la visualización de los cálculos hidrológicos en cuencas para su posterior utilización en casos reales de la ingeniería civil, y así lograr un conocimiento completo y aplicable del estudio de la cuenca contribuyente enmarcadas en la sustentabilidad ambiental. Para la realización del mismo se siguieron cinco (05) fases: 1) Recopilar información documental, teórica y práctica sobre el tema de la cuenca contribuyente. 2) Evaluar el contenido de aplicación práctica en el tema de cuenca contribuyente. 3) Diseñar ejercicios aplicados a situaciones propias de la ingeniería civil. 4) Aplicar técnicas digitales para el estudio de la cuenca contribuyente en la Hidrología. 5) Redactar la guía técnica. El tipo de investigación corresponde a la modalidad de Proyecto Factible, apoyada en una investigación descriptiva, de tipo documental; la población estuvo constituida por estudiantes cursantes entre el 7mo y 10mo semestre de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, la técnica para la recolección de información fue la encuesta y el instrumento utilizado, el cuestionario con preguntas de escalamiento tipo Likert. El proceso de validación se hizo a través de juicio de expertos y la confiabilidad fue medida a aplicando el coeficiente Alfa de Cronbach, para luego procesar la información y analizar los datos utilizando las técnicas de la estadística descriptiva.

Descriptores: Cuenca contribuyente, guía técnica, sustentabilidad ambiental.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la Hidrología es uno de los conocimientos más importantes que debe saber aplicar el ingeniero civil para su mejor desempeño profesional, debido a que esta competencia es fundamental para el planeamiento, diseño y operación de los proyectos hidráulicos, orientados hacia los parámetros hidrológicos de diseño.

El estudio actual de la asignatura Hidrología de la Escuela de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez, se realiza con material de apoyo limitado a la teoría hidrológica, no desarrollado con herramientas o aplicaciones digitales y aun cuando se han escrito diversos materiales instruccionales por diferentes autores para abordar temas que se desarrollan en el campo de la hidrología, existen dificultades en la comprensión de la dinámica de la materia y la aplicabilidad práctica en proyectos civiles.

El presente trabajo de investigación tiene por objeto elaborar una guía técnica de hidrología, sobre el tema de la cuenca contribuyente utilizando herramientas digitales que logren desarrollar ejemplos de forma práctica y así lograr un conocimiento completo y aplicable del estudio de la cuenca contribuyente enmarcado en la sustentabilidad ambiental.

El desarrollo del trabajo está orientado a la redacción de un material instruccional que facilite la comprensión de la materia hidrología, específicamente el tema de la cuenca contribuyente, con ejemplos prácticos, para lograr así una visualización de los cálculos hidrológicos en cuencas y su posterior utilización en casos reales de la ingeniería civil.

La investigación presentada está conformada por seis (06) capítulos, estructurados de la siguiente manera:

**Capítulo I:** contiene el planteamiento del problema, formulación, los objetivos de la investigación, la justificación, alcances y limitaciones de la investigación.

**Capítulo II:** presenta el marco teórico de la investigación con los antecedentes, bases teóricas compuestas en los aspectos generales relacionados con el tema, así como la determinación de los términos básicos, los cuales sustentan la investigación para poder desarrollar la guía técnica de hidrología.

**Capítulo III:** describe el marco metodológico, el tipo, diseño y propósito de la investigación, así como las técnicas e instrumentos utilizados en la recolección de datos y la metodología del mismo describiendo las fases necesarias para llevar a cabo el análisis de las consecuencias ambientales generadas.

**Capítulo IV:** muestra el resultado de la Recolección de Datos y su interpretación, que sustenta la presencia de la problemática a resolver.

**Capítulo V:** expone las Conclusiones obtenidas a partir del análisis del basamento teórico, así como de la recolección de datos y las Recomendaciones pertinentes para resolver la problemática.

**Capítulo VI:** finalmente y como producto de la investigación, se presenta la Guía Técnica de Hidrología, estudio de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del Problema.

La Universidad José Antonio Páez (UJAP) brinda, entre su diversa oferta académica, la carrera de Ingeniería Civil entre cuyas materias está Hidrología, la cual se define como la ciencia que se ocupa del estudio de los procesos que ocurren en el ciclo hidrológico y las variables meteorológicas que afectan a estos, analizando así el comportamiento del agua en sus diferentes etapas y cambios en la naturaleza a nivel de estados físicos (gaseoso, sólido y líquido), así como su forma de desenvolverse (agua superficial, agua subterránea, entre otras). El estudio de esta ciencia es importante para el campo de la ingeniería civil ya que aporta información, que analizada y procesada, permita desarrollar herramientas a través de la hidráulica buscando el aprovechamiento y control del recurso agua.

En la actualidad, la cátedra de Hidrología cuyo objetivo general es “Desarrollar capacidad de análisis, interpretación y uso de datos y parámetros hidrológicos básicos para el diseño, chequeo y evaluación de obras hidráulicas”, (Programa analítico y de contenido, 2017), se imparte con materiales limitados a la teoría hidrológica, lo cual dificulta el entendimiento de la dinámica de la materia en la aplicabilidad práctica en proyectos civiles.

Aun cuando existe diversidad en cuanto a material de apoyo escrito por diferentes autores en el campo de la hidrología, al hacer la revisión de estos no hay un instructivo o guía que sistematice toda la información, tomando en cuenta todos los aspectos esenciales de la materia, mucho menos haciendo uso de herramientas digitales, lo cual dificulta al estudiante un cabal aprendizaje aplicable a su futuro desempeño como ingeniero civil.

Esta circunstancia afecta la preparación académica del egresado de Ingeniería Civil de la UJAP, pues la asignatura es impartida siguiendo modelos ideales, abstractos que no atiende a la diversidad de situaciones que pudieran presentarse al futuro profesional y por ende menoscaba su calidad para enfrentar los desafíos siempre presentes a la hora de realizar un estudio o ejecutar una obra.

De allí la necesidad de que exista una mediación entre el docente, el sujeto que conoce y el contenido disciplinar bajo un enfoque didáctico que considere la utilización de diversas técnicas e instrumentos que faciliten la acción pedagógica y se logre la consecución de los objetivos de aprendizaje, en este caso, que los estudiantes dominen completamente los contenidos de Hidrología. Específicamente y para este estudio, el dominio del área correspondiente a cuencas contribuyentes y sus parámetros, base fundamental para el cálculo Hidrológico de obras civiles, todo enmarcado en la sustentabilidad ambiental.

Para ello se debe recabar información teórica pertinente y desarrollarla de forma práctica a través de ejemplos reales, dentro de los parámetros de la sustentabilidad ambiental, en donde se utilicen herramientas digitales que hagan posible la mayor comprensión de los contenidos de Hidrología y su aplicabilidad, de manera didáctica, práctica, sencilla, que contribuya al desarrollo de la materia y de este modo sentar un precedente para la creación de materiales didácticos que se adapten a la aplicabilidad de proyectos de ingeniería civil, acorde con los niveles de excelencia de la Universidad José Antonio Páez.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Hay deficiencia, en cuanto a material didáctico adecuado para la comprensión de la materia Hidrología?

¿Cómo se puede contribuir a la comprensión y aplicación de la Hidrología como materia perteneciente al currículo de la carrera de Ingeniería Civil?

### **1.3 Objetivos de la investigación.**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

Diseñar una Guía Técnica de Hidrología, que analice el tema de la cuenca contribuyente, incluyendo ejercicios de aplicabilidad en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental, para la cátedra de Hidrología, de la carrera Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Diagnosticar, a través de la recopilación de información documental, teórica y práctica existente sobre el tema de la cuenca contribuyente, la factibilidad de la elaborar una guía técnica para la asignatura Hidrología, de la escuela de Ingeniería Civil de la UJAP.
- Describir el contenido de aplicación práctica en el tema de cuenca contribuyente, que se imparte en la cátedra Hidrología, de la escuela de Ingeniería Civil de la UJAP.
- Diseñar ejercicios aplicados a situaciones propias de la ingeniería civil, de acuerdo a los contenidos de la materia Hidrología, de la escuela de Ingeniería Civil de la UJAP.
- Aplicar técnicas digitales para el estudio de la cuenca contribuyente en la Hidrología, acorde a las exigencias de la escuela de Ingeniería Civil de la UJAP.
- Redactar una guía técnica que recoja los contenidos planteados en los objetivos instruccionales programados por la cátedra Hidrología, de la escuela de Ingeniería Civil de la UJAP.

#### **1.4 Justificación.**

La óptima preparación académica de los estudiantes de cualquier institución educativa superior, es un objetivo fundamental a lograr, pues refleja su calidad y los esfuerzos que realiza para ofrecer a su localidad el mejor profesional preparado en las distintas especialidades que oferte en el campo académico.

De allí que es muy importante hacer esfuerzos por diseñar material didáctico que promueva la mayor comprensión posible de los contenidos a impartir y que estos se adecúen a las exigencias prácticas en el desempeño en el ámbito profesional.

Tomando en consideración la importancia fundamental de la Hidrología para el planeamiento, diseño y operación de los proyectos hidráulicos, pues estos son los que orientan los parámetros hidrológicos de diseño, es necesario procurar la mejor preparación posible del futuro ingeniero civil. La ausencia de bibliografía asociada al planteamiento y solución de problemas similares a los que se le puedan presentar en ejercicio profesional, es un obstáculo para esta óptima preparación por lo que todos los trabajos realizados en pro de una mayor comprensión de la asignatura son de gran importancia para la formación profesional.

En el caso de Ingeniería Civil, y de la cátedra de Hidrología, el estudiante debe estudiar el espacio geográfico, así como los fenómenos naturales que producen los volúmenes de agua que pudieran afectar o determinar el funcionamiento de los proyectos y las estructuras. Por otra parte debe conocer los distintos métodos y modelos que le permitan establecer las variables y calcular los parámetros fundamentales para la evaluación y el diseño de estructuras, por lo que su ámbito de interés abarca desde el diseño y ejecución de pequeños proyectos hasta aquellos de gran envergadura como un complejo hidroeléctrico, por ejemplo.

Debido a que el material de apoyo existente para impartir la cátedra de Hidrología no es suficiente para generar una comprensión que logre visualizar la aplicabilidad de la hidrología a la ingeniería civil, se plantea la elaboración de un guía

técnica que logre analizar la información teórica existente, para generar ejercicios prácticos reales que sean desarrollados con herramientas digitales que logre la comprensión del uso de la teoría hidrológica para aplicarla a obras de la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental.

Por esta razón, el inicio de la línea de investigación en la generación de guías técnicas sobre los contenidos de la materia de Hidrología abre la posibilidad de motivar a proseguir con la creación de materiales que se adapten a la aplicabilidad de proyectos de ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental. En el caso particular de esta investigación, dado que el contenido de la Hidrología es muy amplio, se especifica en el estudio de la “Cuenca Contribuyente” y sus parámetros ya que son una base fundamental para el cálculo Hidrológico de obras civiles.

El aporte que realiza este estudio, beneficia a todo aquel que se encuentre relacionado con el estudio de la Hidrología dentro de la Ingeniería Civil, logrando crear un aprendizaje más integral de la materia donde se involucre la gestión ambiental y el uso de herramientas digitales que facilitaran el desarrollo práctico de los mismos, a la vez que impulsa el desarrollo de material didáctico en todas las áreas de conocimiento de la Universidad José Antonio Páez.

### **1.5 Alcance y delimitación.**

El alcance de la investigación es la elaboración de una guía que contenga aspectos técnicos y ejercicios prácticos, donde se utilicen herramientas digitales para el manejo y procesamiento de la data real de cuencas contribuyentes generando información para el estudio de obras civiles, que satisfaga la necesidad de un material didáctico para los estudiantes, acorde a las exigencias de contenido establecidas en el programa de la asignatura Hidrología (2017), del séptimo (7mo.) semestre, de la carrera Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, ubicada en San Diego, Estado Carabobo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Este capítulo, describe las investigaciones previas vinculadas con la problemática planteada, a fin de contar con un marco referencial que apoye la propuesta a realizar. Sin embargo, es necesario acotar que en el material teórico revisado, no se evidenciaron investigaciones circunscritas al ámbito de ésta investigación, y algunos estudios relacionados son de muy vieja data, por lo que fue necesario acudir a trabajos investigativos vinculados con el estudio de cuencas hidrológicas y su manejo, los cuales servirán de aval para el diseño de la Guía Técnica de Hidrología, estudio de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental, objetivo del presente trabajo investigativo.

#### **2.1 Antecedentes de la investigación.**

Ramírez, J (2015) de la Universidad Nacional de La Plata, en su trabajo de grado titulado **“Alternativas de manejo sustentable de la Subcuenca del río Pitura, provincia de Imbabura, Ecuador”**, propone alternativas para alcanzar un manejo sustentable de la subcuenca del río Pitura, realizando una caracterización biofísica y socioeconómica para determinar las características, y principales problemas que enfrenta el área de estudio, donde a través de análisis de impactos y zonificación construyó los diferentes programas y proyectos del plan de manejo de la subcuenca. Esta investigación orienta a conocer todas aquellas características morfológicas que se estudian en una cuenca, ya que el trabajo detalla a profundidad el estudio de la subcuenca del río Pitura tomando en consideración parámetros de forma, parámetros de relieve y parámetros relativos a la red hidrográfica, todo esto desarrollado a través de herramientas digitales que facilitan la visualización de las

características de la cuenca, esta investigación además realiza estos cálculos hidrológicos buscando que se mantenga la sustentabilidad de la subcuenca del río Pitura. El estudio realizado por Ramírez (2015) contribuye con el presente estudio, pues señala los parámetros a considerar en el estudio de una red hidrográfica a través de herramientas digitales, sirviendo de modelo para la elaboración de la Guía Instruccional de Hidrología.

Por su parte, Lisbeth Segovia Materano (2015), en su artículo en la Revista ACADEMIA volumen 14 N°34 titulado **“Caracterización morfométrica de una cuenca hidrográfica en Los Andes Venezolanos a través de Teledetección y SIG”** determinó parámetros e índices de forma, de relieve y relativos al sistema de drenaje de la cuenca del río Villegas situada en los andes venezolanos, mediante la aplicación de los módulos de procesamiento hidrográfico desarrollados en el sistema de información geográfica ILWIS, sobre un modelo de elevación digital (MED), ASTER de 30m de resolución horizontal, representativo de la cuenca.

Este artículo científico se relaciona con el presente trabajo de investigación, al destacar el uso de las herramientas digitales que se proponen en el desarrollo del estudio realizado, ya que desarrollado a través de herramientas digitales que facilitan la visualización de las características de la cuenca, esta investigación además realiza estos cálculos hidrológicos buscando que se mantenga la sustentabilidad de la subcuenca del río Pitura. Por último, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013) de la Republica de Colombia, en un trabajo de investigación denominado **“Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas”**, establece las directrices y orientaciones metodológicas a tener en cuenta en el manejo y ordenación de las cuencas hidrográficas en Colombia a través de la descripción técnica y procedimental de las diferentes fases requeridas para la actualización o formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en dicho país, para así realizar la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y fauna, y el manejo

de la cuenca en la perspectiva de mantener el equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos, y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente del recurso hídrico.

El trabajo desarrollado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia es ilustrativo en cuanto a cómo se realiza el análisis de la cuenca como un sistema que posee entradas de energía, insumos y ofertas ambientales, generando así procesos como flujo de energía y materia, ciclos de nutrientes, ciclos hidrológicos, procesos erosivos y de degradación, actividades productivas y transformaciones positivas-negativas. Este desarrollo ocasionará posteriormente salidas de agua, bienes y servicios ecosistémicos, procesos industriales, alimentos, vertimientos, emisiones y residuos, todo esto para interpretar la importancia del estudio de la cuenca por ser esta un sistema real, abierto y complejo constituido por ofertas ambientales en un área delimitada por la divisoria de aguas, red hidrográficas, componentes geológicos y otros factores morfométricos.

## **2.2 Bases Teóricas.**

De acuerdo a Cerda (1997), “es imposible concebir una investigación científica sin la presencia de un marco teórico, porque a éste le corresponde la función de orientar y crear las bases teóricas de la investigación” (p. 170).

En este caso se describe el entramado teórico y conceptual que da basamento al diseño de la Guía Técnica de Hidrología, objetivo fundamental de esta investigación.

### **2.2.1 Cuencas Hidrográficas.**

Una cuenca hidrográfica es el área físico-geográfica delimitada por divisorias topográficas o edáficas en donde las aguas superficiales y subterráneas desembocan

en una red natural mediante vertientes que confluyen a su vez en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (Valderrama, 1985).

También la cuenca hidrográfica se puede definir como una unidad del territorio que capta la precipitación, transita el escurrimiento y la escorrentía, hasta un punto de salida en el cauce principal o igualmente, es un área limitada por una divisoria topográfica que drena a un drenaje común, (Bastidas, 2007).

En la actualidad, el concepto de cuenca se connota tomando en consideración todos los factores que lo afecten, tomándola como un componente del ambiente, es por ello que Aguilar (2007) afirma:

...también se ha establecido que la cuenca es, esencialmente, un espacio social producido por el conjunto de las relaciones e interacciones sociales de apropiación y uso de los recursos que ella contiene. Es decir, los recursos naturales y los habitantes de las cuencas poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares. (p.15)

#### **2.2.1.1 Clasificación de las Cuencas Hidrográficas.**

Según (Bastidas, 2007), De acuerdo con la extensión del área que estas abarcan, se dividen en:

- Cuenca: Cuando poseen más de 60.000 hectáreas.
- Subcuenca: Cuando poseen entre 10.000 y 60.000 hectáreas.
- Microcuenca: Cuando poseen menos de 10.000 hectáreas.

#### **2.2.1.2 Partes de la cuenca.**

Las cuencas hidrográficas se denotan en cinco partes principales que realizan la configuración de la misma, es por ello que Bastidas (2007), las divide en:

- Divisoria topográfica o parte aguas: Es una línea que circunscribe la cuenca hidrográfica a partir de un punto determinado en el cauce. Representa la línea de separación de dos cuencas vecinas.
- La red de cauces: Es el conjunto de depresiones y vaguadas, bien definidas y continuas linealmente por donde se mueve la escorrentía en su búsqueda de salida hacia el nivel base o hacia el mar.
- Las vertientes: Estas constituyen el área comprendida desde la divisoria hasta el cauce. Normalmente las vertientes se designan o se identifican con los nombres de vertiente derecha y vertiente izquierda, para conocer cuál es una y cual es otra, se ubica la persona mirando aguas abajo en el sentido del movimiento de la escorrentía. En las vertientes se cuantifican el Angulo de inclinación, la longitud y la forma de la pendiente.
- El valle: Este representa el área más o menos plana que existe entre la finalización de la vertiente empinada y el cauce. En las partes altas de las cuencas montañosas el valle casi no existe y el perfil transversal tiene forma de V, a diferencia del perfil en forma de U que ocurre donde el valle es más extenso.
- Los interfluvios: Son sectores del terreno, generalmente de forma triangular, que se encuentra entre dos cuencas vecinas y drenan directamente al río receptor.

### **2.2.1.3 Tipos de Cuencas Hidrográficas según el Sistema de Drenaje.**

La fundación World Vision Canadá (2004, p. 13) clasifica las cuencas según el sistema drenaje y su conducción final en:

- a) arréicas cuando no logran drenar a un río mar o lago, sus aguas se pierden por evaporación o infiltración sin llegar a formar escurrimiento subterráneo.
- b) criptorréicas cuando sus redes de drenaje superficial no tienen un sistema organizado o aparente y corren como ríos subterráneos (caso de zonas cársticas).
- c) endorreicas cuando sus aguas drenan a un embalse o lago sin llegar al mar.
- d) exorreicas cuando las vertientes conducen las aguas a un sistema mayor de drenaje como un gran río o mar.

#### **2.2.1.4 Características morfológicas de la cuenca.**

Según (Gaspari, 2012) El análisis morfométrica es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo. Estas variables son:

##### **Parámetros de forma.**

Según Lux, Benjamin (s/f), la forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, parece claro que existe una fuerte componente probabilística en la determinación de una cuenca mediante sus parámetros y las características de la red de drenaje. Estos parámetros se dividen en:

- a) Factor de forma (Ff): Este es un indicador que nos permite aproximar la forma de la cuenca a una forma geométrica, a fin de poder determinar la velocidad con la que el agua llega al río principal de la cuenca (Fierro y Jiménez, 2011).

b) Área(A): Está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural (Lux, s/f).

c) Perímetro (P): Es la medición del contorno que encierra el área de la cuenca hidrográfica, por la divisoria de aguas (Gaspari, et. al., 2010).

d) Longitud Axial (Lax): Es la mayor distancia medida en kilómetros, desde la parte más alta de la cuenca hasta su desembocadura, en sentido del cauce principal (Fierro & Jiménez, 2011).

e) Ancho promedio (Ap): Es la relación entre la superficie de la cuenca con su longitud axial obtenida en kilómetros (Burbano, 1989).

f) Coeficiente de compacidad: Es un índice adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo de área equivalente al de la cuenca (Burbano, 1989). El valor de este parámetro varía entre 1 y 1,75, este valor será mayor a medida de que aumente la irregularidad de la forma de la cuenca (Gaspari, et. al., 2010).

g) Índice de alargamiento (Ial): Es el cociente entre el recorrido más largo del agua y el ancho promedio del área drenada de la cuenca (Fierro y Jiménez, 2011).

h) Índice de homogeneidad (Ih): Se define como la relación que existe entre el área de la cuenca y un rectángulo de igual superficie, complementario al índice de alargamiento (Gaspari, et. al., 2010).

### **Parámetros de relieve.**

Estos parámetros están determinados según la pendiente de la cuenca por lo que a mayor pendiente, corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes del cauce principal, (Navarrete, 2004). Estos parámetros son:

a) Pendiente media de la cuenca (PM): Este parámetro es la media ponderada de todas las pendientes de las áreas elementales en las que se considera constante la máxima pendiente. Es decir muestra el grado de rugosidad que tiene el suelo de la cuenca expresado en porcentaje (Beltrán, 2010).

b) Elevación media (h): Este factor expresa la altura definida por el volumen de la cuenca en relación a la superficie de la misma (Gaspari, et. al., 2010).

c) Coeficiente de rugosidad (Ra): Se define como la relación entre el desnivel de la cuenca y su densidad de drenaje, este factor es adimensional (Gaspari, et. al., 2010).

d) Curva hipsométrica (Ch): Es la distribución del área de las áreas parciales de la cuenca de acuerdo a un rango de elevación. Permite obtener la relación hipsométrica mediante el análisis altitudinal con el límite de la cuenca, el intervalo de altitud seleccionado debe ser una equidistancia para todas las áreas parciales de la cuenca (Gaspari, et. al., 2010).

### **Parámetros relativos a la red hidrográfica.**

Los parámetros característicos de la Cuenca determinados por la red fluvial son los siguientes:

a) Orden de los cauces (Oc): El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

b) Razón de bifurcación (Rb): Es el cociente entre el número de cauces de cualquier orden (Nu) y el número de cauce de orden (u) del siguiente orden superior (Horton, 1945).

c) Densidad de drenaje (Dd): Se define como el grado de dificultad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar el agua de las precipitaciones por su red hidrográfica (Yaguachi, 2013).

d) Perfil Longitudinal (Pl): Es un corte topográfico que tiene forma cóncava. Indica la relación entre la distancia recorrida por un cauce natural desde su nacimiento y altura relativa de cada punto de dicho perfil (Ibañez Asensio, et al., 2008)

e) Longitud del cauce principal: Es la longitud a lo largo del cauce de orden mayor comprendido entre el punto más alejado en la cabecera del río y el punto de interés (Ruiz, 2001).

f) Pendiente Media del cauce (S): La pendiente media del cauce se obtiene a partir del desnivel topográfico que se presenta sobre el cauce principal y su longitud (Beltrán, 2010). Al aumentar la pendiente aumenta la velocidad del agua por la red hidrográfica, haciendo más susceptible a la cuenca a procesos erosivos y al arrastre de materiales (Yaguachi, 2013).

g) Tiempo de concentración (Tc): Es el tiempo que le toma llegar a la última gota de agua caída en la parte más lejana de la cuenca al desagüe (Beltrán, 2007).

## **2.2.2 Desarrollo Sustentable.**

### **2.2.2.1 Definición y alcance del desarrollo sustentable.**

El desarrollo sostenible o desarrollo sustentable, es un concepto que nace por la preocupación existente debido al deterioro del medio ambiente, y su primera definición, utilizada y difundida ampliamente, es la que se señala en el informe Brundtland en 1987, donde se considera al desarrollo sustentable como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades”. (Quiroz, 20015).

Ampliando y llevando a tiempos modernos el término de desarrollo sustentable, este se define como un concepto innovador que propone la protección de la naturaleza y la equidad social presente y futura, sin poner en discusión los

diferentes modelos económicos y políticos (Treviño, 2003); de acuerdo a este concepto se toma a la naturaleza como punto de partida para una transformación social gradual y sin problemáticas.

Sin embargo la definición ha ido evolucionando y en la actualidad el desarrollo sustentable es considerado como un proceso de cambio continuo de aplicación local, regional o global que responde a objetivos y metas universales de transformación social apropiada, para satisfacer las necesidades de bienes y servicios de una población o conjunto de poblaciones, por tiempo indefinido, sin degradar irreversiblemente la capacidad productiva de la tierra, el patrimonio natural y su habilidad para mantener la población de un lugar (Ivanova y Valiente, 2008 citado por Quiroz, 20015)

Considerando la importancia que tienen los recursos naturales para preservar la vida en el planeta, especialmente, el recurso agua, es necesario concebir e implementar el desarrollo desde un contexto social más amplio y visualizándolo a largo plazo, comprendiendo que el deterioro de los ecosistemas y los desechos producidos también se transforman en el capital natural heredado a las generaciones futuras (Segura y Arriaga, 2003).

Es por ello de suma importancia considerar los aspectos concernientes al desarrollo sostenible en cualquier estudio, planificación, proyecto que afecte los recursos naturales y por ende la vida misma del planeta.

#### **2.2.2.2 Dimensiones de la sustentabilidad.**

La preocupación por el medio ambiente ha llevado a la búsqueda de modelos, normas o principios que deben seguirse para lograr el menor impacto negativo posible al entorno en donde se realiza una obra y por ello se ha planteado la necesidad de tomar en consideración cada una de las etapas del proyecto de construcción, desde

la escogencia de los materiales, hasta el término de la vida útil de la construcción, lo que lleva a cómo realizar su deconstrucción. Según Martínez (2009)

El propósito es... la minimización del uso de recursos, de modo de evitar o prevenir el agotamiento de los recursos naturales, prevenir la degradación ambiental, y proporcionar un ambiente saludable, tanto en el interior como en el entorno de los edificios. Estos últimos pueden ser considerados como los criterios más importantes sobre los que se debe sustentar una industria de la construcción sustentable, sin dejar de lado los aspectos económicos y sociales. (p.7)

Por su parte Tetreault (2015), en la misma tónica de considerar el entorno biológico, cultural y los elementos económicos, indica las siguientes dimensiones en el planeamiento que se desee ejecutar:

#### **Dimensión Ecológica o Ambiental.**

Se enfatiza el concepto de que el hombre se desarrolla en un planeta finito, y que la magnitud de los sistemas económicos y productivos deben estar acordes con la capacidad de carga de la naturaleza, atribuyendo la degradación de los ecosistemas al crecimiento de la producción y el consumo (Treviño, 2003). La dimensión ecológica de la sustentabilidad está condicionada por la provisión de recursos naturales y de servicios ambientales de un espacio geográfico (Tetreault, 2015).

#### **Dimensión Socio-Cultural.**

Implica un modelo de desarrollo en el cual se favorece el uso y acceso a los recursos naturales, contemplando la conservación de la biodiversidad, la justicia y equidad social, la conservación de valores, prácticas y símbolos de identidad cultural; y garantiza la participación del mayor número de actores sociales en la toma de decisiones (Tetreault, 2015).

### **Dimensión Económica.**

Busca el logro de un beneficio que permita cubrir las necesidades económicas de los pobladores y la disminución de los riesgos asociados a los factores de producción, el mercado, los insumos y la baja diversificación y falta de valor agregado a los productos desde su origen (Tetreault, 2015).

#### **2.2.2.3 La ingeniería civil y el desarrollo sustentable en Venezuela.**

Es indudable que en los últimos tiempos ha aumentado la preocupación por la preservación del medio ambiente o recuperar espacios bióticos que han sido severamente afectados por la acción irresponsable del hombre, quien aplicando un concepto errado de desarrollo ha olvidado un principio fundamental como lo es la supervivencia. Hoy en día en todas las áreas del conocimiento, la conservación de los recursos naturales y el ambiente en general ocupa un espacio importante en la formación profesional de los individuos, al igual que la consideración de los aspectos sociales y culturales.

En el caso particular de la ingeniería civil, es de destacar el profundo impacto que causa la construcción de obras de cualquier tipo, pues supone una intervención directa del espacio geográfico, alterando su fisonomía inicial. En el pasado sólo se tomaba en consideración los aspectos técnicos, materiales y económicos, pero en la actualidad dada las exigencias de responsabilidad con respecto al ambiente, se ha ido modificando la visión en cuanto al planeamiento de obras, el impacto que causará al ambiente y a la comunidad y su futuro desarrollo. Es por ello que como dice Gil (2015):

El desarrollo sustentable conlleva un análisis reflexivo de la ética y crítico que los profesionales toman en su ejercicio;...En el ejercicio profesional, el compromiso debe obligar a vigilar cada acción, cada actitud y cada objetivo laboral de manera que éstos estén orientados

hacia una clara e inequívoca meta de reducir en lo posible el impacto sobre ese desarrollo, el cual, es productos de las acciones realizadas; y no una visión antropocéntrica, donde prive la creencia de que el hombre es el centro de todo el universo y por tanto, puede utilizar los recursos de la naturaleza a su antojo.( p.11)

De allí que sea necesario cambiar la visión que se ha venido dando con respecto a la ingeniería civil, de tal forma que además de los aspectos económicos y técnicos, se consideren los sociales y ambientales y las decisiones que se tomen al asumir un compromiso profesional deben tener como basamento un esquema ético que represente la responsabilidad moral con las futuras generaciones; asumiendo la voluntad de aceptar y entender el riesgo, así como los costos económicos de su aplicación y sus resultados.

De acuerdo a los resultados de la Visión de la Ingeniería Civil 2025 publicada en 2010 por la Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ACSE por sus siglas en inglés), la cual se basó en la Cumbre sobre el futuro de la Ingeniería efectuada en el 2006, en Estados Unidos, hay un mandato de la sociedad en cuanto a la necesidad de crear un mundo sostenible y mejorar la calidad de vida global, para lo cual los ingenieros civiles deben servir de manera competente, colaborativa y ética como maestros:

- Planificadores, diseñadores, constructores y operarios del motor económico y social de la sociedad: el medio ambiente construido;
- Custodios del medio ambiente natural y sus recursos;
- Innovadores e integradores de ideas y tecnología en los sectores público, privado y académico;
- Gestores de los riesgos y las incertidumbres causados por acontecimientos naturales, accidentes y otras amenazas; y
- Líderes en debates y decisiones que conforman la política pública ambiental y de infraestructuras. (ACSE, 2010)

En lo que se refiere a Venezuela, existe un marco jurídico que norma las actividades que pudieran alterar el ambiente a fin de preservarlo, comenzando con la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999) que en su artículo 129 establece que: “Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio-cultural”, adquiriendo así la protección del ambiente desde el punto de vista técnico y jurídico rango constitucional. Por ende, todo proyecto de desarrollo que implique la afectación o uso de una cantidad importante de recursos naturales debe ser analizado y evaluado de forma tal, que su realización sea económicamente factible, financieramente desarrollable, socialmente identificable y ambientalmente sustentable (Parada, 2003).

Por su parte la Ley de Ambiente promulgada en 2006 señala en su artículo 24 lo siguiente:

La planificación del ambiente forma parte del proceso de desarrollo sustentable del país. Todos los planes, programas y proyectos de desarrollo económico y social, sean de carácter nacional, regional, estatal o municipal, deberán elaborarse o adecuarse, según proceda, en concordancia con las disposiciones contenidas en esta Ley y con las políticas, lineamientos, estrategias, planes y programas ambientales, establecidos por el ministerio con competencia en materia de ambiente.

Y el Código de Ética del Ejercicio de la Ingeniería en Venezuela de 1996, en su parte Décimo Sexta relativa al ambiente, indica que no sería ético: “Intervenir directa o indirectamente en la destrucción de los recursos naturales u omitir la acción correspondiente para evitar la producción de hechos que contribuyen al deterioro ambiental”, mientras que en su parte Décimo Quinta relativa a la justicia, señala que no es ético: “Contravenir deliberadamente a los principios de justicia y lealtad en sus relaciones con clientes, personal subalterno y obreros, de manera especial, con relación a estos últimos, en lo referente al mantenimiento de condiciones equitativas de trabajo y a su justa participación en las ganancias”.

Aquí se tienen dos principios bioéticos tocados de manera directa, que aunado a lo estipulado por la Constitución Nacional y la Ley del Ambiente, establecen la importancia de la responsabilidad y la ética en la formación y ejercicio profesional del ingeniero civil, cuya labor no se limita sólo a la recuperación de espacios contaminados, sino también la de crear una conciencia ambiental y una cultura de prevención que considere los elementos sociales, ambientales y culturales haciendo aportes para el beneficio de la comunidad.

### **2.3 Definición de términos básicos:**

**Ambiente:** es el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica, sociocultural y de sus interrelaciones, en permanente modificación por la acción humana o natural que rige o condiciona la existencia o desarrollo de la vida.

**Cauce:** Concavidad del terreno, natural o artificial, por donde corre un río, un canal o cualquier corriente de agua.

**Ciclo hidrológico:** se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido).

**Cuenca contribuyente:**

**Drenaje:** Es la forma de desalojo del agua en una cuenca. Es toda estructura, natural o artificial, que facilita el escurrimiento y evita el almacenamiento del agua en una zona particular.

**Ecología:** Relación que se da entre los seres vivos de una zona determinada y el medio ambiente en el que viven.

**Escurrecimiento:** Es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje.

Guía técnica: Es un documento, ya sea electrónico o impreso, de consulta y apoyo que contiene instrucciones bajo criterios técnicos y metodológicos estandarizados.

Herramientas digitales: Son todos los recursos de software presentes en computadoras y dispositivos relacionados, que permite realizar o facilitar todo tipo de actividades.

Hidráulica: Es la rama de la física que estudia el comportamiento de los líquidos en función de sus propiedades específicas.

Hidrología: Es la disciplina científica dedicada al estudio de las aguas de la Tierra, incluyendo su presencia, distribución y circulación a través del ciclo hidrológico, y las interacciones con los seres vivos. También trata de las propiedades químicas y físicas del agua en todas sus fases.

Morfometría: Son las características físicas de una cuenca que tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella.

Parámetros hidrológicos: Un conjunto de estimaciones realizadas, en la mayoría de los casos, al iniciar un estudio hidrológico, con fines de aprovechamiento o control.

Punto de concentración: Es el punto con menor cota de la cuenca donde convergen todas las aguas que discurren en ella.

Relieve: Es el conjunto de formas de la superficie terrestre que resalta sobre una superficie horizontal.

Sustentabilidad ambiental: Es el uso racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras.

Topografía: Es la ciencia que estudia la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles, tiene como objetivo principal el estudio del relieve.

## **CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo de Investigación.**

El tipo de investigación está referido a la clase de estudio que se va a realizar, orienta sobre la finalidad general del mismo y sobre la manera de recopilar la información o datos necesarios. Arias (2006), señala que al definir el tipo de investigación se determina el nivel de profundidad con el cual se abordara el estudio. De acuerdo a esta premisa, el tipo de estudio de esta investigación es de proyecto factible, determinado como un conjunto de actividades que son vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos que previamente fueron definidos en atención a las necesidades que se puedan presentar.

Se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización (Idem, p. 134).

### **3.2 Diseño de la Investigación.**

El diseño de la investigación es la forma en que el investigador se plantea responder a las interrogantes de su investigación, que de acuerdo a sus características puede ser documental, investigación de campo o investigación experimental (Arias, 2006); tal y como lo expresa Hurtado (2000) el diseño de investigación señala al investigador lo que tiene que hacer y cómo hacerlo, dónde obtener los datos, cuántas mediciones hacer, cuál variedad de datos recoger, entre otros.

Hurtado (2000) describe el diseño aplicado a la investigación documental, el cual se ajusta al tipo de investigación que desarrolla el presente trabajo ya que para su realización fue necesaria la revisión exhaustiva de diferentes fuentes de información, tales como

documentos, informes, estudios, ponencias, leyes, normas y bibliografía relacionada con el tema de estudio.

### **3.3 Nivel de Investigación.**

Toda línea de indagación comienza con el descubrimiento de un problema y busca la solución al mismo a través de los diferentes niveles de investigación, los cuales están en concordancia con los objetivos planteados determinando así la profundidad con que se aborda el objeto o fenómeno. De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2010) un diseño de investigación es descriptivo, si miden variables de manera individual y se recogen los resultados de esas mediciones para indicar características. La presente investigación es de tipo descriptiva, pues se aplicó un instrumento para lograr información sobre un evento o problemática, en este caso particular describir la situación en cuanto a material de apoyo adecuado para la asignatura Hidrología de la Escuela de Ingeniería de la UJAP.

### **3.4 Población.**

Al realizar toda investigación es necesario delimitar la población o universo que estará inmerso directamente al problema o situación que se está planteando, por lo tanto, se considera a las mismas como aquellas unidades o elementos que poseen una característica común observable en un lugar y en un momento determinado, la cual darán origen a los datos de la investigación; cabe resaltar que la calidad, exactitud y confiabilidad del trabajo investigativo depende en gran parte de la delimitación clara en cuanto quienes son los sujetos de estudio tomando en cuenta los objetivos establecidos.

La totalidad de las unidades de investigación que poseen una característica común, enmarcados dentro de los criterios de inclusión, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación del fenómeno a estudiar, es lo que se denomina población o universo.

(Barrera, 2008; Tamayo y Tamayo, 2003; Hurtado y Toro 2000). Para el presente estudio, la población está constituida por ciento noventa y cuatro (194) alumnos cursantes entre el 7mo y 10mo semestre de la carrera Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez, del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

### **3.5 Muestra.**

Según Balestrini, (2003), la muestra “es un subconjunto o una parte de la población, es decir, un número de individuos u objetos seleccionados de varias forma... cuando la población es pequeña y finita se toman como unidades de estudio e indagación a todos los individuos que la integran” (p.125). Habitualmente, en una investigación no se trabaja con todos los elementos de la población que se estudia sino solo una parte o fracción de ella debido a que a veces, es muy grande y no es fácil abarcarla en su totalidad.

Para el presente trabajo de investigación se determinó una muestra al azar y aleatoria, tomando en consideración que se trata de una población homogénea, del treinta y tres por ciento (33%), suficientemente representativa para este tipo de estudio (Busot, 1991; Sierra, 2004 citado por Corral, 2015), la cual estuvo conformada por sesenta y cuatro (64) estudiantes cursantes entre el 7mo y 10mo semestre en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, del Municipio San Diego, Estado Carabobo.

### **3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.**

Al hablar de técnica, Falcón y Herrera (2005), acuerdan que: “se entiende como técnica el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 12).

La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada mediante un instrumento de recolección de datos, por lo cual los autores antes

mencionados establecen que “son dispositivos o formatos (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p 12).

En el caso a estudiar se utilizó el cuestionario, que según Hernández, Fernández y Baptista (2002), se define como “el conjunto de preguntas, representadas en forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se mide la reacción de los sujetos a los que se les administra...” (p.393), valiéndose de la encuesta como instrumento más idóneo para esta investigación. Ésta fue diseñada y redactada en función de un conjunto de ítems representados en forma de juicios con respecto al uso, disponibilidad y necesidad de material de apoyo para la cátedra de Hidrografía.

Para su aplicación del instrumento se utilizó la herramienta Google Form, (<https://www.google.com/intl/es-419/forms/about/>), que es una aplicación de google drive, en la cual se pueden realizar formularios y encuestas para conocer la opinión de un grupo de personas, lo cual facilitó la recopilación de datos, por el ahorro de tiempo y material.

Las respuestas fueron medidas aplicando la escala actitudinal de Likert ante los cuales los sujetos debieron manifestarse, indicando su postura es una escala aditiva (totalmente de acuerdo **5**, de acuerdo **4**, ni en acuerdo ni desacuerdo **3**, en desacuerdo **2**, totalmente en desacuerdo **1**), cuyos resultados fueron tabulados para su posterior análisis estadístico.

### **3.7 Validez y Confiabilidad del instrumento.**

#### **3.7.1 Validez.**

Hernández, Fernández y Baptista (2010) señalan que “la validez de expertos se refiere al grado en que aparentemente un instrumento de medición mide la variable en cuestión, de acuerdo con expertos en el tema.” (p. 204)

El instrumento utilizado en la investigación fue sometido a consideración y juicio de expertos con el fin de evaluar y determinar la validez del instrumento, la relación coherente

de los ítems, la calidad de contenido, la claridad en la redacción y sus posibles resultados, para su posterior aplicación a la muestra de estudio.

### **3.7.2 Confiabilidad.**

La confiabilidad de un instrumento es determinante para la apreciación objetiva de su contenido, en conjunto con la validez y la objetividad del mismo, específicamente “la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (Idem, p.200)

En este sentido, para determinar la confiabilidad del instrumento con escala de Likert se hizo uso del coeficiente de confiabilidad Alfa de Cronbach, aplicando una prueba piloto a treinta (30) estudiantes cursantes del 7mo al 10mo semestre de la carrera Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez, lo que permitió establecer su grado de confianza.

Contrastando el resultado obtenido con la escala de interpretación del coeficiente el instrumento es altamente confiable.

### **3.8 Fases Metodológicas.**

El proceso de investigación se llevó a cabo siguiendo un orden lógico y metodológico, en el cual lo primero fue determinar la problemática a estudiar. Para ello se siguieron las fases que a continuación se descri

#### **FASE I:**

Diagnosticar a través de la recopilación de información documental, teórica y práctica existente sobre el tema de la cuenca contribuyente la factibilidad de la guía técnica.

Actividad:

Buscar información documental, sobre el tema de la cuenca contribuyente tomando en consideración el desarrollo sustentable.

Definir los conceptos básicos teóricos que fundamenten la investigación.

Indagar el tema de la cuenca contribuyente de forma práctica.

Diagnosticar la factibilidad de la guía técnica a través de la aplicación de una encuesta a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, cursantes entre el 7mo y 10mo semestre.

**FASE II:** Evaluar el contenido de aplicación práctica en el tema de la cuenca contribuyente.

Actividad:

Analizar y evaluar la aplicación práctica de la cuenca contribuyente.

Determinar casos reales de aplicabilidad para una cuenca contribuyente.

Definir los parámetros de la cuenca contribuyente.

**FASE III:** Diseñar ejercicios aplicados a situaciones propias de la ingeniería civil.

Actividad:

Definir las cuencas reales a estudiar donde se pueda observar las diferencias de una cuenca a otra.

Plantear ejercicios utilizando cuencas reales.

Resolver ejercicios aplicados a situaciones propias de la ingeniería civil.

**FASE IV:** Aplicar técnicas digitales para el estudio de la cuenca contribuyente en la Hidrología.

Actividad:

Investigar Software que puedan ser útiles y aplicables a la cuenca contribuyente.

Resolver los ejercicios aplicando este software para garantizar la comprensión de la aplicabilidad en la Hidrología.

**FASE V:** Redactar la Guía Técnica de Hidrología, estudio de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental.

**Actividad:**

Una vez realizada la investigación se procedió a proponer aquellos lineamientos considerados factibles para generar la redacción de una guía que defina, aplique y resuelva casos reales de la Ingeniería Civil utilizando herramientas digitales, todo esto tomando en consideración el desarrollo sustentable.

## **CAPÍTULO IV**

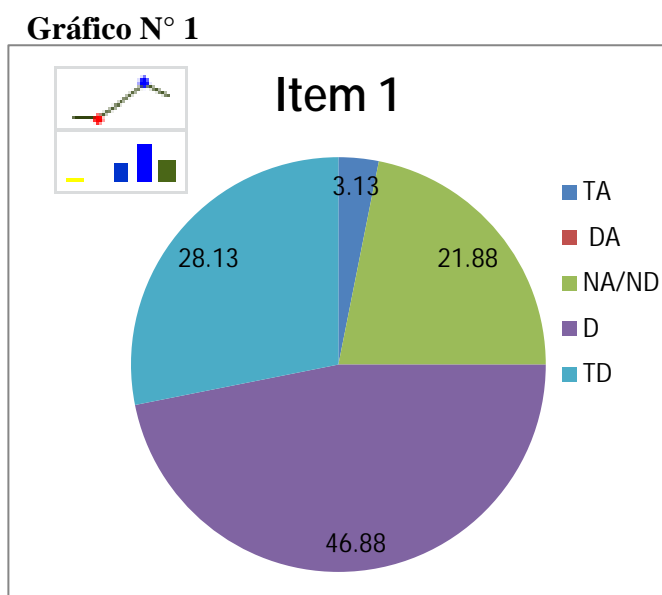
### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

El análisis e interpretación de resultados es de suma importancia, ya que responde, en este caso, al objetivo referido a la factibilidad de elaborar una guía técnica de hidrología, por lo que fue necesario demostrar en primer término la necesidad del material de apoyo para los estudiantes. Los ítems fueron redactados a fin de conocer las expectativas de los estudiantes en cuanto a una guía instruccional que les permitiera una mayor comprensión de la materia Hidrología.

La recolección de datos se hizo aplicando la técnica del cuestionario a través del instrumento de la encuesta, la cual fue diseñada en función de los objetivos planteados en la investigación. Los resultados de la aplicación del instrumento fueron tabulados de acuerdo a la frecuencia de las respuestas, para luego realizar un análisis porcentual de los mismos. Siguiendo el modelo de Escala tipo Likert, se ofreció un conjunto de posibilidades de respuesta ante cada ítem presentado ante los cuales los sujetos se manifestaron. A cada posibilidad de respuesta se le asignó un valor, quedando de la siguiente manera: **Totalmente de acuerdo 5, De acuerdo 4, Ni de acuerdo ni en desacuerdo 3, En desacuerdo 2, Totalmente en desacuerdo 1**, donde los reactivos de dicha escala se suman para producir una puntuación de actitud del sujeto investigado.

A continuación se presentan los resultados de cada ítem, su análisis e interpretación:

1.- El material de apoyo didáctico de en la materia Hidrología en la UJAP es suficiente.

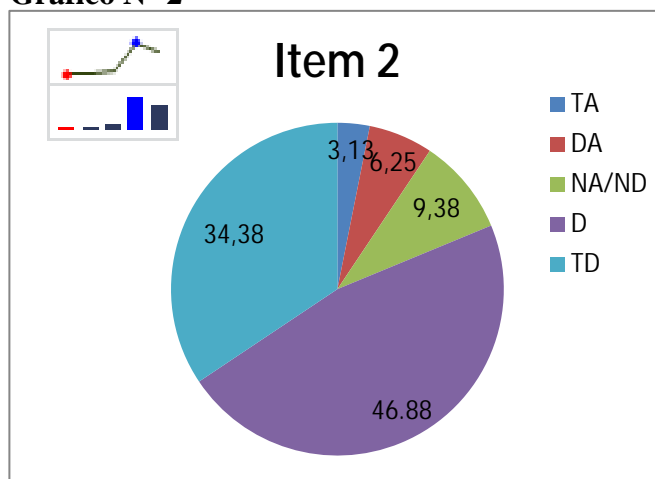


Fuente: Gravina y Rondón, 2018

De acuerdo a las respuestas de los estudiantes a este ítem, el setenta y cinco por ciento (75%) de estos está en desacuerdo o totalmente en desacuerdo en que el material de apoyo didáctico para la materia Hidrología en la UJAP es suficiente. Este resultado claramente expresa la ausencia de apoyo instruccional para la asignatura Hidrología, lo cual es un indicador importante sobre las dificultades que tiene el estudiante para comprender la asignatura, pues está indicando de algún modo con su opinión la deficiencia en este aspecto de la cátedra de Hidrología. Contrastando con la teoría explicitada en este estudio, sobre la importancia de la Hidrología para el futuro desempeño profesional del Ingeniero Civil, es evidente la necesidad de crear material instruccional al respecto.

2.- El pensum de hidrología utilizado en la UJAP, garantiza una comprensión actualizada de la dinámica de dicha materia requerida en el campo de la realización de obras civiles.

**Gráfico N° 2**

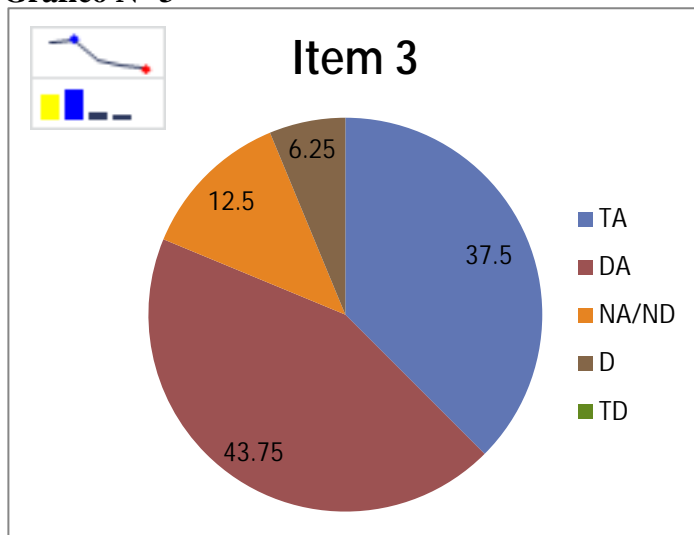


Fuente: Gravina y Rondón, 2018

Los resultados a la propuesta del ítem 2 fueron determinantes en cuanto a que el ochenta y uno coma seis por ciento (81,6%) está en desacuerdo o totalmente en desacuerdo sobre los contenidos del pensum de Hidrología, pues según su parecer no procura al estudiante las herramientas necesarias para garantizar la comprensión de dicha materia y su aplicación en obras civiles. Solo el nueve coma treinta y ocho por ciento (9,38%) está conforme con la estructura de contenidos de la asignatura y otro porcentaje similar no define su postura al respecto. La contundencia del resultado ampliamente mayoritario hacia la no adecuación de los contenidos sugiere que es necesaria una revisión curricular para hacer de la cátedra de Hidrología un basamento realmente útil en la formación del egresado de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez. Esto supone actualizar el material de consulta para los estudiantes, acorde con los avances tecnológicos de la actualidad.

3.- La aplicación de ejercicios de apoyo permite comprender más los cálculos de parámetros e índices de forma, de relieve y relativos al sistema de drenaje de la cuenca contribuyente.

**Gráfico N° 3**



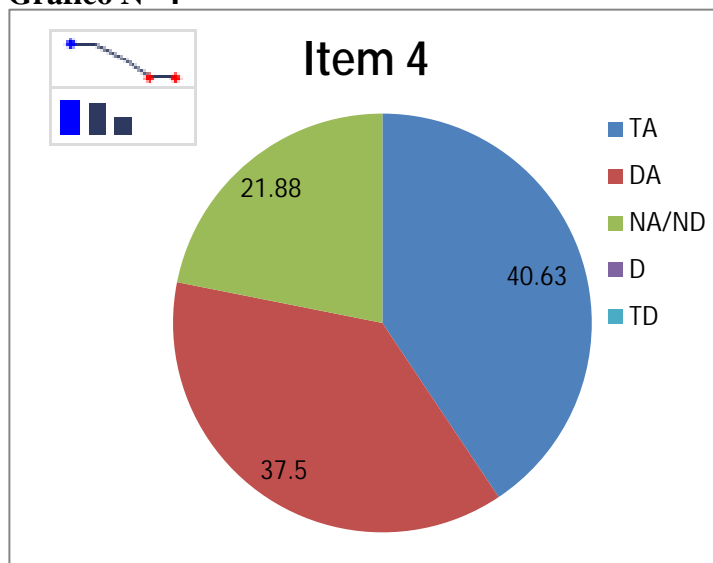
Fuente: Gravina y Rondón, 2018

Los estudiantes afirman que la aplicación de ejercicios de cálculos sobre los parámetros concernientes al estudio del sistema de drenaje de la cuenca contribuyente los ayuda en la comprensión de los mismos y se pudiera inferir que les permite una mejor preparación para su futuro desempeño profesional.

Al respecto los resultados señalan que el ochenta y uno coma veinticinco por ciento (81,25%) está de totalmente de acuerdo o de acuerdo en que la realización de dichos ejercicios les sería útil para una mayor comprensión de cómo realizar los cálculos correspondientes a los parámetros utilizados en el estudio de la cuenca contribuyente, por lo que contar con una guía de ejercicios sobre estos aspectos sería pertinente para la formación del estudiante.

4.- La utilización de herramientas digitales conforman instrumentos poderosos para el desarrollo de estudios de morfometría en sistemas hidrológicos complejos.

Gráfico N° 4

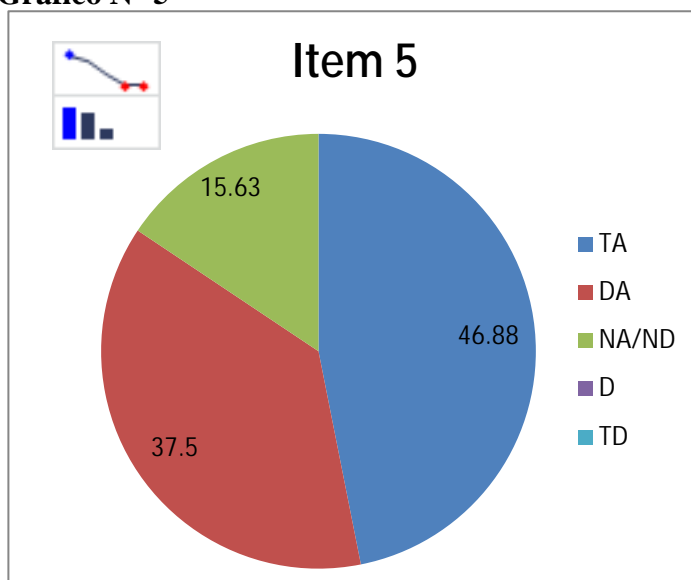


Fuente: Gravina y Rondón, 2018

Según indican los datos arrojados por la encuesta en consideración al uso de herramientas digitales, los estudiantes en un muy significativo setenta y ocho por ciento (78%) coinciden en que éstas son instrumentos muy útiles para el desarrollo de estudios de morfometría en sistemas hidrológicos complejos, por lo que se estima conveniente la preparación en el uso de estas herramientas tecnológicas a fin de que el estudiante una vez egresado pueda acceder fácilmente a este tipo de información, lo cual redundará en su mejor desempeño profesional. El veintidós por ciento (22%) está ni de acuerdo, ni en desacuerdo con la afirmación referida al uso de herramientas digitales pero es una realidad que el uso de la tecnología está extendido a todas las áreas del saber y cada vez hay más diseños de software capaces de brindar información exacta, compleja y dinámica sobre los aspectos geomorfológicos de un área geográfica en particular, que para el caso de investigación sería el estudio de la cuenca contribuyente, lo cual facilita enormemente el trabajo de cálculos para proyectos de obras que deben realizar los ingenieros civiles.

5.- La elaboración de una guía técnica de hidrología con el apoyo de herramientas digitales, facilita la automatización del cálculo de parámetros, caracterización de relieve y red hidrológica de cuencas contribuyentes.

**Gráfico N° 5**

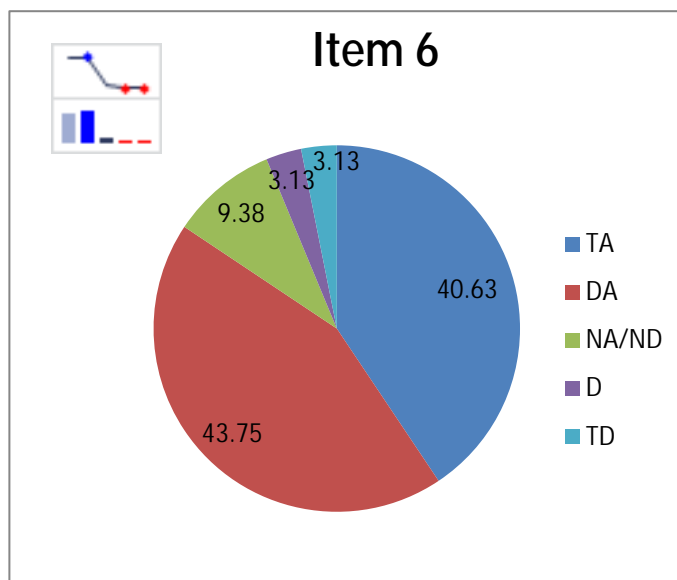


Fuente: Gravina y Rondón, 2018

En concordancia con las tendencias observadas en las respuestas a las afirmaciones que anteceden, un ochenta y cuatro por ciento (84%) aproximadamente de los estudiantes está de acuerdo en la necesidad de una guía técnica de hidrología con apoyo digital mientras que un dieciséis por ciento (16%) aproximadamente señala no está ni de acuerdo ni en desacuerdo, ningún estudiante se mostró en desacuerdo en que contar con un material digitalizado facilite la comprensión de la asignatura Hidrología. Este hecho evidencia la necesidad de los jóvenes de contar con un material que facilite el aprendizaje de la materia, lo cual debería ser tomado en consideración por la cátedra. El diseño de una Guía Técnica de Hidrología, que analice el tema de la cuenca contribuyente, incluyendo ejercicios de aplicabilidad en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental es la respuesta que ésta investigación pretende dar a dicha necesidad.

6.- Diseñar una guía técnica actualizada como aporte didáctico en la materia hidrología incorporará una visión sobre la sustentabilidad del ambiente con respecto a la cuenca contribuyente.

**Gráfico N° 6**

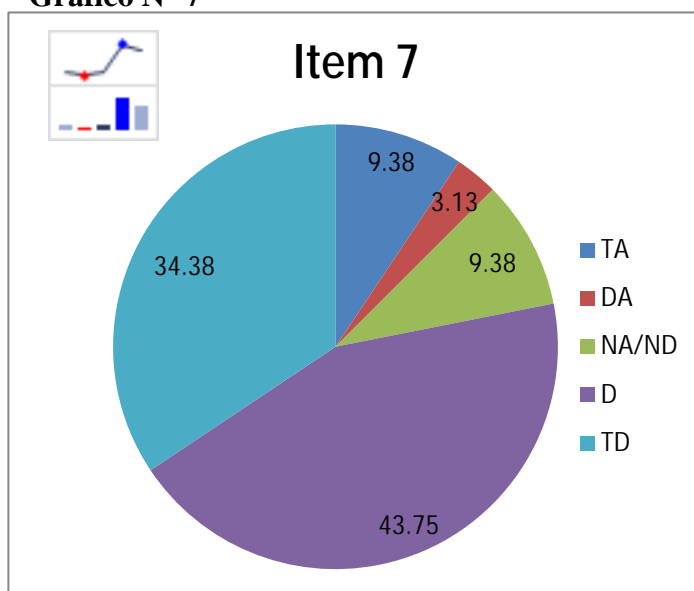


Fuente: Gravina y Rondón, 2018

El aspecto de la sustentabilidad ambiental es tomado en consideración por los estudiantes al responder en un ochenta y cuatro por ciento (84%) aproximadamente, estar totalmente de acuerdo o de acuerdo en que el material didáctico que se diseñe contemple este aspecto para el estudio de la cuenca contribuyente. El respeto a los ecosistemas, y al equilibrio de la naturaleza son temas fundamentales hoy en el estudio y aplicación de cualquier ciencia, pues las consecuencias de la naturaleza ha sido causa de desastres posteriores que se pudieron haber evitado si se hubiese actuado con conocimiento y ética al respecto. La visión de sustentabilidad fortalece la proyección de obras hidráulicas y es un valor agregado en la formación del Ingeniero Civil, además de estar contemplado entre los valores que la UJAP exhibe como parte de la formación de todos sus egresados.

7.- Actualmente los estudiantes de la UJAP tienen acceso a información sobre sustentabilidad ambiental con relación a las cuencas contribuyentes y sus aportes, así como flujos de energía y materia, ciclos hidrológicos, procesos erosivos y de degradación.

**Gráfico N° 7**

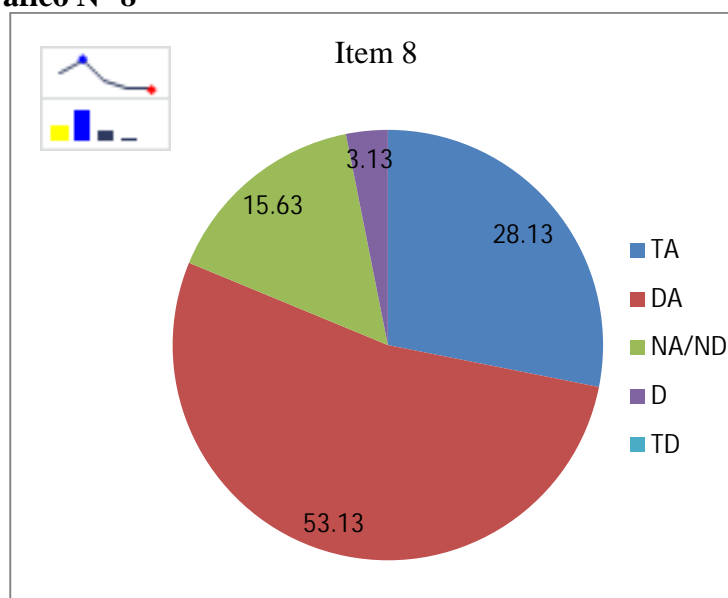


Fuente: Gravina y Rondón, 2018

Los resultados revelan que el setenta y ocho (78%) de los encuestados consideran que no tienen acceso a la información sobre sustentabilidad ambiental en relación a las cuencas contribuyentes y sus aportes, lo cual si lo relacionamos con el porcentaje de respuestas del ítem 6, indica que los estudiantes consideran necesario el contar con un material instruccional que incorpore estos conocimientos y brinde la posibilidad de hacer proyecciones con datos reales que le den la experticia suficiente para su futuro desempeño profesional.

8.- Una guía técnica que incorpore material digital forma a los estudiantes de hidrología de Ing. Civil sobre como analizar la cuenca como sistema que posee entradas de energía, insumos y ofertas ambientales y fortalece el aprendizaje de la materia en el marco de la sustentabilidad.

**Gráfico N° 8**

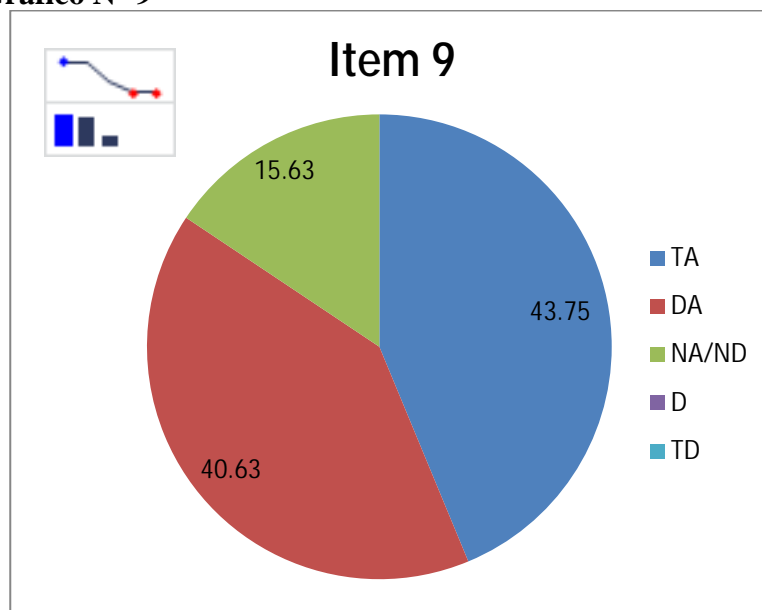


Fuente: Gravina y Rondón, 2018

El cincuenta y tres por ciento (53%) de los encuestados está de acuerdo en que las herramientas digitales aplicadas al análisis de la cuenca contribuyente y sus distintos aspectos afianzan el aprendizaje de la materia, si a este porcentaje le sumamos el veintiocho por ciento (28%) que está totalmente de acuerdo con esa opinión, se tiene que el ochenta y uno por ciento (81%) de los estudiantes estaría conforme con el diseño e implementación de una guía que incorpore estos insumos tecnológicos tan utilizados en la actualidad. Llama la atención un tres por ciento (3%) de estudiantes que se mostró en desacuerdo con el uso de herramientas digitales, pues aun cuando es un porcentaje pequeño pudiera suponer algunas deficiencias para el manejo de tecnología aplicada a la ingeniería y servir de base para un estudio al respecto.

9.- Es importante generar ejercicios prácticos reales que sean desarrollados con herramientas digitales y que logren el entendimiento del uso de la teoría hidrológica para aplicarla a obras de la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental.

**Gráfico N° 9**



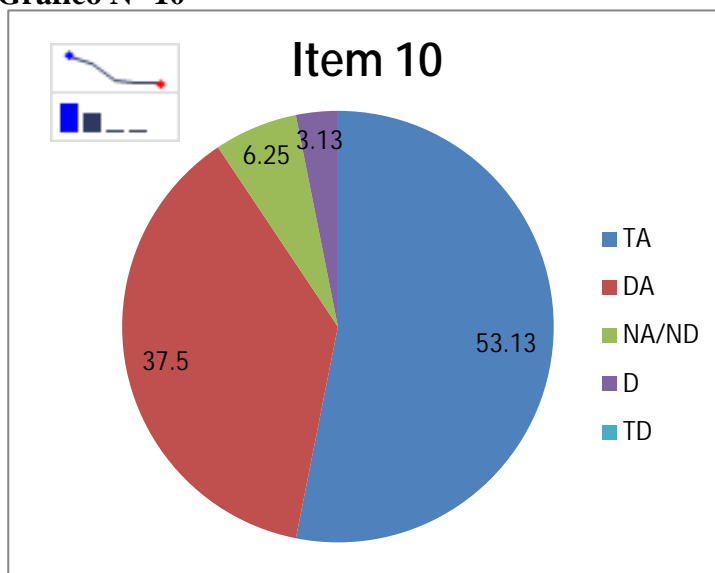
Fuente: Gravina y Rondón, 2018

Refirmando las tendencias anteriores en cuanto a la importancia de la sustentabilidad ambiental, el uso de herramientas digitales para el análisis de la cuenca contribuyente los estudiantes en un cuarenta y tres coma setenta y cinco por ciento (43,75%) están totalmente de acuerdo en que la posibilidad de realizar ejercicios prácticos con herramientas digitales en el marco de la sustentabilidad ambiental, es de gran importancia para su formación profesional. El cuarenta coma sesenta y tres por ciento (40,63 %) está de acuerdo con esta opción y solo el dieciséis por ciento (16%) aproximadamente no se pronuncia ni a favor ni en contra de la incorporación de ejercicios que hagan uso de herramientas digitales. Realizando la sumatoria de los porcentajes de los estudiantes que apoyan la inclusión de ejercicios con soporte en ejemplos prácticos digitalizados da más del ochenta y cuatro por ciento (84%) lo que muestra claramente el

deseo de los alumnos por contar un material instruccional adecuado a las exigencias profesionales de la carrera de Ingeniería civil.

10.- La elaboración de una guía didáctica para plantear y resolver problemas con el apoyo de la herramienta digital, contribuye a expandir el aprendizaje en cualquier materia.

**Gráfico N° 10**



Fuente: Gravina y Rondón, 2018

Finalmente el ítem N° 10 amplía el horizonte en cuanto a la necesidad de tener disponible material didáctico que sea idóneo para el logro de objetivos instruccionales. El cincuenta y tres por ciento (53%) aproximadamente de los encuestados está totalmente de acuerdo en que contar con una guía didáctica que combine teoría y práctica con apoyo digital es útil en cualquier asignatura, pues representa un avance en cuanto al proceso de enseñanza aprendizaje, haciéndolo más dinámico e incorporando el uso de nuevas tecnología que favorecen la creatividad, la participación y el aprendizaje colaborativo, pues a través de este tipo de instrumentos didácticos se fomenta la discusión y el intercambio de ideas para la resolución de problemas. Al sumar este porcentaje con los estudiantes que están de acuerdo el índice de aceptación sube a más del noventa por ciento (90%), quedando solo un diez por ciento (10%) que no se pronuncia o están en desacuerdo con la

idea de que un material didáctico con las características antes mencionadas pudiera ser útil en cualquier cátedra.

En conjunto los resultados obtenidos por la aplicación del instrumento señalan, entre otros aspectos, la necesidad de diseñar un material de apoyo acorde a las exigencias de conocimiento necesario en la formación del Ingeniero Civil de la Universidad José Antonio Páez, lo cual es el objetivo de la investigación planteada. Es importante resaltar que estos resultados son de gran utilidad para la cátedra de hidrología de la UJAP pues les brinda el soporte para revisiones del pensum de estudios y del material didáctico que se maneja hasta ahora para ofrecer al estudiantado la mejor preparación académica posible, en aras de la excelencia objetivo básico de esta casa de estudios.

De acuerdo a la teoría que sustenta a esta investigación, es fundamental el manejo de conocimientos sobre las características morfológicas que se estudian en una cuenca, utilizando herramientas digitales que facilitan la visualización de las características de ésta, además de la realización de los cálculos hidrológicos necesarios para que se mantenga la sustentabilidad del recurso hídrico y su entorno.

Así mismo es de suma importancia conocer cómo se realiza el análisis de la cuenca como un sistema con entradas de energía, insumos y ofertas ambientales, que generan procesos tales como flujo de energía y materia, ciclos de nutrientes, ciclos hidrológicos, procesos erosivos y de degradación, actividades productivas y transformaciones positivas-negativas. Este desarrollo ocasionará posteriormente salidas de agua, bienes y servicios ecosistémicos, procesos industriales, alimentos, vertimientos, emisiones y residuos, todo esto para interpretar la importancia del estudio de la cuenca por ser esta un sistema real, abierto y complejo constituido por ofertas ambientales en un área delimitada por la divisoria de aguas, red hidrográficas, componentes geológicos y otros factores morfométricos.

Igualmente el tema de la sustentabilidad ambiental en la ingeniería civil es de capital importancia puesto que no hay alguna otra actividad humana cuyos impactos afecten de forma tan directa, compleja y a largo plazo al ambiente como las obras de

ingeniería, lo cual lleva directamente al tema de la bioética y sus principios, a lo que debe ser el cumplimiento del deber y la obligación moral de preservar el medio ambiente y contribuir al desarrollo equilibrado del planeta. La ética debe ser un pilar en la formación del futuro ingeniero civil ya que pone de manifiesto su personalidad, su patrón de conducta y el compromiso que como profesional tiene con la sociedad a la que sirve.

De allí la importancia que tiene para la cátedra de Hidrología contar con un material instruccional, en este caso la **Guía técnica de Hidrología, estudio de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental**, que ofrezca una mayor posibilidad de comprensión con respecto a la materia, su uso y aplicación, así como la utilización de recursos digitales, siempre en el marco del respeto al medio ambiente.

A medida que se fue cumpliendo con cada fase metodológica establecida, se realizó la verificación en cuanto al cumplimiento de los objetivos trazados en la investigación, lo cual contribuyó al proceso de retroalimentación en cuanto a si los parámetros establecidos cumplían con el objetivo general de resolver la problemática planteada a través de la elaboración de una Guía Técnica de Hidrología, estudio de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental.

La Fase I fue desarrollada a lo largo del Capítulo II, en cuanto al basamento teórico conceptual, y los resultados de la aplicación del instrumento para diagnosticar la factibilidad de la Guía técnica fueron explicados en el Capítulo IV.

En cuanto a la Fase II se desarrolló analizando y evaluando la cuenca hidrográfica del río Borburata, ubicada en el municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo. Carretera El Gañango (10 msnm), utilizando la herramienta Google Earth se realizó la ubicación de la cuenca y se le aplicaron los conceptos desarrollados en el marco teórico, definiendo los parámetros de la cuenca contribuyente.

En la Fase III se diseñaron los ejercicios aplicados a situaciones propias de la ingeniería civil, resolviendo primero y tomando como ejemplo la cuenca del río Borburata,

para posteriormente presentar ejercicios con otras cuencas y otras características para que los estudiantes los resuelvan.

Luego en la Fase IV se aplican las herramientas digitales para el estudio de la cuenca contribuyente, tomando como ejemplo la cuenca del río Borburata, utilizando la ya mencionada Google Earth, así como Excel, Autocad, Global Mapper. Estos instrumentos se utilizaron para plantear los diferentes ejercicios y cálculos propios de la profesión, que garanticen la comprensión de su aplicabilidad en Hidrología

Finalmente en la Fase V se redacta la Guía Técnica de Hidrología, estudio de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental, proponiendo aquellos lineamientos considerados factibles para generar la redacción de una guía que defina, aplique y resuelva casos reales de la Ingeniería Civil utilizando herramientas digitales, todo esto tomando en consideración el desarrollo sustentable.

La guía está conformada por nueve (09) capítulos, encabezados por el objetivo a lograr, una breve introducción, el desarrollo de contenido, ejercicios y bibliografía a consultar para que el estudiante pueda ampliar sus conocimientos. El Capítulo I está referido a los conceptos fundamentales de lo que es una cuenca hidrográfica y los parámetros que la conforman, siendo como la introducción para el desarrollo posterior de la guía. Los capítulos II al VII están dirigidos a la teoría y la práctica, haciendo uso de las herramientas digitales mencionadas anteriormente y el capítulo VIII está dedicado al importante tema de la sustentabilidad, desarrollando los conceptos que se manejan hoy en día en relación a la ingeniería civil y proponiendo ejercicios relacionados a este tema.

## **CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones.**

De acuerdo a los resultados de la investigación realizada se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1.- El estudio de la asignatura Hidrología perteneciente al pensum de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez es de suma importancia para la formación del futuro profesional de la Ingeniería, ya que le provee las herramientas necesarias para el planeamiento, diseño y operación de los proyectos hidráulicos.

2.- El material de apoyo instruccional no es suficientemente didáctico para los estudiantes, quienes consideran que es necesario la elaboración de una Guía Instruccional de Hidrología, que les facilite no solo la comprensión de la materia sino les provea de ejercicios prácticos para un mejor desempeño profesional a futuro.

3.- Los estudiantes estiman necesario realizar una revisión del pensum de estudios en cuanto a Hidrología, pues según los resultados de la encuesta éstos opinan que no se adecúa a las exigencias profesionales de la actualidad.

4.- A pesar de la importancia de la materia hay muy poco material digitalizado que contribuya de manera eficaz a la enseñanza de la asignatura de un modo dinámico, práctico y sencillo.

5.- Las deficiencias en cuanto a material también se extiende a la teoría de la sustentabilidad ambiental y a los distintos enfoques para abordar esta temática tan necesaria a considerar para la realización de cualquier obra civil, en este caso los proyectos referidos a cuencas hidrológicas.

6.- La elaboración de una Guía Instruccional de Hidrología significa un aporte no solo para la carrera de Ingeniería Civil, sino que estimula la producción de material didáctico digitalizado, haciendo uso de la tecnología para la adecuación de contenidos a la

realidad, preparando a los futuros profesionales egresados de la Universidad José Antonio Páez de la mejor manera posible para atender las demandas de su entorno laboral.

7.- Se evidencia en la Guía Técnica una deficiencia de contenido en cuanto al tema de tiempo de concentración y escorrentía, debido a que los mismos poseen una amplia variedad de métodos a usar para su resolución, los cuales no son objeto de esta investigación.

## **5.2 Recomendaciones.**

Los resultados obtenidos de este estudio permiten realizar algunas sugerencias tales como:

1.- Considerar el diseño de apoyo didáctico con herramientas digitales para el estudio de los diferentes contenidos contemplados en el pensum de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

2.- Realizar una evaluación de los contenidos de la asignatura Hidrología, tomando en cuenta el uso cada vez más sofisticado de herramientas digitales cuyo manejo incide en la preparación del futuro profesional de la ingeniería, egresado de la Universidad José Antonio Páez.

3.- Incentivar el desarrollo de trabajos de investigación sobre el diseño de guías instruccionales acordes a la exigencias de cada cátedra y que coadyuven a la óptima preparación del egresado de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

4.- Utilizar la Guía Técnica de Hidrología, que analiza el tema de la cuenca contribuyente, incluyendo ejercicios de aplicabilidad en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental, para la cátedra de Hidrología, de la carrera Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

5.- Elaboración de una Guía Técnica Sobre los temas Tiempo de concentración y escorrentía para profundizar su estudio y visualizar de forma óptima su aplicación en la ingeniería civil.

## **CAPÍTULO VI**

### **LA PROPUESTA**

El diseño de material instruccional adecuado para el estudio de cualquier asignatura es un elemento de suma importancia para el logro de los objetivos educativos, por esa razón contar con un material didáctico adecuado, beneficia tanto a profesores como a estudiantes. La incorporación de herramientas digitales está siendo utilizada con más frecuencia, no solo por el dinamismo que brinda al proceso educativo, haciéndolo más productivo y propiciando la profundización en la investigación y el conocimiento, sino también porque la destreza en el uso de herramientas digitales le da mayor capacidad al profesional, en este caso el ingeniero civil, para cumplir con las exigencias de su profesión.

Partiendo de la necesidad detectada entre los estudiantes de la carrera Ingeniería Civil de tener un material de apoyo que integrara el aspecto teórico con el práctico y así lograr una mayor comprensión de los objetivos propuestos en la cátedra de Hidrología, se diseñó un material de estudio en donde se aplica la teoría y haciendo uso de herramientas como Google Earth, AutoCad, Excel, SIG, Global Mapper entre otras, que facilitan al estudiante la visualización de los casos de estudio y los cálculos que debe realizar para hacer los estudios correspondientes a una Cuenca Hidrológica, en este caso particular tomando como ejemplo la cuenca hidrológica del Rio Borburata, ubicada en Puerto Cabello.

La guía elaborada como producto de ésta investigación, está formada por ocho (08) capítulos, encabezados por una breve introducción, el desarrollo de contenido y ejercicios prácticos que le permitan al estudiante visualizar y aplicar la teoría explicitada.

El Capítulo I, está referido a los conceptos fundamentales de lo que es una cuenca hidrográfica y los parámetros que la conforman, y viene a ser como la introducción para el desarrollo posterior de la guía. Allí se desarrolla todo lo referente a conceptos, parámetros, características y demás elementos fundamentales en el estudio de una cuenca Hidrológica.

A partir del capítulo II y hasta el capítulo VII están diseñados en función de combinar la teoría y la práctica, haciendo uso de las herramientas digitales mencionadas anteriormente y aplicadas a la cuenca hidrológica del río Borburata, ubicado en el municipio Puerto Cabello, del estado Carabobo. En esos capítulos el estudiante tiene la oportunidad de visualizar los conceptos aplicados a un ejemplo y cómo debe hacer los procedimientos correspondientes para los cálculos a efectuar para el planeamiento y ejecución de una obra. Finalmente, el capítulo VIII está dedicado al importante tema de la sustentabilidad, desarrollando los conceptos que se manejan hoy en día en relación a la ingeniería civil y proponiendo ejercicios relacionados a este tema.

## Referencias bibliográficas

- Arias, F (2006) *Introducción a la Metodología Científica*. Venezuela Editorial Caracas.
- Balestrini, M. (2003). *Cómo se elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas: L. Consultores Asociados.
- Bastidas, J. (2007). *Nociones de Hidrografía*. Mérida. Editorial Venezolana.
- Beltrán, G. 2010. *Apuntes Cuencas Hidrográficas SIG*. Universidad Técnica del Norte. Ibarra Ecuador.
- Burbano, F. 1 989. *Notas de Hidrología Preparado para el 4º Año de ingeniería Forestal*. Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador.
- Cerda, H (1997) *La investigación total*. Editorial Magisterio. Bogotá.
- Código de Ética Profesional. (1996) Colegio de Ingenieros de Venezuela.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N5453 (Extraordinario). 2000, marzo 24.
- Corral, Y y otros (2015) *Procedimientos de muestreo*. Revista Ciencias de la Educación. Julio-Diciembre. Vol. 26. (46) Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Carabobo. Pp. 151-167
- Falcón y Herrera (2005) *Análisis del dato estadístico*. Universidad Bolivariana de Venezuela. Guía didáctica.
- Gaspari, F. (2012) *Caracterización Morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande*, Buenos Aires, Argentina. Séptimo congreso de medio ambiente AUMG. La Plata Argentina.
- Gaspari, F. y otros. (2010) *Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*. Grupo de Manejo de Cuencas. La Plata Argentina.
- Hernandez, Fernández y Baptista, (2002) *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw-Hill.

- Hernández, R y otros (2010). *Metodología de la investigación*. 5ta. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México
- Hurtado, I. y Toro, J. (2000) *Paradigmas y Métodos de Investigación en tiempos de cambio*. 4ta ed. Clemente Editores Valencia.
- Hurtado, J. (2000) *El proyecto de investigación. Metodología de la Investigación Holística*. Sypal. Caracas, Venezuela.
- Navarrete, M. D. (2004) *Propuesta metodológica para el análisis territorial en la cuenca hidrográfica del Estero El Peral, Comuna de Carahue, IX Región*. Universidad Católica de Temuco, Chile. Facultad de Ciencias Ambientales. Vol.6. Pp133- 134
- Horton R.E. (1945) *Erosional development of streams*, Geol .Soc .Am.Bull. , Vol.56. Pp. 281-283.
- Parada, M de (2003) *Régimen Jurídico del estudio del impacto ambiental y sociocultural. Especial referencia a la obligación Constitucional*. Trabajo de Grado presentado ante la Universidad Metropolitana. Decanato de Post Grado. Especialización en Derecho Corporativo. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela (2006) *Ley Orgánica del Ambiente*. Gaceta Oficial N° 5.833 Extraordinaria. Diciembre 26, 2006.
- Ramírez, T. (1992) *Cómo hacer un proyecto de investigación*, Editorial Carhel. Caracas.
- Ruiz, J (2001) *Hidrología, evolución y visión sistémica. La morfología de cuencas como aplicación*. Colección Ciencia y Tecnología. Fondo Editorial UNELLEZ. Barinas, Venezuela.
- Segovia, L. (2015) *Caracterización morfométrica de una cuenca hidrográfica en los andes venezolanos a través de teledetección y sig*. Revista ACADEMIA, 43-54.
- Segura, L. y Arriaga, J. (2003) *Principios Básicos de Contaminación Ambiental*. UAEM. Toluca México.
- Tamayo y Tamayo (2003). *El Proceso de la Investigación Científica*. Editorial: Noriega Editores. 4ta ed. México.
- Tetreault, D (2015). *Una Taxonomía de Modelos de Desarrollo Sustentable*. Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad. Vol. 10 (29). Pp 45-77.

Treviño, A., (2003) *El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis*. Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle. Vol. 6 (21), Pp 55-59

Universidad José Antonio Páez (2017). *Programa analítico y de contenido de la asignatura Hidrología*. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. San Diego. Estado Carabobo.

Valderrama, L. (1985) *Algunas Directrices para la Planificación y Ordenación de Cuencas Hidrográficas*. Memorias Tercer Congreso Colombiano de Cuencas Hidrográficas. Cali Colombia. Pp 608-632.

### Referencias electrónicas

American Society of Civil Engineer (2010) *La vision para la ingeniería Civil 2025. Basada en la Cumbre el futuro de la Ingeniería*. Traducido por la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España. Disponible en: [https://www.asce.org/uploadedfiles/about\\_civil.../content.../vision2025-espanol.pdf](https://www.asce.org/uploadedfiles/about_civil.../content.../vision2025-espanol.pdf)

Aguilar, I (2007) *Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala*. Documento en línea. Disponible en: <http://www.fao.org/cois-static/cms/media/5/faopdf> [Consulta: septiembre, 8, 2017]

Fierro, D. y Jiménez, L. (2011) *Caracterización de la Microcuenca del río Manzano, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo y Propuesta de Plan de Manejo, Utilizando Herramientas SIG*. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui. Ecuador. Tesis de grado, 237 p. (Inédito). Documento en línea Disponible en: [www.repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4531/1/T-ESPE032673.pdf](http://www.repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4531/1/T-ESPE032673.pdf) [Consulta: septiembre, 6, 2017]

*Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas*. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Bogotá D.C, junio

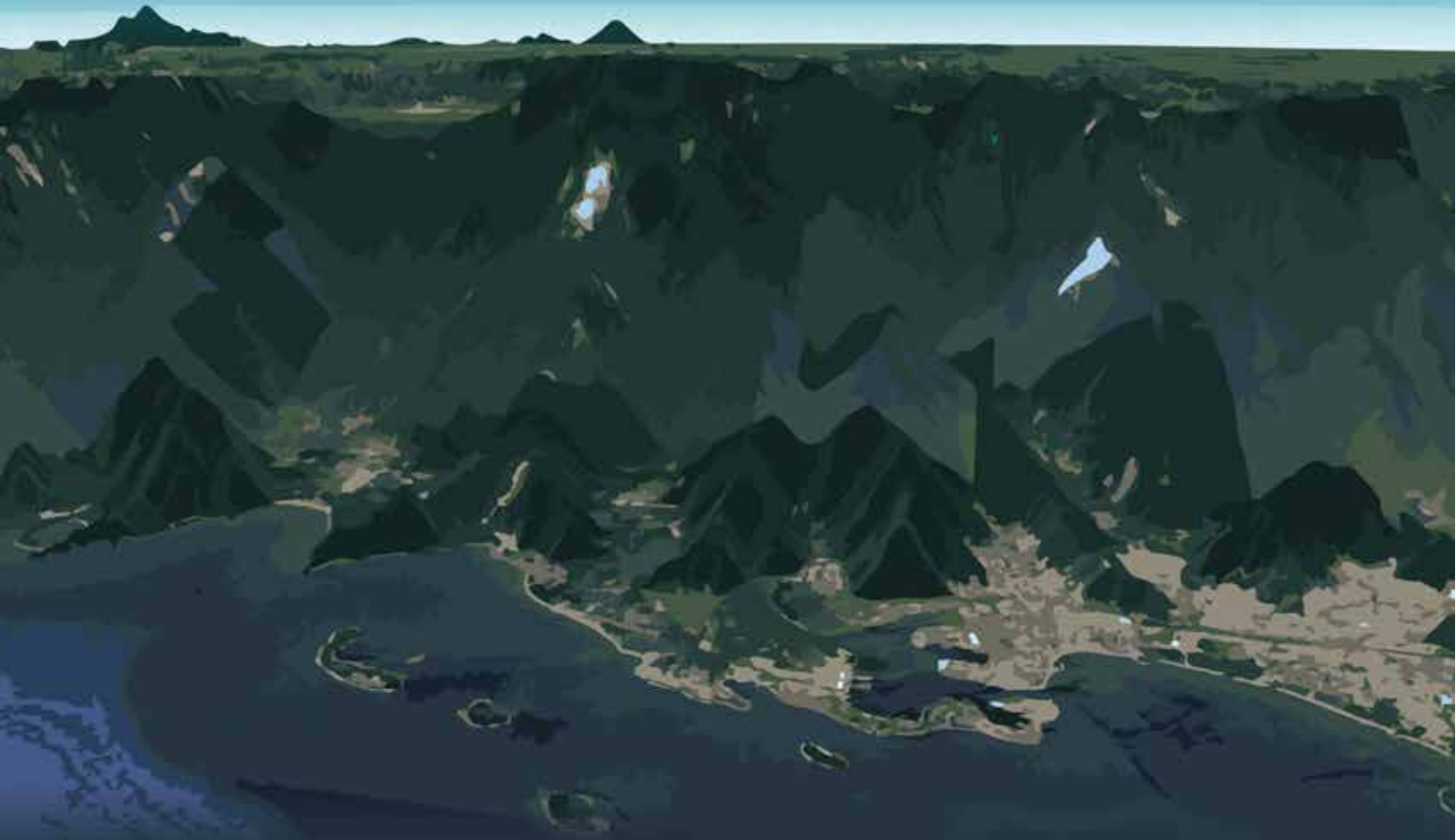
- de 2013. Documento en línea. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col130738anx.pdf> [Consulta: septiembre, 15, 2017]
- Gil, C (2015) *El desarrollo sustentable y análisis de su impacto en los códigos de ética ingeniería en dos países latinoamericanos*. Revista Provincia. N° 34. Pp 11-24. Documento en línea. Disponible en: [www.saber.ula.ve/handle/123456789/41720](http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/41720) [Consulta: febrero 23, 2018]
- Ibañez, S y otros (2008) *Morfología de las Cuencas Hidrográficas*. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/morfología>. [Consulta: Octubre, 8, 2017]
- Lux, B (s/f) *Conceptos básicos de Morfometría*. Documento en línea. Disponible en: [http://www.academia.edu/25058750/Conceptos\\_b%C3%A1sicos\\_de\\_Morfometr%C3%ADa\\_de\\_Cuencas\\_Hidrogr%C3%A1ficassustentable](http://www.academia.edu/25058750/Conceptos_b%C3%A1sicos_de_Morfometr%C3%ADa_de_Cuencas_Hidrogr%C3%A1ficassustentable) [Consulta: septiembre, 8, 2017]
- Quiroz, I y otros (2015) Desarrollo sustentable, ¿Discurso político o necesidad urgente? Documento en línea. Disponible en: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num3/contenido>. [Consulta: Marzo, 03, 2018]
- Ramírez López, J. (2015). *Alternativas de manejo sustentable de la subcuenca del río Pitura, Provincia de Imbabura, Ecuador*. SEDICI. Documento en línea. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49801/> [Consulta: septiembre, 6, 2017]
- World Vision Canadá (2004) Manual manejo de cuencas. Documento en línea. Disponible en: [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/11/manual\\_manejo\\_de\\_cuencas\\_introducción.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/11/manual_manejo_de_cuencas_introducción.pdf). [Consulta: septiembre, 8, 2017]
- Yaguachi, T. (2013) *Diagnóstico Ambiental y Desarrollo del Plan de Manejo y Conservación de la Subcuenca del Río Chillayacu de la Cuenca Media del Río Jubones en la Provincia de el Oro*. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador, 188 p. (Inédito). Documento en línea. Disponible en: [www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1282](http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1282). [Consulta: septiembre, 6, 2017]

**Anexos:**

**Anexo A: GUIA TECNICA DE HIDROLOGIA ESTUDIO DE LA CUENCA  
CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERIA CIVIL EN EL  
MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL**

# GUIA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA

ESTUDIO CUENCA CONTRIBUYENTE



Aplicado a la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental

**Tutor**

Ing. Castillo Emerly

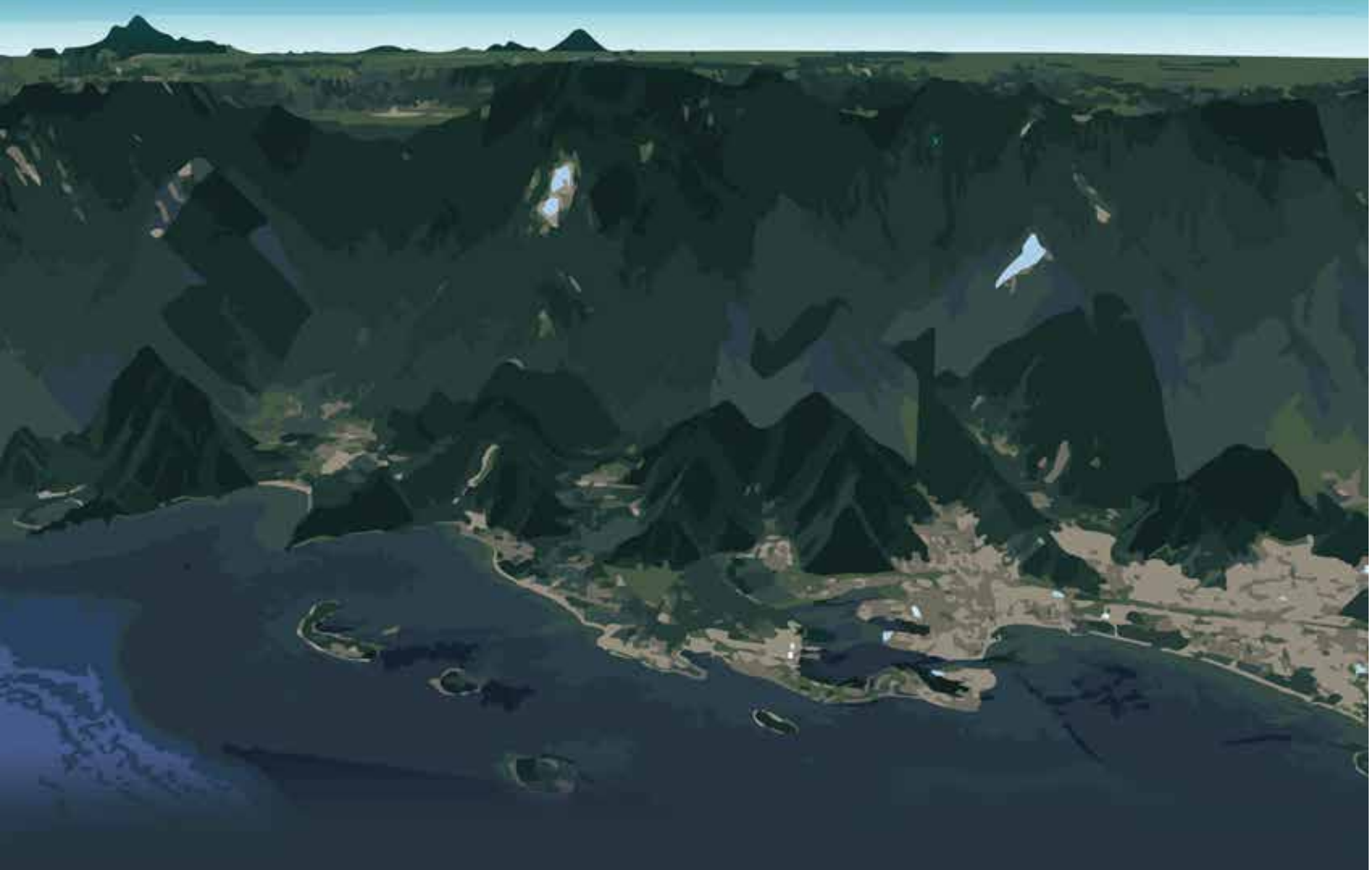
**Autores**

Gravina Gerardo  
Rondón Jesús

Abril, 2018



Universidad José Antonio Paez  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil



**Tutor**  
Ing. Castillo Emerly

**Autores**  
Gravina Gerardo  
Rondón Jesús

Abril, 2018

## Índice

	pp
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I CUENCAS HIDROGRÁFICAS</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Cuencas hidrográficas</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Cuencas hidrográficas y cuenca hidrológica</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Cuenca contribuyente</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Punto de concentración</b>	<b>9</b>
<b>1.5 Cuencas, subcuencas y microcuencas</b>	<b>10</b>
<b>1.6 Tipos de Cuencas hidrográficas</b>	<b>13</b>
<b>1.6.1 Cuenca endorreica</b>	<b>14</b>
<b>1.6.2 Cuenca exorreica</b>	<b>15</b>
<b>1.6.3 Cuenca arreica</b>	<b>16</b>
<b>1.6.4 Cuenca criptorreica</b>	<b>18</b>
<b>1.7 Desarrollo sustentable en la cuenca</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO II PARTES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Partes de la cuenca hidrográfica</b>	<b>20</b>
<b>2.1.1 Red de cauces</b>	<b>22</b>
<b>2.1.2 Divisoria topográfica o parteaguas</b>	<b>26</b>
<b>2.1.3 Vertientes</b>	<b>29</b>
<b>2.1.4 Valle</b>	<b>31</b>
<b>2.1.5 Interfluvios</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO III ANÁLISIS DE FACTORES Y FORMAS</b>	<b>36</b>
<b>3.1 Área</b>	<b>36</b>
<b>3.2 Perímetro</b>	<b>38</b>
<b>3.3 Longitud axial</b>	<b>41</b>
<b>3.4 Ancho promedio</b>	<b>43</b>

	<b>pp</b>
<b>3.5 Factor de forma</b>	<b>43</b>
<b>3.6 Coeficiente de compacidad</b>	<b>44</b>
<b>3.7 Razón de alargamiento</b>	<b>46</b>
<b>CAPITULO IV RED HIDROGRÁFICA</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Orden de los cauces</b>	<b>48</b>
<b>4.2 Densidad de drenaje</b>	<b>57</b>
<b>4.3 Razón de bifurcación</b>	<b>58</b>
<b>4.4 Longitud de cauce principal</b>	<b>62</b>
<b>4.5 Perfil longitudinal</b>	<b>63</b>
<b>4.6 Pendiente media del cauce</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO V PARÁMETROS DE RELIEVE</b>	<b>70</b>
<b>5.1 Elevación media</b>	<b>70</b>
<b>5.2 Pendiente media de la cuenca</b>	<b>74</b>
<b>5.3 Curvas hipsométricas</b>	<b>84</b>
<b>CAPÍTULO VI TIEMPO DE CONCENTRACIÓN</b>	<b>89</b>
<b>6.1 Tiempo de concentración (Tc)</b>	<b>89</b>
<b>6.1.1 Fórmula de Kirpch</b>	<b>92</b>
<b>6.1.2 Dirección General de Carreteras</b>	<b>93</b>
<b>6.1.3 Bransby-William</b>	<b>97</b>
<b>CAPÍTULO VII COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA</b>	<b>102</b>
<b>7.1 Tipos de escorrentía</b>	<b>102</b>
<b>CAPÍTULO VIII LA CUENCA CONTRIBUYENTE APLICADA A LA</b>	<b>106</b>
<b>INGENIERIA CIVIL EN EL MARCO DE LA</b>	
<b>SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL</b>	
<b>8.1 Desarrollo Sustentable. Definición y alcance</b>	<b>106</b>

<b>8.2 Dimensiones de la sustentabilidad</b>	<b>107</b>
<b>8.3 La Ingeniería Civil y el desarrollo sustentable</b>	<b>108</b>

## Introducción

El estudio de la Hidrología es uno de los conocimientos más importantes que debe saber aplicar el ingeniero civil y ha llegado a convertirse en parte fundamental de los proyectos de ingeniería debido a que esta competencia es fundamental para el planeamiento, diseño y operación de los proyectos hidráulicos, orientados hacia los parámetros hidrológicos de diseño.

Esta ciencia involucra el conocimiento de otros saberes, y con el avance tecnológico, en especial con los sistemas de información geográfica, se ha logrado perfeccionar los cálculos y la simulación de ocurrencia de eventos a futuro. Es importante destacar la creciente preocupación por los temas ambientales, en especial el referido a la contaminación de los recursos hídricos y la problemática que esta conlleva, por lo que es necesario tomarla en consideración, no solo por el aspecto ético, sino por la influencia que pueda tener para la planeación de cualquier proyecto que se desee desarrollar.

A pesar de estas consideraciones, la Hidrología es poco conocida y apreciada por lo que el objetivo primordial de esta **Guía técnica de hidrología estudio, de la cuenca contribuyente y su aplicación en la ingeniería civil en el marco de la sustentabilidad ambiental**, es lograr que el futuro ingeniero civil maneje los conceptos básicos referidos a la cuenca contribuyente, su alcance e importancia como unidad básica para el diseño y planificación, a la vez que desarrolla la capacidad de realizar cálculos morfométricos de la cuenca contribuyente, para el desarrollo de proyectos en el marco de la sustentabilidad ambiental.

La Guía de Hidrología está conformada por (08) capítulos a saber:

CAPÍTULO I: Cuencas Hidrográficas.

CAPÍTULO II: Partes de una cuenca hidrográfica.

CAPÍTULO III: Análisis de factores y formas.

CAPÍTULO IV: Red Hidrográfica.

CAPÍTULO V: Parámetros de relieve.

CAPÍTULO VI: Tiempo de Concentración.

CAPÍTULO VII: Coeficiente de escorrentía.

CAPÍTULO VIII: Sustentabilidad.

Al comienzo de cada capítulo hay una breve introducción del tema, luego se desarrolla la teoría y finaliza con el ejercicio práctico, que en este caso es el referente al río Borburata, ubicado en Puerto Cabello, estado Carabobo.

Finalmente se presenta la bibliografía utilizada para la elaboración de la guía y que servirá al estudiante para profundizar en sus conocimientos.

## **CAPÍTULO I CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

Para abordar la presente guía, se hace necesario partir del conocimiento del agua como elemento presente en la naturaleza, la cual se mueve según una secuencia de procesos físicos que constituye el ciclo hidrológico. Las características del espacio geográfico donde se produce el ciclo hidrológico, la presencia de importantes masas de agua como lagos o ríos, la manera en cómo se distribuye incide en la conformación de una cuenca hidrográfica. El análisis del ciclo hidrológico, así como los conceptos elementales de una cuenca hidrológica, son conocimientos indispensables, para el aprovechamiento de los recursos hídricos y la planificación de proyectos hidráulicos.

### **1.1 Cuencas hidrográficas.**

Una cuenca hidrográfica es el área físico-geográfica delimitada por divisorias topográficas o edáficas en donde las aguas superficiales y subterráneas desembocan en una red natural mediante vertientes que confluyen a su vez en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (Valderrama, 1985).

También la cuenca hidrográfica se puede definir como “una unidad del territorio que capta la precipitación, transita el escurrimiento y la escorrentía, hasta un punto de salida en el cauce principal o igualmente, es un área limitada por una divisoria topográfica que drena a un drenaje común”. (Bastidas, 2007).

En la actualidad, el concepto de cuenca se connota tomando en consideración todos los factores que lo afecten, tomándola como un componente del ambiente, es por ello que Aguilar (2007) afirma:

...también se ha establecido que la cuenca es, esencialmente, un espacio social producido por el conjunto de las relaciones e interacciones sociales de apropiación y uso de los recursos que ella contiene. Es decir, los recursos naturales y los habitantes de las cuencas poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares. (p.15)

En el mismo orden de ideas y tomando la cuenca hidrográfica como un sistema compuesto por múltiples interrelaciones, entre sus componentes se puede añadir:

En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales y la infraestructura creada por las personas, en las cuales desarrollan sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica. (World Visión, p. 10)

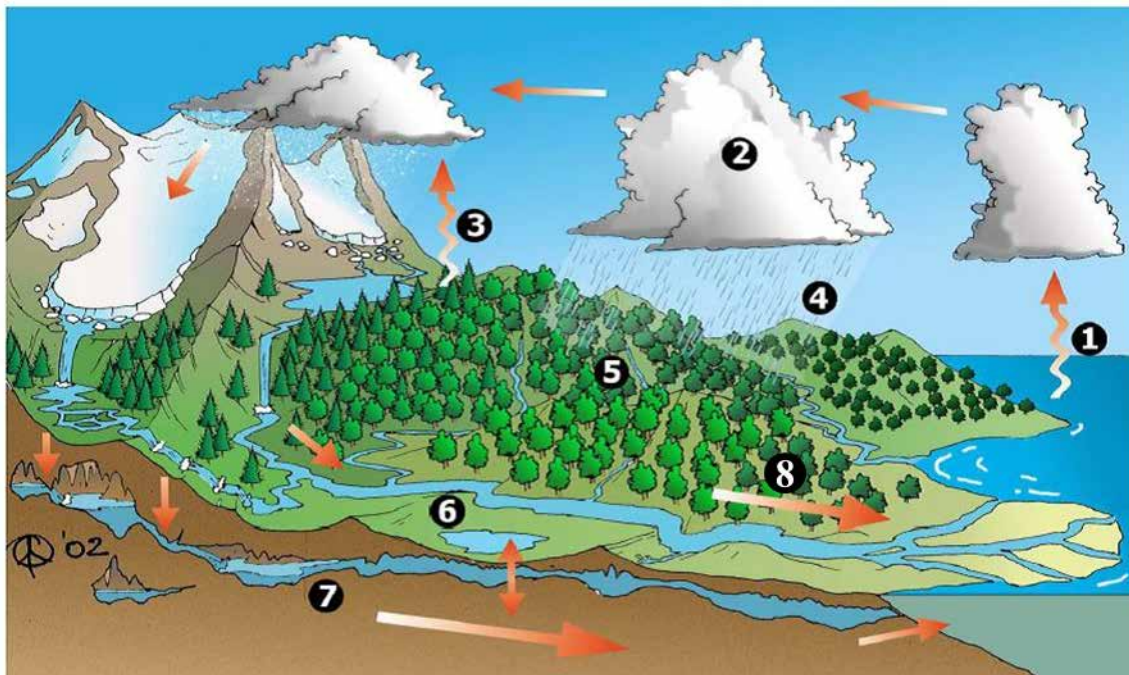
Las cuencas hidrográficas como unidad hidrológica natural presentan unas interrelaciones entre los subsistemas: biofísico, económico y socio-cultural. El sub sistema físico entendido como el suelo, subsuelo, recursos hídricos, geomorfología, biodiversidad, clima, aire, flora, fauna y los recursos sembrados por el hombre y determinados por unas condiciones particulares de cada sitio y que señalan una oferta ambiental característica para cada unidad. El subsistema económico entendido como la oferta, calidad, disponibilidad, aprovechamiento de los recursos naturales presentes en la cuenca y las actividades productivas que realiza el hombre en la misma. El subsistema socio-cultural integrado por los elementos demográficos, institucionales, tenencia de la tierra, salud, educación, vivienda, culturales, tradiciones, creencias, organizacionales, políticos, entre otros.

Estos elementos de los subsistemas de una cuenca hidrográfica son fundamentales ya que conforman un grupo natural de interrelaciones, donde se realizan flujos de

materia y energía donde cada uno cumple una función determinada que garantiza el equilibrio en la unidad.

Además en la cuenca hidrográfica, como proceso de los flujos de materia y energía, se producen entradas y salidas, por ejemplo, el ciclo hidrológico permite cuantificar que a la cuenca ingresa una cantidad de agua por medio de la precipitación y otras formas; y luego existe una cantidad que sale de la cuenca, por medio de su río principal en las desembocaduras o por el uso que adquiera el agua; esto quiere decir que estas entradas y salidas producen interrelaciones en la cuenca.

**Fig.1.1** Ejemplo de Cuenca Hidrográfica y de Ciclo Hidrológico



**Evaporación (1), Condensación (2), Evapotranspiración (3), Precipitación (4), Transpiración (5), (6) Infiltración, Percolación (7), Escorrentía (8).**

**Fuente:** <http://www.am.ub.edu/floodup/wp-content/uploads/2015/04/ciclo.jpg>  
Adaptación de Gravina y Rondón (2017)

El ciclo hidrológico como proceso de ocurrencia en la cuenca hidrográfica es de suma importancia ya que de este ciclo depende el desarrollo del agua sobre la cuenca y la relación que tendrá la cuenca como respuesta a este ciclo.

Adicionalmente en las cuencas hidrográficas se distinguen por lo general tres partes: Alta, Media y Baja, estas estarán determinadas por la topografía del medio en que se encuentre y que pueden influir en el uso de los recursos y en sus procesos meteorológicos (Llerena, 2003).

En el mismo orden de ideas Arreola citado por Ordoñez (2011), establece que “las cuencas tienen un funcionamiento territorial altitudinal ya que implica la relación directa entre las partes altas, cercanas al parteaguas, la zona de tránsito o intermedia y la parte baja de deposición y desembocadura, de tal forma que la parte alta afecta de manera determinante a la parte baja” (p. 9)

Las zonas altas de una cuenca corresponden a las áreas de montañas limitadas en su parte superior por el parteaguas, las zonas medias es el lugar donde se reúnen las aguas recogidas en las partes altas, se encuentran los valles y en donde el río principal mantiene un cauce definido, mientras que las zonas bajas o transicionales, es el lugar donde el río drena a ríos mayores o a zonas bajas, pudiendo llegar a humedales o estuarios.

**Tabla 1.1** Zonificación de la Cuenca.

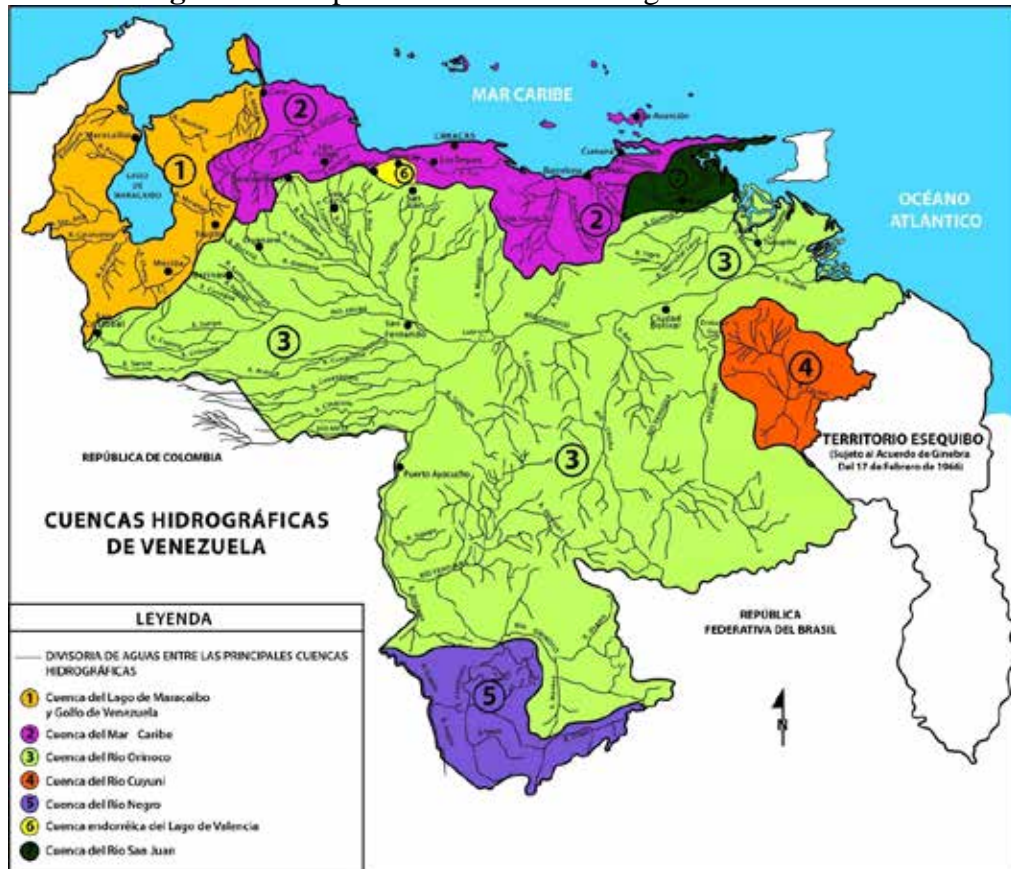
	<b>Zona alta</b>	<b>Zona media</b>	<b>Zona baja</b>
	<b>Montaña y colinas</b>	<b>Valle aluvial</b>	<b>Delta</b>
<b>Procesos dominantes</b>	Erosión	Transporte	Sedimento
<b>Influencia</b>	Lito/Relieve	Erosión-Sedimentación	Fluvio-marina

**Fuente:** Pladeyra (2003)

Establecer, en función de la altitud, las partes de una cuenca permite comprender más las interrelaciones entre los elementos de la misma, ya que si la parte alta de la cuenca es irracionalmente deforestado, posiblemente en épocas lluviosas se produzcan inundaciones en las partes bajas (World Vision, 2004). De igual forma identificar esas zonas nos permite conocer los procesos dominantes en la cuenca y así conocer la influencia que pudiera tener, esto es importante tenerlo en cuenta para realizar manejos de cuencas u obras civiles.

En la siguiente imagen se muestra las siete (07) principales cuencas hidrográficas de Venezuela, estas contienen toda la red hidrográfica que pertenece al País (mostrando los principales ríos de Venezuela); en ella además se muestra una división hidrológica de Venezuela que depende de las características de cada cuenca regido por su relieve topográfico y de su respectiva red de cauces con su correspondiente ciclo hidrológico que lo influye.

**Figura 1.2** Mapa de las Cuencas Hidrográficas de Venezuela



**Fuente:** <http://www.sigavenezuela.com.ve>

## 1.2 Cuenca hidrográfica y cuenca hidrológica.

Los conceptos de cuenca hidrográfica y cuenca hidrológica suelen confundirse, interpretándose a un mismo concepto, diferenciar estos conceptos es de suma importancia ya que cada uno de ellos hace una delimitación para unidades de estudio diferentes.

Por esta razón el concepto de ciclo hidrológico nos aporta una visión de desarrollo del agua en la cuenca y así comprender el enfoque de las cuencas hidrográficas e

hidrológicas, sustentando lo anteriormente dicho World Vision (2004.) define la cuenca hidrográfica e hidrológica usando el concepto de ciclo hidrológico:

Según el concepto de ciclo hidrológico, toda gota de lluvia que cae al suelo, continua en forma de escurrimiento e infiltración, luego va a lugares de concentración, allí parte se evapora y vuelve al espacio para formar el ciclo. Luego que la gota de lluvia se infiltra, satura el suelo, pasa a percolación profunda y recarga los acuíferos. En este desplazamiento vertical, el agua se puede encontrar con estratos impermeables (rocas duras) que movilizarán las partículas de agua dependiendo de la forma y tipo de rasgos geológicos. Cuando el relieve y fisiografía, tienen una forma y simetría diferente a la configuración geológica de la cuenca, se puede decir que existe una cuenca subterránea, que cambia la dirección del flujo subsuperficial para alimentar a otra cuenca hidrográfica. A ésta configuración se denomina cuenca hidrológica, la cual adquiere importancia cuando se tenga que realizar el balance hidrológico. (p. 12)

Por consiguiente podemos interpretar que cuando la divisoria de la cuenca hidrográfica es diferente de la cuenca hidrológica se presentaran aguas superficiales y aguas sub-superficiales las cuales tendrán comportamientos diferentes y en los cuales podemos observarlo en la imagen siguiente:

**Figura 1.3** Ejemplo de división hidrográfica e hidrológica de la cuenca



**Fuente:** World Visión 2004. p. 12)

### **1.3 Cuenca contribuyente.**

Cuando se habla de cuenca contribuyente se hace mención a aquella cuenca que está determinada por un punto, este punto sería el punto de concentración, buscando evaluar y conocer las características de esa cuenca y el posible comportamiento del agua sobre ella. Al seleccionar un punto para el estudio en la hidrología se generara un área, que contendrá igualmente las partes de una cuenca, estas no necesariamente serian cuencas hidrológicas o hidrográficas. El estudio de las cuencas contribuyentes para la ingeniería civil aplicando la hidrología es necesaria, ya que normalmente estos puntos que van a determinar las cuencas son seleccionados para estudiarlos porque podrán ser la ubicación de posibles obras civiles.

Existen casos cuando en vez de cuencas contribuyentes se utiliza el termino áreas contribuyentes, este caso será utilizado cuando sean espacios reducidos y estas áreas no presenten una red que drene el agua que cae sobre ella, pero si se presente un escurriendo superficial. Para el caso de áreas contribuyentes se tendrá de igual

manera un punto a donde converge el agua que se escurrió sobre esa área.

#### **1.4 Punto de concentración.**

El concepto de cuenca hidrográfica está relacionado a los cuerpos de agua que en ella transitan, sobre todo al cauce principal y a un punto donde convergen estos cuerpos de agua llamado punto de concentración, ya que a ese punto llegará el agua drenada por la cuenca y este determinará la sección de la misma. El punto de concentración resultará como el punto más bajo de la cuenca.

De la definición del punto de concentración surge la pregunta ¿cuál es este punto? Y ¿cómo determinarlo?, este punto estará definido de acuerdo a la necesidad del estudio en que será utilizado, por lo que se puede ubicar de varias maneras:

- Cuando se hace mención de un cuerpo de agua principal, el punto de concentración será aquel donde esté su desembocadura, pudiendo ser el mar o encontrándose dentro de la cuenca, para algunos casos de cuencas cerradas, pero cuando son cuerpos de aguas secundarios o ríos pequeños este punto de concentración estará en el punto donde desemboca a un río principal. Para ambos casos son puntos de concentración determinados para las cuencas de esos ríos.
- También se puede determinar el punto de concentración en un lugar donde se vaya a realizar una obra civil, siendo de gran importancia para así evaluar el comportamiento de la cuenca sobre ese punto determinado, obteniendo así un diseño adecuado que soporte el desarrollo del agua sobre la obra. En conclusión se puede definir en cualquier punto sobre un río principal, secundario o sobre cualquier parte del terreno donde se vaya a desarrollar una obra civil, delimitando

así la cuenca a estudiar y obteniendo una sección muy diferente a la trazada para la cuenca de un río principal.

- El punto de concentración, se puede fijar en un punto donde se tenga un sitio de mediciones de corriente, para así evaluar cómo se comporta el agua que esta aguas arriba de ese punto.

La importancia del punto de concentración radica en la red de cauces de todo el sistema hidrológico a estudiar, este punto se ve contribuido por todas las aguas de precipitación que escurrirán sobre la cuenca, en definitiva, determinarlo designa el punto de estudio más importante y vulnerable (por ser el punto de menor elevación y mayor captación de agua) para el cálculo hidrológico. Para la ingeniería de obras civiles el punto de concentración determina la factibilidad o las consideraciones que hay que tener en la misma para adaptarla al sistema hidrológico y permitir un buen desenvolvimiento de la obra sin afectar la cuenca aguas arriba. Identificar el punto de concentración determina el tamaño de la cuenca y el área de aporte a ese punto y las características de las divisorias

### **1.5 Cuencas, subcuencas y microcuencas.**

La cuenca hidrográfica puede dividirse en espacios definidos por la relación entre el drenaje superficial y la importancia que tiene con el curso principal. El trazo de la red hídrica es fundamental para delimitar los espacios en que se puede dividir la cuenca. (World Visión, 2004.)

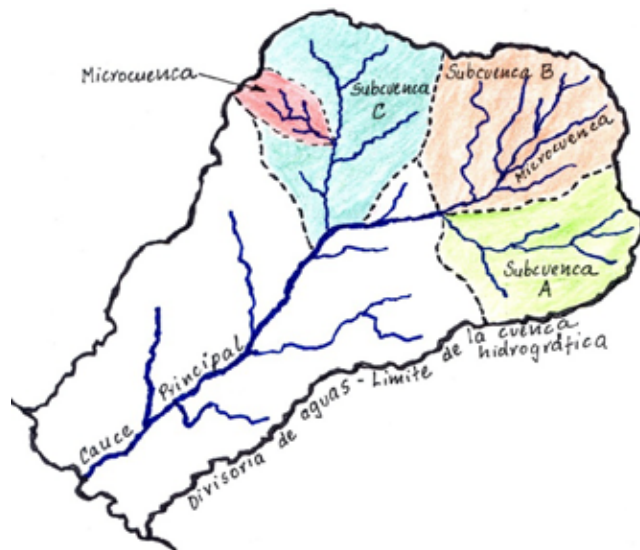
Existen dentro de la red hídrica diferentes afluentes o cauces, que definirán las divisiones de la misma, es por ello que World Visión (2004) expone que: A un curso principal llega un afluente secundario, este comprende una subcuenca. Luego al curso

principal de una subcuenca, llega un afluente terciario, este comprende una microcuenca, además están las quebradas que son cauces menores.

Tomando en consideración que para los cuerpos de agua principales tendremos una cuenca, y a su vez este cuerpo de agua es ramificado por secundarios, terciarios y otros menores que componen el sistema total de una cuenca. El sistema que define los cuerpos de agua secundarios se llaman sub cuencas, que no es más que una división de la misma, por lo tanto una cuenca estará dividida por muchas subcuencas. Por consiguiente estos cauces terciarios que son desembocados en los cauces secundarios, van a determinar el comportamiento de las microcuencas, siendo estas una división de las subcuencas y una subdivisión de las cuencas. Por lo tanto se podría decir que una cuenca podrá tener muchas subcuencas, pero tendrá más microcuencas.

Esta definición queda ilustrada en la imagen siguiente

**Figura 1.4** Ejemplo de división de cuenca, subcuenca y microcuenca.



**Fuente:** <http://ley.exam-10.com/doc/42170/index.html>

En la imagen anterior se puede observar una cuenca (la cual corresponde a una cuenca hidrográfica, siendo esta hipotética) que es delimitada por su divisoria de aguas expresada por una línea negra continua, dentro de esta superficie encerrada por las líneas divisorias se encuentra el cauce principal que define el patrón de drenaje de la cuenca. Se puede notar en la imagen que dentro de la cuenca existen tres subcuencas identificadas como A, B y C (encerradas con línea negra punteada), las cuales poseen una red de cauces que convergen al cauce principal, además la subcuenca C posee una microcuenca la cual drena a la red principal de la subcuenca C.

De igual forma dentro de esta cuenca hidrográfica se pudieran identificar más subcuencas y microcuencas que las ilustradas en la imagen. A través de esta imagen se puede visualizar como podría ser esta clasificación planteada en la definición, siempre tomando en cuenta que tendremos una dentro de otra y la posibilidad de existir múltiples subcuencas y microcuencas dentro de una cuenca. Para algunos autores esta clasificación de las cuencas se realiza en función de la extensión de área que estas ocupan, estableciendo así unos parámetros vertiginosos de clasificación generalizados.

Según (Bastidas, 2007), se dividen en:

- Cuenca: Cuando poseen más de 60.000 hectáreas
- Subcuenca: Cuando poseen entre 10.000 y 60.000 hectáreas.
- Microcuenca: Cuando poseen menos de 10.000 hectáreas.

De igual manera el Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Suelos (CIDIAT- MARNR, 1978). Este sistema de clasificación es el siguiente:

- Sistema hidrográfico (+ de 300.000 ha)

- Cuencas (60.000 - 300.000 ha)
- Subcuencas (10.000 - 60.000 ha)
- Microcuenca (< 10.000 ha)

Por su parte, Faustino y Jiménez (2000), plantean una clasificación relacionada al tamaño de la cuenca en km<sup>2</sup> con el número de orden y/o drenaje, esta clasificación es la siguiente:

**Tabla 1.2** Clasificación de cuenca, subcuenca y microcuenca.

Unidad	N° de orden	Área (km <sup>2</sup> )
Microcuenca	1,2,3	10-100
Subcuenca	4,5	100-700
Cuenca	6,7 o más	700-6000

**Fuente:** Faustino y Jiménez (2000)

Sin embargo, las clasificaciones son relativas, ya que para algunos casos no podrán aplicarse a ciertas condiciones donde las áreas no cumplan en magnitud las características de las divisiones. Por esta razón, Faustino y Jiménez (2000), consideran que muchas veces “...se deja a criterio de los especialistas quienes de acuerdo a la complejidad, detalles requeridos e importancia puedan distinguir que significa una cuenca grande o pequeña, o que considera una subcuenca o microcuenca (p. 5)”.

Por lo anteriormente dicho y en conclusión, al momento de seleccionar si se está en presencia de una cuenca, subcuenca o microcuenca, la decisión quedará a cargo de los especialistas encargados de realizar el estudio, ya que cada caso es muy aislado de otro, por eso cuando se citaron las clasificaciones de diferentes autores, se expresó que estos eran unos parámetros de clasificación generalizados.

## **1.6 Tipos de cuencas hidrográficas.**

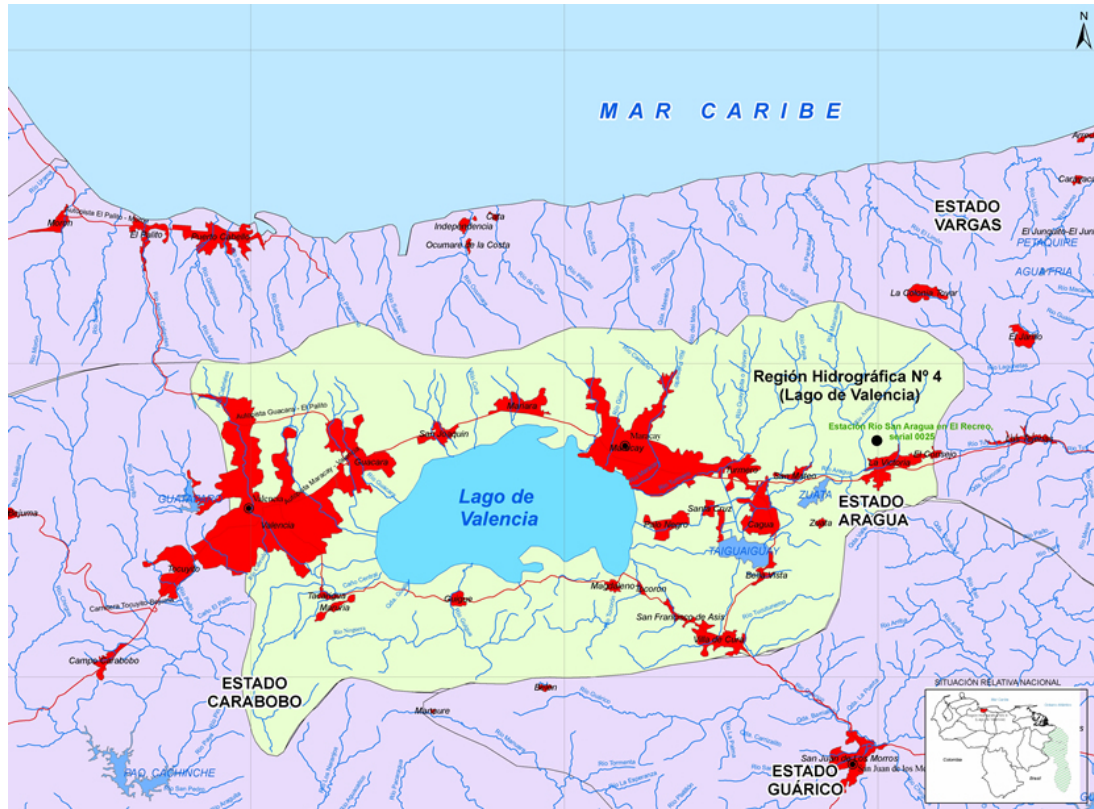
Existen diversos tipos de cuencas hidrográficas de acuerdo al sistema de drenaje y su conducción final, sin embargo entre las aplicables a la ingeniería civil tenemos:

### **1.6.1. Cuenca endorreica.**

Es un área en la que el agua no tiene salida fluvial hacia el océano, por lo tanto cualquier precipitación que caiga en la misma queda allí y la única forma de controlar su nivel de agua es a través de la infiltración y la evaporación, estas cuencas son de tipo cerrado es decir que los ríos desembocan en cuerpos de agua sin salida al mar (generalmente lagos o lagunas).

La causa de la formación de este tipo de cuencas reside principalmente en el clima (evaporación excesiva respecto a la importancia de las precipitaciones) o en la naturaleza del terreno, que, de ser muy permeable, permite una infiltración rápida de las aguas pluviales, en algunos casos concurren ambas circunstancias: la rápida evaporación del agua y el volumen excesivo de la que se infiltra hacen disminuir progresivamente el caudal del río a lo largo de su curso quedando así agotado antes de que llegue a juntarse con otro río de la red hidrográfica o que alcance el nivel de mar. Un ejemplo de este tipo de cuencas es la del Lago de Valencia ubicado entre los estados Carabobo y Aragua, en Venezuela.

**Figura 1.5** Ejemplo de la cuenca endorreica del Lago de Valencia, Estado Carabobo.



**Fuente:**

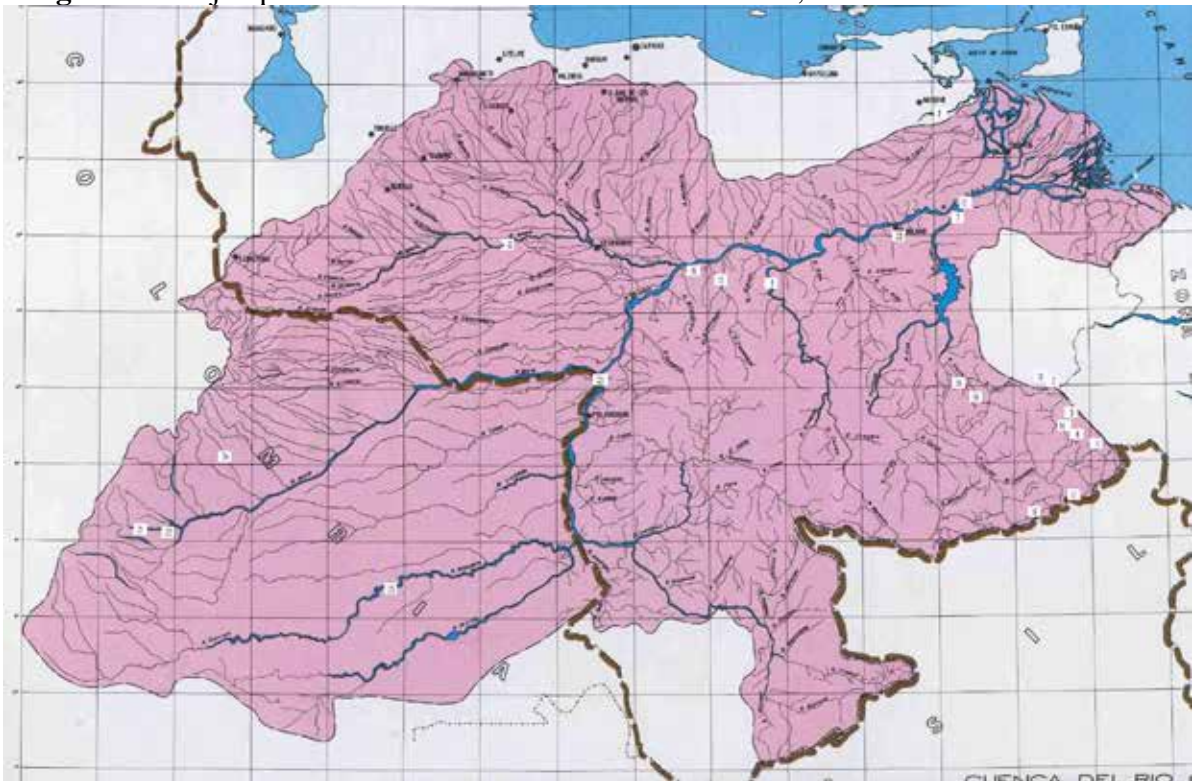
<https://regiondevalmar.files.wordpress.com/2012/05/cuenca-lago.jpg?w=640&h=473>

### 1.6.2. Cuencas exorreicas.

Las cuencas exorreicas son cuencas de tipo abiertas de circulación de agua por las superficies de tierra, cuyos ríos principales de recolección y drenaje terminan desembocando en el mar, es decir, fuera del territorio de la misma. Estas cuencas presentan muchos elementos y características complejas a lo largo del ciclo de agua de todo su sistema. Los sistemas abiertos contienen un gran rango de entradas,

almacenamientos y flujos, como ejemplo tenemos la cuenca del Orinoco cual es la de mayor extensión de área en Venezuela.

**Figura 1.6** Ejemplo de la cuenca exorreica del río Orinoco, Venezuela.



**Fuente:**

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/Cuenca\\_del\\_Orinoco\\_2.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/Cuenca_del_Orinoco_2.JPG)

### 1.6.3. Cuenca arreicas.

Es una cuenca hidrográfica cuyas aguas no desembocan ni en lagos ni en mares, pues se evaporan o se infiltran al suelo, desapareciendo la misma. Las cuencas arreicas se suelen presentar en zonas áridas o desérticas donde existen pequeños cursos de agua de carácter temporal o intermitente que se evaporan o infiltran en el

terreno hasta desaparecer. Las cuencas arréicas se relacionan con las cuencas endorreicas en que ambas carecen de red de desembocadura al mar sin embargo se diferencian en que las arréicas son cuencas temporales y las endorreicas cuencas permanentes, en Venezuela no existen estos tipos de cuencas.

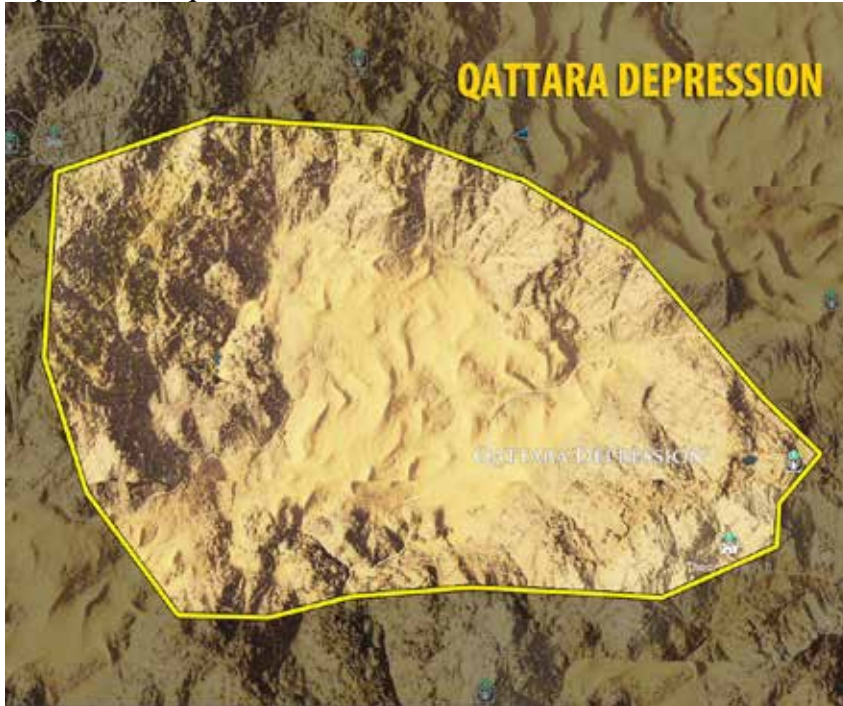
Como ejemplo de estas cuencas tenemos la depresión de Qattara situada en Libia.

**Figura 1.7** Ejemplo de la cuenca arreica de la depresión de Qattara (Libia) en épocas de lluvia.



**Fuente:** <https://i.redditmedia.com/>

**Figura 1.8** Ejemplo de la cuenca arreica de la depresión de Qattara (Libia) en épocas de sequía.



**Fuente:**

[https://guides.gamepressure.com/static/mapy/en/gfx/map\\_2060.jpg](https://guides.gamepressure.com/static/mapy/en/gfx/map_2060.jpg)

#### **1.6.4. Cuenca criptorréicas.**

Este tipo de cuenca corresponde a la red de drenaje subterránea común en las cuevas y los acuíferos que se alimentan de las aguas provenientes de las precipitaciones que luego se infiltran a través de los poros de los suelos, y cuya importancia radica en que define como se distribuye toda la red de agua no superficial.

#### **1.7 Desarrollo sustentable en la Cuenca.**

La Cuenca como unidad geográfica constituye un ámbito biofísico ideal para caracterizar, diagnosticar, evaluar y planificar el uso de los recursos (Faustino y Jiménez, 2000, p. 3).

Las cuencas son una unidad hidrológica natural, del cual se interrelacionan los recursos existentes en ellas, por eso la importancia de realizar un manejo integrado efectivo de sus recursos naturales y sobre todo en vista del crecimiento de la población que ha generado demandas para satisfacer necesidades como alimentación u otras actividades para el desarrollo, por esta razón Faustino y Jiménez (2000) expresan que: “Una de las bases que sustentan el desarrollo son los recursos naturales suelo, agua, bosque y biodiversidad; de su buen manejo y uso apropiado dependen la calidad ambiental y el bienestar del hombre...”(p. 3), pero la satisfacción de esas necesidades ha generado en los últimos años consecuencias importantes como la degradación de esos recursos que generan conflictos socio ecológicos y pobreza.

Para realizar el manejo integrado de los recursos presentes en una cuenca una opción efectiva es hacerlo mediante un manejo de cuencas, donde se estudian todos los factores e interrelaciones presentes en ellas y sus influencias, para conocer las posibles afectaciones y así tratar de lograr un uso eficiente de los recursos. Para realizar un manejo de cuencas es importante establecer las características de la cuenca en cuanto a su morfología se refiere, ya que sobre y en la misma se desarrollará todas las interrelaciones y las posibles entradas y salidas por los flujos de materia y energía.

El desarrollo sustentable en la Cuenca busca el aprovechamiento de los recursos sin generar mayores afectaciones, por eso la importancia del uso del desarrollo sustentable en la ingeniería civil y como herramienta presente en la hidrología, ya que a la hora de calcular, planear o ejecutar obras civiles se tenga presente el desarrollo sustentable para un buen manejo de los recursos naturales de la

cuenca, conociéndola así profundamente y lograr entenderla para adecuar efectivamente la obra a ese sistema natural.

**Ejercicios propuestos:**

- 1. Ubicar tres cuencas hidrográficas utilizando la herramienta de Google Earth.**
- 2. Ubique el punto de concentración de las cuencas.**
- 3. Dentro de las cuencas escogidas, ubicar 3 Sub cuencas y 3 microcuencas utilizando la herramienta Google Earth.**
- 4. De las 3 cuencas escogidas anteriormente definir qué tipos de cuencas son y ¿Por qué?**
- 5. Definir con sus propias palabras que es una cuenca contribuyente, cuenca hidrográfica, cuenca hidrológica e identifique sus diferencias.**

## **CAPITULO II**

### **PARTES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA**

El estudio de esta unidad permite conocer la topografía de la cuenca para entender su posible comportamiento y posteriormente entender los resultados de los estudios de la cuenca. En ella se concentra en el estudio de la delimitación de la línea divisoria o parteaguas, trazado de la red de drenaje, siendo estos los datos bases para la próximos capítulos de la guía, todo esto sin restar importancia al estudio de las vertientes, interfluvios y valles.

#### **2.1 Partes de la Cuenca Hidrográfica.**

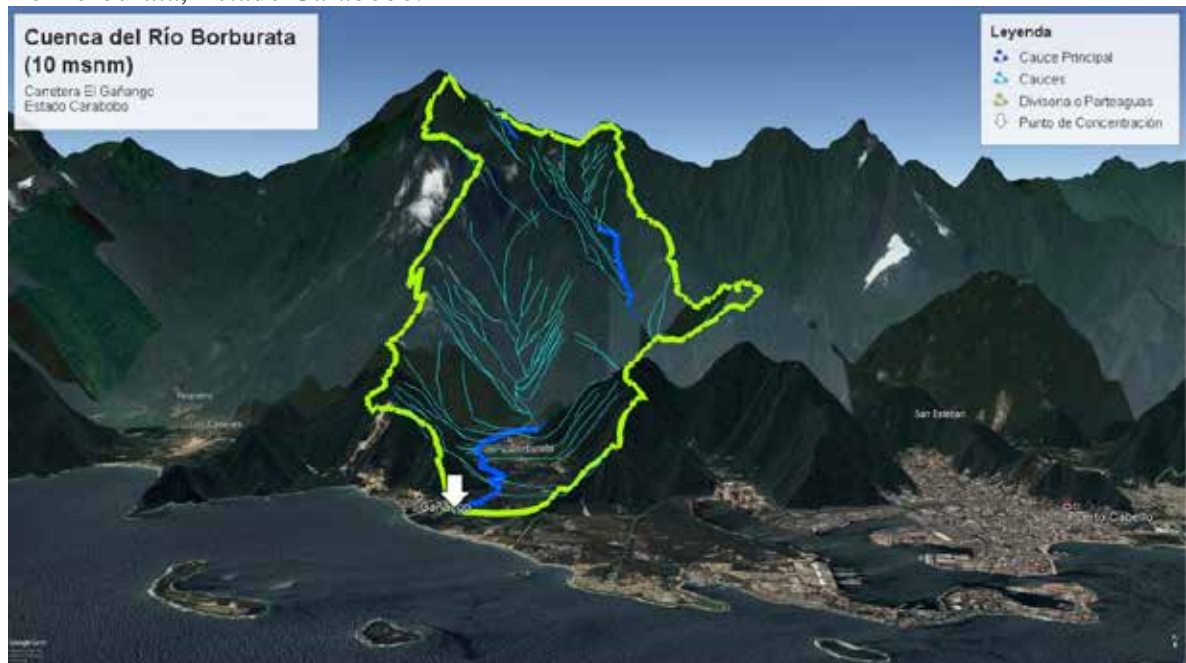
Las cuencas hidrográficas se denotan en cinco partes principales que realizan la configuración de la misma, es por ello que Bastidas (2007), las divide en:

- Divisoria topográfica o parte aguas: Es una línea que circunscribe la cuenca
- hidrográfica a partir de un punto determinado en el cauce. Representa la línea de separación de dos cuencas vecinas.
- La red de cauces: Es el conjunto de depresiones y vaguadas, bien definidas y continuas linealmente por donde se mueve la escorrentía en su búsqueda de salida hacia el nivel base o hacia el mar
- Las vertientes: Estas constituyen el área comprendida desde la divisoria hasta el cauce. Normalmente las vertientes se designan o se identifican con los nombres de vertiente derecha y vertiente izquierda, para conocer cuál es una y cual es otra, se ubica la persona mirando aguas abajo en el sentido del movimiento de la escorrentía.

- El valle: Este representa el área más o menos plana que existe entre la finalización de la vertiente empinada y el cauce. En las partes altas de las cuencas montañosas el valle casi no existe y el perfil transversal tiene forma de V, a diferencia del perfil en forma de U que ocurre donde el valle es más extenso.
- Los interfluvios: Son sectores del terreno, generalmente de forma triangular, que se encuentra entre dos cuencas vecinas y drenan directamente al río receptor.

El análisis de las partes de cuenca es indispensable para la comprensión de la misma ya que la delimitación de estos parámetros, marca el punto de partida para poder realizar el estudio de la cuenca contribuyente y sus posteriores cálculos hidrológicos.

**Figura 2.1** Ejemplo de red de drenaje y línea divisoria o parteaguas de la cuenca del río Borburata, Estado Carabobo.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (basado en Google Earth)

Tomando en cuenta la introducción mencionada por Bastidas (2007) y colocando como ejemplo la red de drenaje y la divisoria de aguas del río Borburata en el estado Carabobo, se expresa detallada y gráficamente cada una de las partes de la cuenca, explicando cómo se ubica y delimita cada una de ellas:

### **2.1.1 Red de cauces.**

La red de cauces se refiere a toda red natural que transporte el agua por medio gravitacional formado por ríos y flujos subterráneos provenientes de la precipitación, gran parte de estos cauces provienen de la infiltración de la capa no consolidada de los suelos constituyendo así la red de cauces o de drenajes, también puede definirse como el conjunto de depresiones y vaguadas, bien definidas y continuas linealmente por donde se mueve la escorrentía en su búsqueda de salida hacia el nivel base o hacia el mar.

Ruiz (2001) define la red de cauces como “la acción de agentes internos (geológicos) y exógenos (clima), producen las diferentes morfologías del relieve, lo cual a su vez determina las formas particulares que exhiben las redes o sistemas de canales que forman la hidrografía de una cuenca o región”. También expresa que:

Eventualmente, el hombre puede modificar artificialmente estos sistemas mediante la construcción de obras de drenajes, derivaciones, embalses o trasbases. Es por ello que el conocimiento de la red fluvial de las cuencas de drenaje se hace necesario por cuanto, a través dicho sistema circula toda el agua vaciada por la precipitación y la intervención a dicho sistema, sin conocimientos, puede generar impacto ambiental aguas bajas, bien sea acelerando el flujo o retardándolo. (p.163)

La red de cauces está compuesta por una red principal que se muestra como la red de mayor longitud y ancho tributario en la cuenca, y por una cantidad de redes secundarias que desembocan en la red principal.

Para la delimitación de la red de cauces de una cuenca se debe contar con un mapa topográfico o planos cartográficos que contenga las curvas de nivel, o con una herramienta digital donde se puedan visualizar las elevaciones del terreno y las redes de los cauces. Para realizar un correcto trazado aconsejamos seguir los siguientes pasos básicos:

- ü Ubicar el punto de concentración de la cuenca a estudiar tomando en consideración que este punto estará en la parte más baja de la cuenca y por lo tanto de la red que vamos a trazar.
- ü A partir del punto de concentración se comienza ubicando todo el desarrollo de esta red hidrográfica con sus respectivas ramificaciones. En el caso de los mapas topográficos podemos identificarla por la simbología en que esté expresada, regularmente se utiliza dos líneas paralelas que van trazando toda la red. En el caso de las herramientas digitales que ilustra el relieve topográfico se puede identificar visualizando canales, ya que estas pueden estar canalizadas a través de una obra hidráulica (canal artificial) o de forma natural (canal natural) donde esta última usualmente tiene abundante vegetación a sus alrededores.
- ü Tomando las consideraciones anteriores se comienza a trazar la red, verificando lógicamente que posea un sentido aguas abajo (siempre tomando en consideración que este trazado tendrá ramificaciones que aportan agua al punto de concentración) y que se tracen todas y cada una de las ramificaciones de la red de cauce.

Ü Luego de trazar todas las posibles ramificaciones continuar con el trazado de la red principal de cauce, recordando que esta será la de mayor longitud y ancho tributario.

**Ejemplo Práctico:**

Rio Borburata, Municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo. Carretera El Gañango (10 msnm). En este sitio se ubica el puente sobre el rio Borburata y por tanto allí se localiza el punto de concentración, a partir de la cual se trazaré la red de drenaje.

**Figura 2.2** Ejemplo del punto de concentración de la cuenca en estudio que se ubica sobre el puente de la carretera El Gañango (10 msnm). A partir de este punto inicia el estudio de toda la red de drenaje.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

Aplicando los criterios explicados anteriormente, se procede al trazado de la red hidrográfica, la cual queda de la siguiente manera:

**Figura 2.3** Vista 3D del trazado de la red de drenaje de la cuenca, incluyendo el cauce principal desde el nacimiento del río (parte más alta) y sus ramales contribuyentes, hasta el punto de concentración.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

**Figura 2.3.1** Vista de planta del trazado de la red de drenaje de la cuenca, incluyendo el cauce principal (que va desde el punto de concentración hasta la parte más alta y más lejos de la cuenca) y sus ramales contribuyentes.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

En las imágenes anteriores se puede observar todo el trazado de la red de drenaje de la cuenca del río Borburata, compuesta por el cauce principal que fue identificado con color azul oscuro, y en donde es posible visualizar que inicia en el punto de concentración y recorre longitudinalmente toda la cuenca ascendiendo hasta la parte más alta de la misma. Esta misma red de cauces posee unas ramificaciones que descargan al cauce principal, y que se resaltaron con color azul claro y mostrando siempre que estas recolectan aguas para llevarlas al cauce principal del río Borburata.

### **2.1.2 Divisoria topográfica o parteaguas.**

La línea divisoria de las aguas, divisoria de drenaje o simplemente divisoria es el límite entre dos cuencas hidrográficas contiguas. Las aguas de lluvia caídas a cada lado de la divisoria acaban siendo recogidas por los ríos principales de las cuencas o vertientes respectivas, pudiendo acabar en destinos muy distantes. Históricamente las

divisoria han sido usadas como criterio para marcar fronteras territoriales, como por ejemplo entre Brasil y Venezuela, con las cuencas del río Amazonas y la del río Orinoco.

Por su parte Ruiz (2001) expresa que la divisoria “está formada por la máxima altura y es llamada así, porque divide las aguas de precipitación en dos dirigiendo la misma hacia una u otra red de drenaje diferente” (p.81)

En todas las cuencas existen las líneas divisorias pero no todas son superficiales es por ello que Ruiz (2001) afirma que:

...Rodeando cada cuenca existe una divisoria superficial o topográfica, la cual demarca el área a partir de la cual se origina el escurrimiento superficial; determinado usualmente por la geología, existe una divisoria subterránea o freática, la cual fija los límites del área que contribuye con agua subterránea a cada sistema fluvial. Esta divisoria no es fija ni permanente (varia con el nivel de agua subterránea). La coincidencia entre ambas divisorias se logra cuando el nivel de agua subterránea es mayor. (p.81)

La divisoria nace a partir del punto de concentración (ver capítulo I) delimitándose según la red de drenaje siempre aguas arriba y termina en la parte más alta del relieve de la cuenca a estudiar.

### **Delimitación de la Divisoria:**

Para la delimitación de la divisoria de una cuenca se debe contar con un mapa que contenga las curvas de nivel bien definidas, o con una herramienta digital georreferenciada en la que se pueda visualizar la elevación del terreno, así como seguir las siguientes reglas básicas:

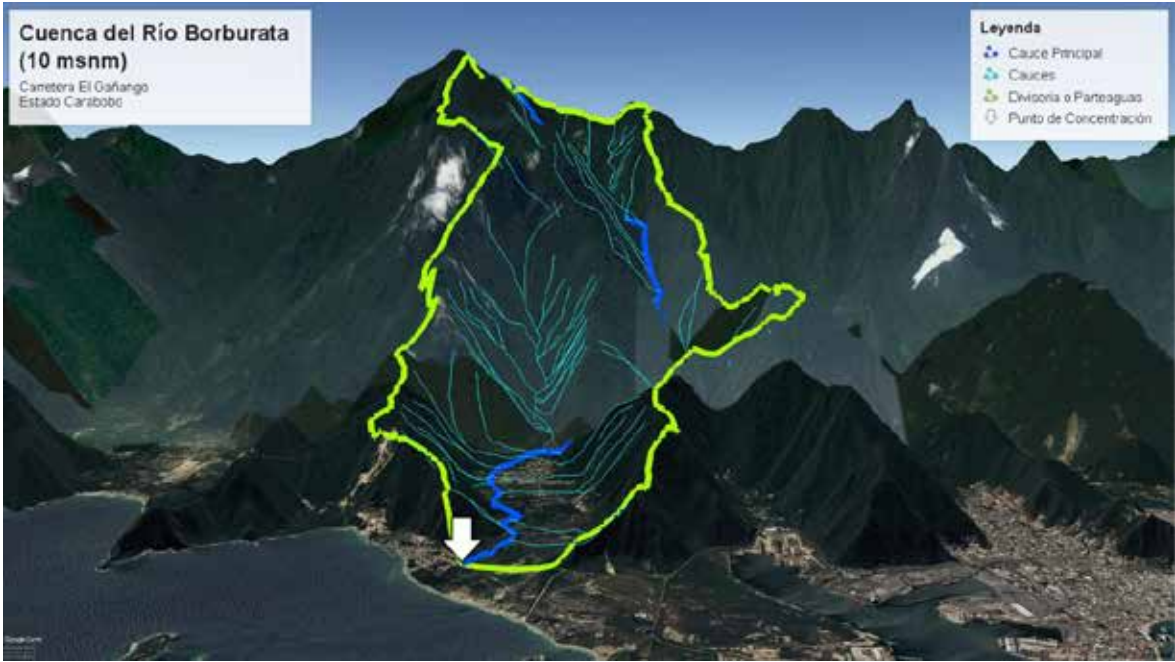
- Û Ubicar el punto de concentración (punto que coincide con la ubicación de la obra o sitio de interés)

- Û Se identifica la red de cauce o corrientes superficiales, y se realiza una visualización muy general de la posible delimitación.
- Û La divisoria corta perpendicularmente a las curvas de nivel y pasa, por los puntos de mayor nivel topográfico.
- Û Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
- Û cuando la altitud va disminuyendo, la divisoria corta las curvas de nivel por su parte cóncava.
- Û Es importante saber que mientras las curvas de nivel estén más juntas entre sí, significa que los puntos estudiados serán de mayor cota.
- Û Considerar que la divisoria trazada encierre toda la periferia de la red de cauce ya sea la principal y las contribuyentes.
- Û En el caso de utilizar una herramienta digital georreferenciada, debemos tomar en cuenta las altitudes que esta me muestra, realizaremos el trazado de la divisoria tomando en consideración la red de cauces previamente dibujada y la parte alta o picos de las montañas que encierren esta red de drenaje.

### **Ejemplo Práctico:**

Posterior al trazado de la red de drenajes de la cuenca del río Borburata (10 msnm) se continuara con el trazado de la divisoria o parteaguas de la cuenca, comenzando de igual manera por el punto de concentración y verificando que encierre toda la red de drenaje y que siga el relieve de la cuenca.

**Figura 2.4** Vista 3D del trazado de la divisoria o parteaguas con su red de cauces



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

**Figura 2.4.1** Vista de planta del trazado de la divisoria o parteaguas con su red de cauces



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

En las imágenes anteriormente presentadas se puede visualizar que la línea divisoria encerró toda la red de drenaje trazada para la cuenca del río Borburata, ya que el parteaguas se encuentra en los puntos más altos de las laderas que contiene la cuenca, siendo las fronteras o los límites de esta.

### **2.1.3 Vertientes.**

Una vertiente es un declive o lugar por donde corre el agua. Suele tratarse de una superficie topográfica inclinada, que se encuentra entre puntos altos (como cimas, picos o crestas) y bajos. La vertiente puede tener distintos perfiles, de acuerdo a la acción de la erosión y a las características rocosas del terreno. La altura, el desnivel,

la superficie, la vegetación y la exposición al sol varían de acuerdo a cada vertiente (Pérez y Merino, 2013).

Para tener una mejor visualización de las vertientes tanto derecha como izquierda de una cuenca se ubica la red de cauce principal visto aguas abajo y desde el límite del cauce hasta la divisoria derecha previamente trazada tendremos la vertiente derecha y desde el límite del cauce principal hasta la divisoria izquierda tendremos la vertiente izquierda.

### **Ejemplo Práctico:**

Para el caso de la vertientes de la cuenca del río Borburata, previamente se procede a la ubicación del cauce principal, luego situándose aguas abajo de la cuenca se visualiza el área que hay entre el cauce principal de la cuenca y la divisoria izquierda, la cual formara la vertiente izquierda de igual manera será aplicado con la vertiente derecha pero en este caso será el área que hay entre el cauce principal y la divisoria derecha.

**Figura 2.5** Ejemplo de vista 3D de la vertiente izquierda y vertiente derecha de la cuenca del río Borburata.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

**Figura 2.5.1** Ejemplo de vista de planta de la vertiente izquierda y vertiente derecha de la cuenca del río Borburata.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

En las imágenes anteriores se puede observar las diferentes vertientes de la cuenca, sobre estas se desarrollara parte de la escorrentía de la misma. El color rojo en las imágenes se utilizó para desarrollar la vertiente izquierda y el color rosado para la vertiente derecha, se puede notar como la vertiente derecha es de mayor tamaño en comparación con la vertiente izquierda, lo que indica que probablemente sobre esta se haga una contribución mayor de aguas al cauce principal, ya que cuenta con mayor área de captación de la precipitación.

#### **2.1.4 Valle.**

Se trata de una depresión de la superficie terrestre entre dos vertientes, con forma inclinada y alargada. Por la vertiente de un valle pueden circular las aguas de un río.

Los valles más jóvenes tienen forma de V, ya que las vertientes se encuentran poco modeladas por la erosión. Cuando la erosión avanza, se habla de valles aluviales, que tienen fondo amplio y plano y paredes suavizadas. Los valles en U exhiben un fondo cóncavo y paredes abruptas.

Para visualizar un valle se mira hacia aguas arriba desde el punto de concentración, situando la parte más baja donde el relieve está más aplanado, desde esa perspectiva se observará el valle y las paredes del mismo.

### **Ejemplo Práctico:**

Para la determinación del valle de la cuenca del río Borburata se ubica la parte más plana de la misma que corresponde a la zona poblada, por lo que se puede decir que el valle será el área plana encerrada por sus dos laderas (izquierda y derecha).

**Figura 2.6** Ejemplo de valle en forma de “U” correspondiente a la cuenca del río Borburata



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

Se puede observar en la figura anterior el valle con forma de “U”, lo que puede indicar que este valle ha estado bajo el efecto de la erosión por mayor tiempo ocasionando mayores áreas planas.

Ahora para el caso de la figura siguiente correspondiente al valle de Aroa en el Estado Aragua se puede observar una forma de “V” en su valle lo que indica que ha estado menos tiempo bajo el efecto de la erosión lo que ha ocasionado que se mantenga con su forma natural y con escasas áreas planas.

**Figura 2.7** Ejemplo de valle en forma de “V” correspondiente a la cuenca de Aroa, zona costera del estado Aragua



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

### **2.1.5 Interfluvios.**

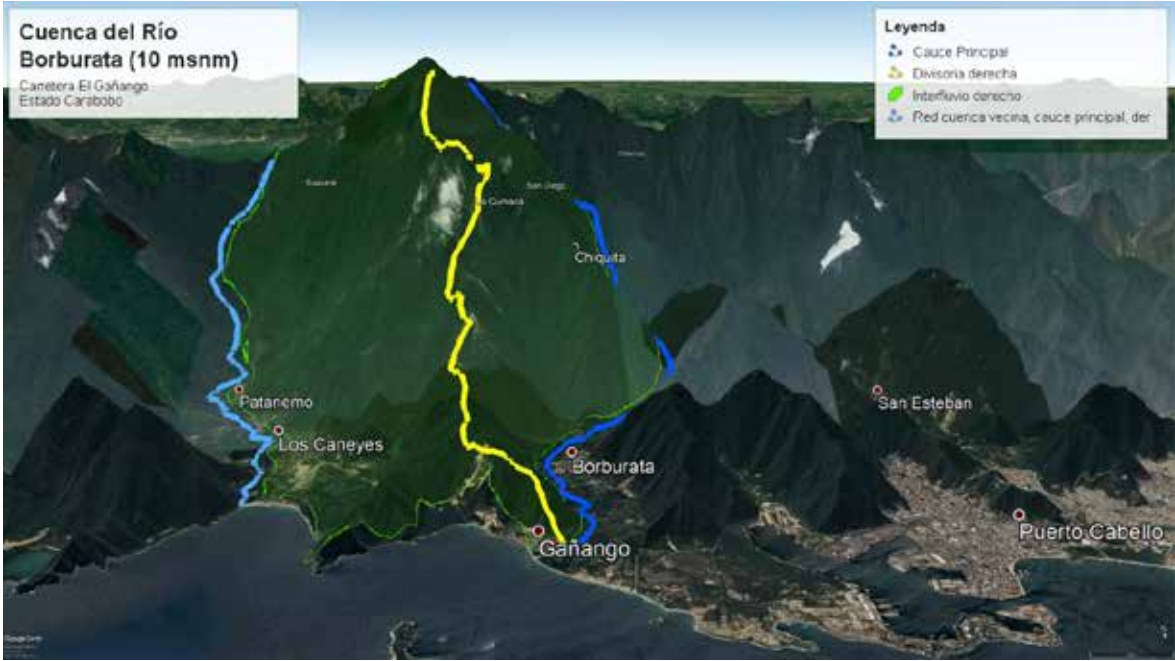
Es toda área que se extiende entre dos ríos contiguos de diferentes cuencas, los interfluvios se dividen en dos áreas que forman parte de dos vertientes de cuencas adyacentes separadas por la divisoria o parteaguas.

El interfluvio se ubica en el área que está comprendida entre las vertientes de dos cuencas adyacentes incluyendo la línea divisoria que separa estas vertientes, es decir para situarlo se tiene que ver la divisoria o parteaguas de dos cuencas adyacentes, luego bajar por las vertientes hasta la red de cauce principal de cada una de las cuencas, el área comprendida entre ambas será el interfluvio.

#### **Ejemplo Práctico:**

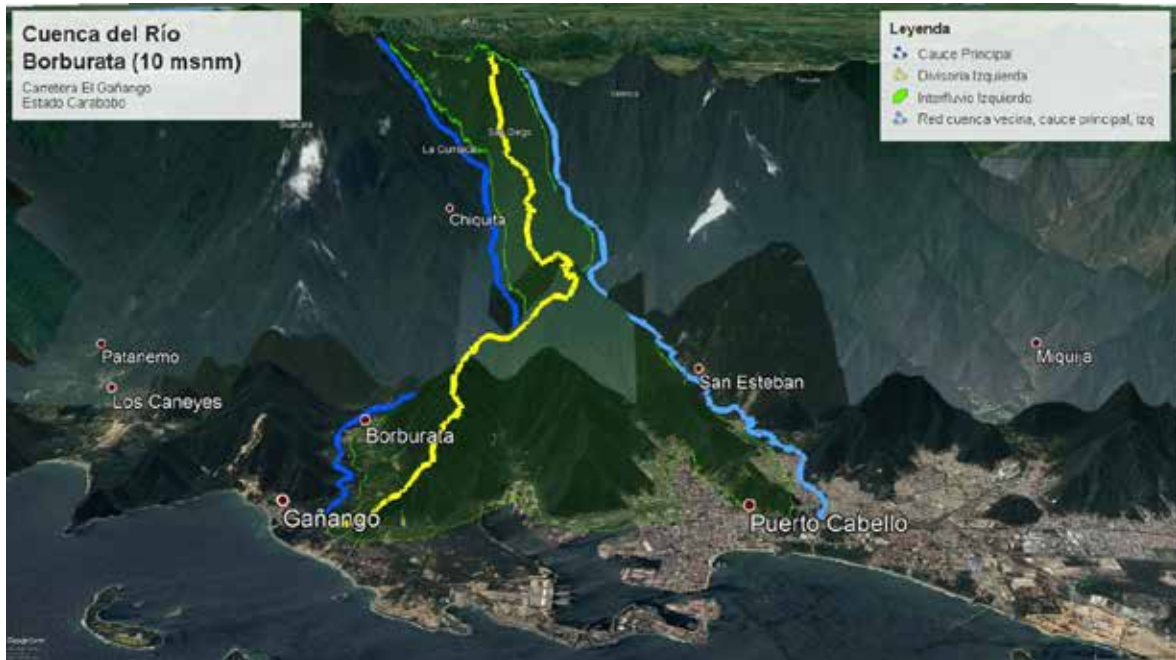
En las siguientes imágenes se puede localizar la presencia de los interfluvios para la cuenca del río Borburata, tanto el izquierdo como el derecho.

**Figura 2.8** Ejemplo de vista 3D del interfluvio derecho de la cuenca del río Borburata.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

**Figura 2.9** Ejemplo de vista 3D del interfluvio izquierdo de la cuenca del río Borburata.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

En las imágenes mostradas anteriormente se puede observar los interfluvios tanto derecho como izquierdo de la cuenca del río Borburata, donde fue identificado con color verde para una mayor visualización, además se observa el cauce principal de la cuenca en estudio, así como también de las cuencas adyacentes con las respectivas líneas divisorias que separa la cuenca del río Borburata de sus cuencas vecinas.

### **Ejercicios propuestos:**

- 1. Seleccione una cuenca de las que ya ubico en los ejercicios propuestos del capítulo I y trace (mediante el uso de la herramienta Google Earth), toda su red de cauce y divisoria de la misma.**
- 2. Identifique el valle de la cuenca, diga qué tipo de valle es y ¿Por qué?**

- 3. Identifique el interfluvio derecho e izquierdo de la cuenca seleccionada.**
- 4. Luego de haber trazado la red de cauces de la cuenca, identifique sus vertientes y analice cuál de las dos tiene mayor relevancia en el cauce principal.**

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS DE FACTORES Y FORMAS**

El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar todo tipo de comparaciones entre diferentes cuencas, así como puede ayudar en la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en el manejo de la misma (Gaspari, 2012).

Por lo tanto la importancia de estos parámetros radica en el hecho de que da a conocer un punto de comparación con otras cuencas ya que al establecer relaciones de generalización de ellos con datos conocidos, indirectamente se pueden obtener valores hidrológicos de interés práctico en cuencas que ya sea por razones de índole fisiográfico o económico, no sea factible la instalación de estaciones hidrométricas.

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado se puede explicar detallada y gráficamente cada uno de los parámetros morfométricos de una cuenca:

#### **3.1 Área(A).**

El área de una cuenca comprende la proyección horizontal (plana) de la divisoria o parteaguas de una cuenca y de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido a un mismo cauce natural.

Este parámetro tiene múltiples usos en el estudio de la cuenca contribuyente es por ello que Villegas (2013) afirma que el área de una cuenca sirve de base para la determinación de otros elementos, por lo general los caudales crecen a medida que aumenta el área de la cuenca. Es decir que a mayor área mayor caudal medio.

También afirma que el crecimiento del área actúa como un factor de compensación de modo que es más común detectar crecientes instantáneas y de respuesta inmediata en cuencas pequeñas que en las grandes cuencas. Por lo tanto el área de la cuenca es el parámetro o dato base para diversos cálculos que se haga en una cuenca.

La determinación del área de una cuenca se puede realizar usando herramientas físicas (cartografía) o con herramientas digitales (Software georreferenciado) siendo esta la forma más automática, diferenciando una de otra en la exactitud del valor obtenido y el método para realizar el cálculo, y se deben seguir los siguientes pasos:

- Û Ubicar la divisoria o parteaguas de la cuenca (debe haberse trazado previamente).
- Û En caso de realizarlo por medio de la cartografía, dependiendo del tamaño de la cuenca, ésta se debe dividir en secciones.
- Û Al ser la divisoria de la cuenca un polígono irregular, para el caso de la cartografía, se determina el área usando figuras geométricas regulares y conocidas.
- Û Como método para calcular el área de una cuenca en un mapa cartográfico, se puede usar un pliego de papel milimetrado directamente en la divisoria y usar el área de los cuadros del papel milimetrado cuya área es ( $1mm^2$ ) y multiplicar por la cantidad que haya en cada sección dividida de la cuenca para luego sumar el área de cada una y obtener el área total de la cuenca. Es importante saber que el área viene dada en hectáreas y considerar esta unidad como predeterminada para la medición.

Ü En el caso del uso de herramientas digitales georreferenciadas se selecciona la divisoria, luego la herramienta calculará el área de la cuenca de forma automática.

### **Ejemplo Práctico:**

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado y para el caso de la cuenca del río Borburata se obtiene el valor del área por medio de la herramienta digital seleccionando la divisoria de la cuenca obteniendo el siguiente resultado:

$$\hat{A}_{rea} = \text{Área de la cuenca} = 56.27\text{Km}^2$$

**Figura 4.1** Vista de plano horizontal de la divisoria y el área encerrada por esta, de la cuenca del Río Borburata utilizando una herramienta digital.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

### 3.2 Perímetro:

Gaspari, et. al (2010) define el perímetro como “la medición del contorno que encierra el área de la cuenca hidrográfica, por la divisoria de aguas”, es decir que el perímetro se define como la medición de contorno de la divisoria y es necesario determinarlo para calcular otros parámetros morfométricos necesarios en la cuenca ya que sería la longitud de la divisoria.

También Moreno y Esquivel (2015) describen que “El perímetro de la cuenca es un parámetro importante, que en conexión con el área nos permite inferir sobre la forma de la cuenca” (p.15).

Al igual que el área, se calcula de formas distintas dependiendo de las herramientas, ya sean físicas (cartografía) o digitales (software georreferenciado), diferenciándose en el método a usar para calcularlo con cada una de las herramientas.

Para la medición del perímetro se deben seguir los siguientes parámetros:

- Ü Ubicar la divisoria o parte aguas de la cuenca a estudiar.
- Ü En el caso de usar la cartografía se debe saber en qué escala se va a medir el perímetro y saber que método se usara. En este caso se usará la medición con un hilo para delimitar el contorno de la divisoria con el mismo comenzando desde el punto de concentración.
- Ü Luego se utiliza un hilo para seguir el contorno de la divisoria, luego medir el hilo y el resultado de la medición del hilo será el perímetro, es importante tener en cuenta que el perímetro se mide en kilómetros y tener esta unidad como predeterminada para la medición.

Ü Para el caso de la herramienta digital se hace el mismo procedimiento que con el cálculo del área se selecciona la divisoria para luego el programa calcular el perímetro de la cuenca.

**Ejemplo Práctico:**

En lo anteriormente mencionado se explican los pasos de como determinar el perímetro utilizando la cartografía y herramientas, para el caso del río Borburata utilizamos la herramienta digital seleccionando la divisoria y obteniendo el siguiente valor:

$$P = \text{Perímetro de la cuenca } 38\text{Km}$$

**Figura 3.2** Vista de plano horizontal de la divisoria de la cuenca del río Borburata para la obtención del perímetro de la misma utilizando una herramienta digital.



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

### 3.3 Longitud axial.

La longitud axial viene a ser la longitud en línea recta desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de concentración. Fierro y Jiménez (2011) la define como “La mayor distancia medida en kilómetros, desde la parte más alta de la cuenca hasta su desembocadura, en sentido del cauce principal”

También Ruiz (2001) define este parámetro como “la máxima longitud que existe entre la desembocadura o los puntos de interés y la parte más remota de la cuenca”. Las siglas generalmente usadas para denotar longitud axial es “Lax” y la unidad de medición de la misma es en Kilómetros (Km).

Para hacer la medición de la longitud axial (LAX) tanto para el caso de uso de Cartografía como para el caso de las herramientas digitales se tienen que trazar una línea recta desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de concentración, midiendo la línea y verificando que la unidad sea Km.

La importancia de la longitud axial radica en que se usa para posteriores cálculos como el del factor de forma y el ancho promedio por lo cual se tiene que determinar este factor para proseguir con el análisis morfométrico de la cuenca.

### **Ejemplo Práctico:**

Utilizando la herramienta digital para el caso de la cuenca del río Borburata y midiendo la línea recta trazada del el punto de concentración hasta el punto más alejado de la cuenca obtenemos el siguiente valor:

$$L_{ax} = \text{Longitud axial de la cuenca} = 14.645 \text{ Km}$$

**Figura 3.3** Vista de plano horizontal de la divisoria de la cuenca del río Borburata y de la línea que mide su longitud axial utilizando una herramienta digital



**Fuente:** Gravina y Rondón, 2018 (Basado en Google Earth)

### **3.4 Ancho promedio.**

Burbano (1989) define al ancho promedio como “la relación entre la superficie de la cuenca con su longitud axial obtenida en kilómetros”. Este parámetro es difícil de medir gráficamente ya que en este caso se tendría que medir el ancho de varias secciones de la cuenca, y calcular el promedio de ellas arrojando un resultado inexacto, por esto se calcula con una relación entre el área de la cuenca y la longitud axial, datos necesarios para el cálculo de este parámetro.

El ancho promedio se denota como “a” siendo kilómetros (Km) su unidad y se calcula por medio de una ecuación que divide el área de la cuenca entre la longitud axial de la misma, a continuación se muestra la ecuación:

$$a = \frac{A}{Lax}$$

#### **Ejemplo Práctico:**

De la ecuación anterior y para el caso de la cuenca del río Borburata tenemos los siguientes datos:

A: Área de la cuenca=  $56.27Km^2$

Lax: Longitud Axial de la cuenca=  $14.645 Km$

Sustituyendo en la ecuación y resolviendo la misma se obtiene el siguiente resultado:

$$a = \frac{A}{Lax} = 3.842 Km$$

La importancia del cálculo del ancho promedio reside en que se utilizara para el cálculo de parámetros morfométricos. Según algunos autores este será indispensable para el cálculo del factor de forma de la cuenca.

### **3.5 Factor de forma.**

El factor de forma es un parámetro que explica la forma que tendrá la cuenca a estudiar, para luego verificar si la cuenca será alargada, cuadrada o redondeada, por lo que Bastidas (2007) afirma que:

Un factor de forma bajo, menor de 1, corresponde a una cuenca alargada, donde el tiempo de concentración del agua es mayor, siendo poco probable el tener una tormenta intensa en toda su extensión, por lo que no debieran producirse grandes crecientes. En cambio una cuenca de factor de forma alto, es redondeada y propensa a crecientes fuertes. Valores cercanos a 1 indican que la cuenca tiende a tener forma cuadrada. (p.174)

También Bastidas (2007) dice que “El factor de forma, indica la tendencia de la cuenca respecto a las crecientes en los ríos” (p.174). Es decir que la forma de una cuenca proveerá información del comportamiento de la misma ante el ciclo hidrológico.

Horton en 1945 definió este parámetro como la relación que hay entre el área de la cuenca y su longitud axial al cuadrado y así poder calcularlo, obteniendo la siguiente ecuación:

$$Ff = \frac{A}{Lax^2}$$

**Ejercicio práctico:**

De la ecuación anteriormente mostrada y para el caso de la cuenca del río Borburata tenemos los siguientes datos:

A: Área de la cuenca=  $56.27\text{Km}^2$

Lax: Longitud Axial de la cuenca=  $14.645\text{ Km}$

Sustituyendo en la ecuación y resolviendo la misma se obtiene el siguiente resultado

$$Ff = \frac{A}{Lax^2} = 0.2623$$

De la ecuación mostrada se determina el factor de forma de una cuenca y luego se compara el valor obtenido con los rangos establecidos para este parámetro:

**Tabla 3.1** Valores interpretativos del factor de forma

<b>Valores aproximados</b>	<b>Forma de la cuenca</b>
>0.22	Muy alargada
0.22-0.30	Alargada
0.30-0.37	Ligeramente alargada
0.37-0.45	Ni alargado ni ensanchada
0.45-0.60	Ligeramente ensanchada
0.60-0.80	Ensanchada
0.80-1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

**Fuente:** Delgadillo y Moreno (s.f.)

De la tabla anterior se observan los rangos dados para comparar el valor arrojado de la ecuación de factor de forma de Horton, y así saber la forma que tendrá la cuenca. La importancia del factor de forma radica en que esta entre los parámetros de forma más importantes ya que el mismo dará la forma en función de un largo y

ancho. Para el caso de la cuenca del río Borburata comparando con la tabla 3.1 se establece que la misma es una cuenca alargada.

### **3.6 Coeficiente de compacidad.**

Es un índice adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo de área equivalente al de la cuenca (Burbano, 1989). El valor de este parámetro varía entre 1 y 1,75, este valor será mayor a medida de que aumente la irregularidad de la forma de la cuenca (Gaspari, *et. al.*, 2010).

Villegas (s.f) dice que La razón por la que se usa la relación del área equivalente a la ocupada por un círculo es “porque una cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir avenidas superiores dadas su simetría. Sin embargo, este índice de forma ha sido criticado, pues las cuencas en general tienden a tener forma de pera” (p.2).

También Bastidas (2007) indica que el índice de compacidad “Relaciona el perímetro de la cuenca bajo análisis con el perímetro de la cuenca circular con áreas equivalente. Entendiendo por perímetro, la medición de la longitud de la divisoria topográfica” (p.173).

Es decir el Coeficiente de Compacidad nos indica que tan circular es nuestra cuenca y la asociamos con la capacidad de generar crecientes, ya que mientras más circular sea la cuenca, más posibilidad tendrá de generar crecientes.

De la relación entre el perímetro y el área de un círculo se obtiene la siguiente ecuación para calcular el coeficiente:

$$k_c = 0,28 \frac{P}{A}$$

**Ejercicio práctico:**

De la ecuación anteriormente mostrada y para el caso de la cuenca del río Borburata tenemos los siguientes datos:

A: Área de la cuenca=  $56.27\text{Km}^2$

P: Perímetro de la cuenca:  $38\text{ Km}$

El valor de 0.28 es una constante determinada para el cálculo de la ecuación

Resolviendo la ecuación antes mostrada obtenemos que el valor de coeficiente de compacidad es:

$$k_c = 0,28 \frac{P}{A} = 1.41$$

El valor dado como resultado de la ecuación se compara con la relación  $K_c > 1$  siendo los valores cercanos a 1 para cuencas circulares y los más cercanos a 1.75 para cuencas con desviación de la forma circular.

Para el caso de la cuenca del río Borburata se compara con la relación  $K_c > 1$  obteniendo como resultado 1.41 lo que nos dice que la cuenca tiene una desviación de la forma circular por lo que no posee un riesgo alto de crecidas.

**3.7 Razón de alargamiento.**

Es un factor que relaciona el diámetro de un círculo con la longitud axial. Ruiz (2001) define este parámetro como “la razón entre el diámetro de un círculo de igual área que la cuenca y la longitud axial de la cuenca” (p.116).

Por lo tanto mientras más Área tenga la cuenca mayor va a ser su razón de alargamiento, este factor es importante ya que junto con los demás parámetros de forma complementa el estudio morfométrico de una cuenca.

Al ser esta una relación del diámetro de un círculo de igual área que la cuenca y la longitud axial se hace la siguiente relación:

$$R_a = 1,128 \frac{\bar{A}}{L_{ax}}$$

La razón de alargamiento nos expresa el relieve de la cuenca, para regiones montañosas serán valores menores de 0.6, para relieves pronunciados serán valores entre 0.6 y 0.8 y para zonas planas, pocas accidentadas serán valores mayores a 0,8.

### **Ejercicio Práctico:**

Para el caso de la cuenca del río Borburata, resolviendo la ecuación mostrada anteriormente y teniendo los siguientes datos:

A: Área de la cuenca=  $56.27 \text{Km}^2$

Lax: Longitud Axial de la cuenca=  $14.645 \text{Km}$

El valor de 1,128 es una constante determinada de para el cálculo de la ecuación.

Obtenemos el valor de razón de alargamiento:

$$R_a = 1,128 \frac{\bar{A}}{L_{ax}} = 0.57779$$

Luego relacionamos este valor con la relación  $K_c < 6$  obteniendo que siendo el valor obtenido en la ecuación menor a 6 la cuenca del río Borburata está determinada por un relieve montañoso y pronunciado.

**Ejercicios propuestos:**

- 1. De la cuenca seleccionada en el capítulo II Calcule utilizando la herramienta que guste los siguientes parámetros:**
  - **Área.**
  - **Perímetro.**
  - **Longitud axial.**
  - **Ancho promedio.**
- 2. De la cuenca seleccionada en el capítulo II Calcule y haga un análisis de los resultados obtenidos de los siguientes parámetros:**
  - **Factor de forma.**
  - **Coefficiente compacidad.**
  - **Razón de alargamiento.**
- 3. Calcule factor de forma, coeficiente de compacidad e índice de alargamiento de una cuenca alargada y una cuenca circular, escriba un análisis sobre los resultados.**

## **CAPÍTULO IV RED HIDROGRÁFICA**

La acción combinada de los agentes internos y externos de una cuenca, producen diferentes formas del relieve, lo cual a su vez determina las formas particulares de las redes o sistemas fluviales o canales que forman la hidrografía de una cuenca. Eventualmente, se puede modificar estos sistemas artificialmente con la construcción de obras hidráulicas, es por ello que el conocimiento de la red fluvial de las cuencas de drenaje se hace necesario porque a través de estos sistemas, circula toda el agua vaciada por la precipitación y la intervención a dicho sistema, sin conocimientos, puede generar múltiples impactos ambientales como son aguas bajas, ya sea acelerando el flujo o retardándolo (Ruiz, 2001).

El estudio de la Red Hidrográfica o de drenaje es fundamental para el estudio de la cuenca contribuyente, ya que tiene que ver con el análisis de toda el agua caída en la cuenca mediante la precipitación que junto con el relieve de la cuenca formará los cauces. El sistema de drenaje está constituido por un cauce principal y sus cauces tributarios. Mientras más largo sea el cauce de agua principal, más ramificaciones tendrá la red de drenaje. Entre los parámetros más importantes de la red hidrográfica tenemos:

### **4.1 Orden de los cauces.**

El orden de los cauces es un número reflejado gráficamente en la red hidrográfica de la cuenca, su importancia radica en que se utiliza para visualizar las posibles ramificaciones que tenga el sistema de drenaje de la misma así como permite ver cuán grande es la red drenaje.

Bastidas (2007) indica que “cada río de cierta longitud significativa posee sus tributarios importantes, cada uno de los cuales tiene a la vez sus propios tributarios y así sucesivamente hasta llegar a las últimas ramas de la red de drenaje” (p.189).

El procedimiento del ordenamiento de la cuenca sigue las siguientes reglas básicas:

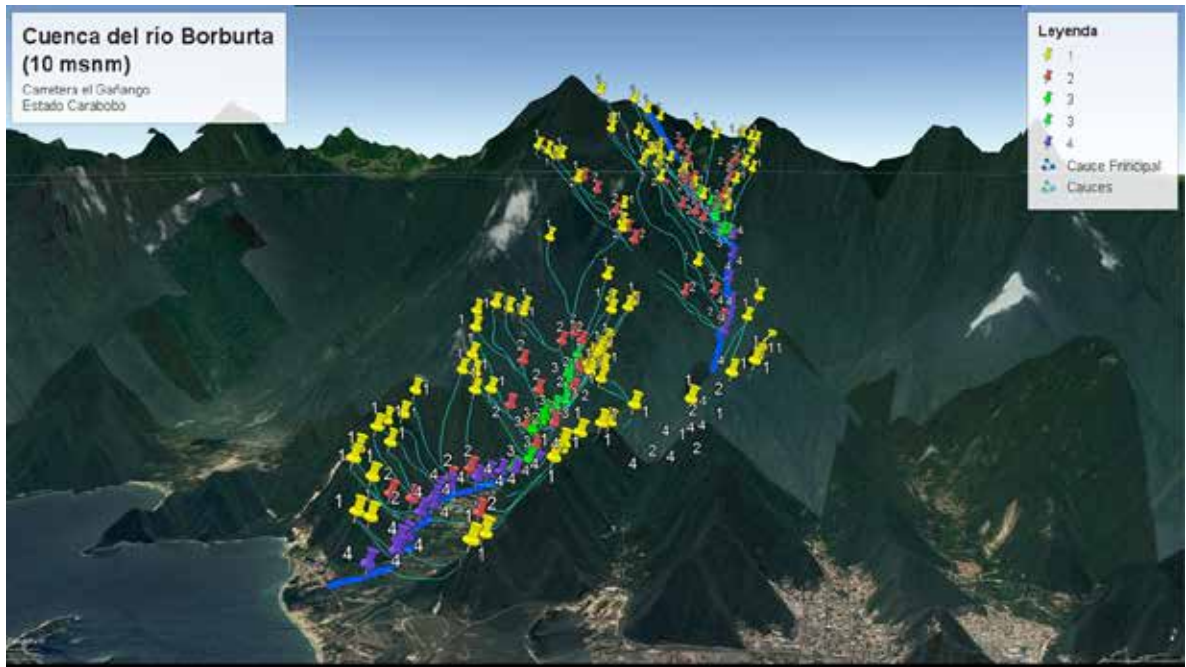
- ü Se debe haber trazado previamente toda la red de drenaje de la cuenca con su cauce principal y contribuyentes.
- ü Se debe escoger los tributarios que no se ramifiquen y designarlos como de primer orden.
- ü Los cauces que reciben dos tributarios de primer orden formaran los de segundo orden.
- ü Los cauces que reciben un tributario de segundo orden y uno de primer orden se consideraran de segundo orden, así sucesivamente cuando un cauce reciba un tributario mayor y uno menor el siguiente obtendrá el número de orden del mayor.
- ü Los cauces que reciben dos tributarios de segundo orden formaran uno de tercer orden, así sucesivamente cuando un cauce reciba dos tributarios del mismo orden este será de orden  $n+1$ .
- ü Verificar cual es el cauce de mayor orden, este determinara el orden del cauce principal del sistema hidrográfico de la cuenca.

### **Ejemplo Práctico:**

Para el caso de la cuenca del río Borburata, se realiza el orden de los cauces visualizando todos los contribuyentes existentes, terminando con el orden de valor más alto

el cual pertenece al cauce principal todo esto fue realizado con la herramienta digital Google Earth.

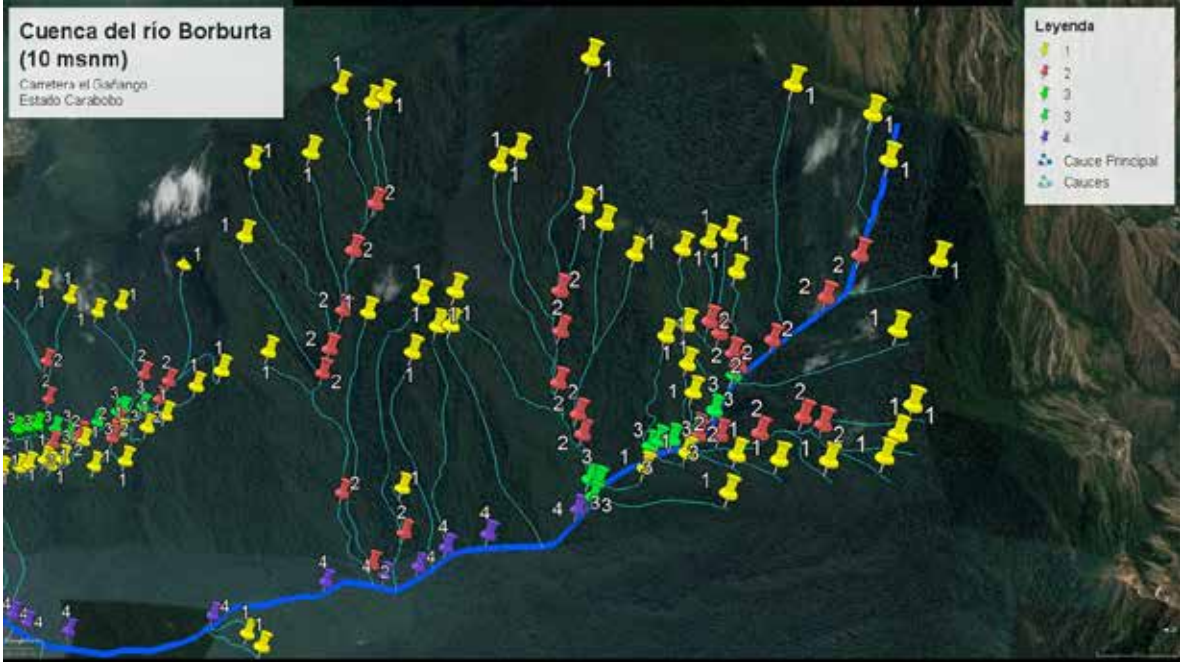
**Figura 4.1** Ejemplo de los órdenes asignados a la red de cauces de la cuenca del río Borburata



**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Google Earth (2018)

Se empiezan a ver los contribuyentes aguas abajo en la cuenca, es decir se comienza por el contribuyente de mayor altura y se prosigue con los demás de la cuenca llegando hasta el punto de concentración como se puede apreciar en la **figura 4.1**.

**Figura 4.1.1** Ejemplo de los órdenes asignados a la red de cauces de la parte alta de la cuenca del río Borburata.



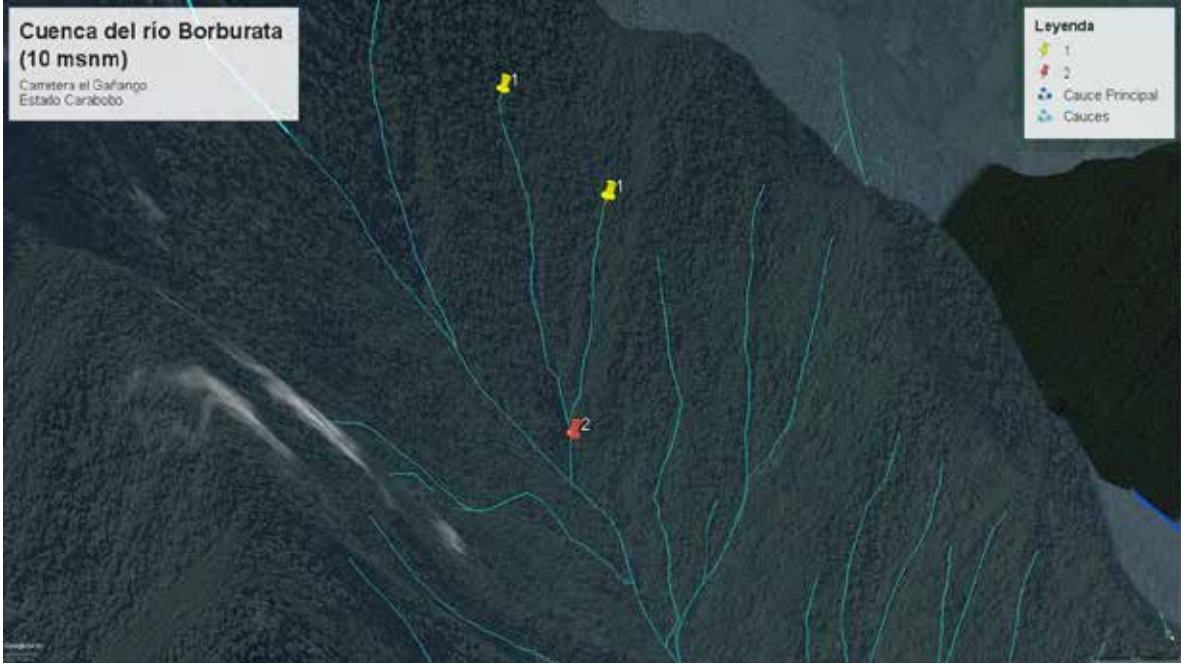
**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Google Earth (2018)

**Figura 4.1.2** Ejemplo de los órdenes asignados a la red de cauces de la parte baja de la cuenca del río Borburata



**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Google Earth (2018)

**Figura 4.2** Ejemplo de asignación de orden a los cauces contribuyentes de la cuenca de río Borburata. Orden 1 con orden 1, forma orden 2.



**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Google Earth (2018)

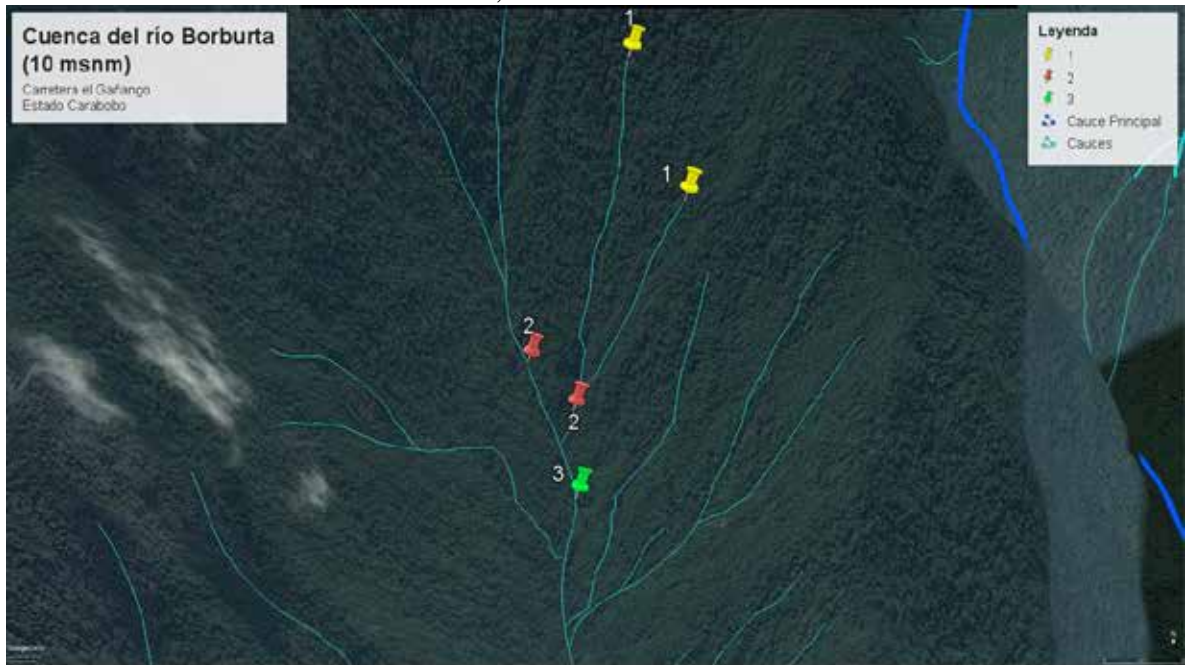
**Figura 4.3** Ejemplo de asignación de orden a los cauces contribuyentes de la cuenca de río Borburata. Orden 1 con orden 2, forma orden 2.



**Fuente:** Gravina & Rondon con base en Google Earth (2018)

En las **figura 4.2 y 4.3** se aprecia dos contribuyentes de orden 1 que apoyados en la teoría de órdenes de los cauces se convierte en un contribuyente de orden 2.

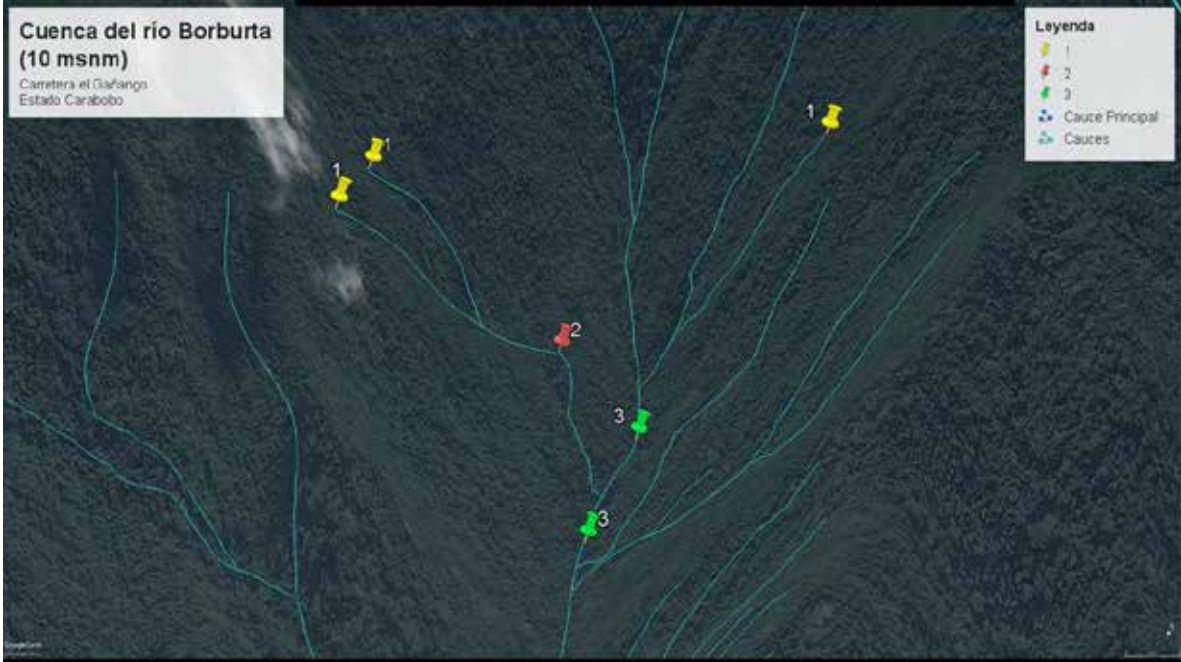
**Figura 4.4** Ejemplo de asignación de orden a los cauces contribuyentes de la cuenca de río Borburata. Orden 2 con orden 2, forma orden 3.



**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Google Earth (2018)

En la **figura 4.4** se evidencia dos cauces contribuyentes de orden 2 formando un cauce de orden 3.

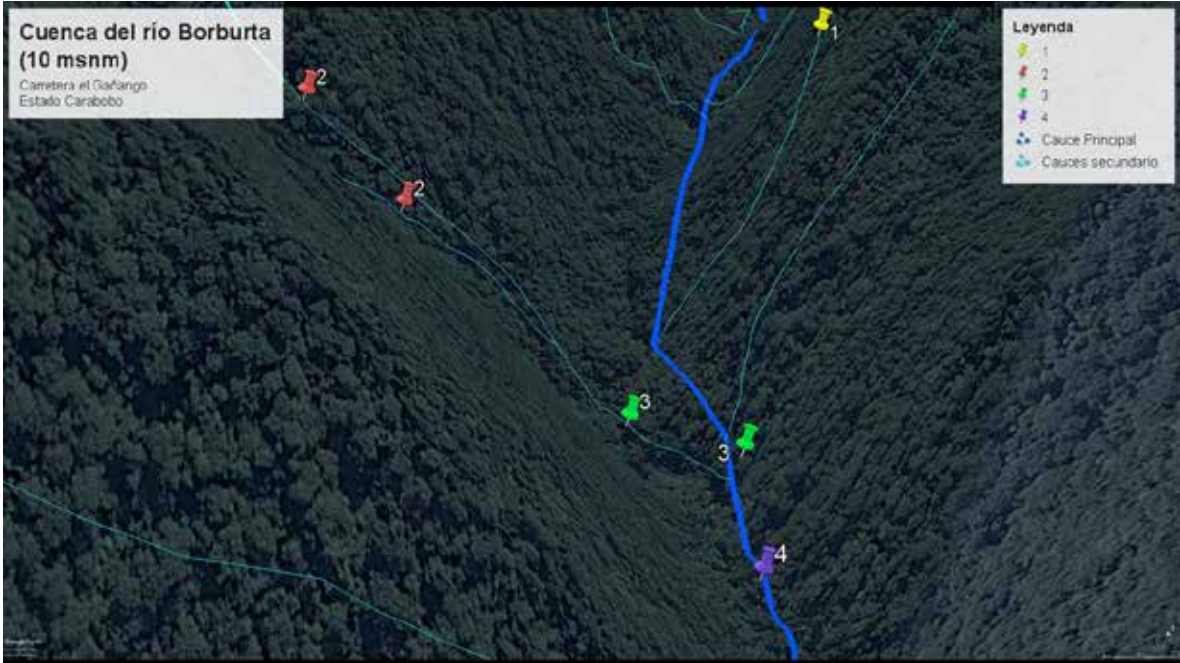
**Figura 4.5** Ejemplo de asignación de orden a los cauces contribuyentes de la cuenca de río Borburata. Orden 2 con orden 3, forma orden 3.



**Fuente:** Gravina & Rondon con base en Google Earth (2018)

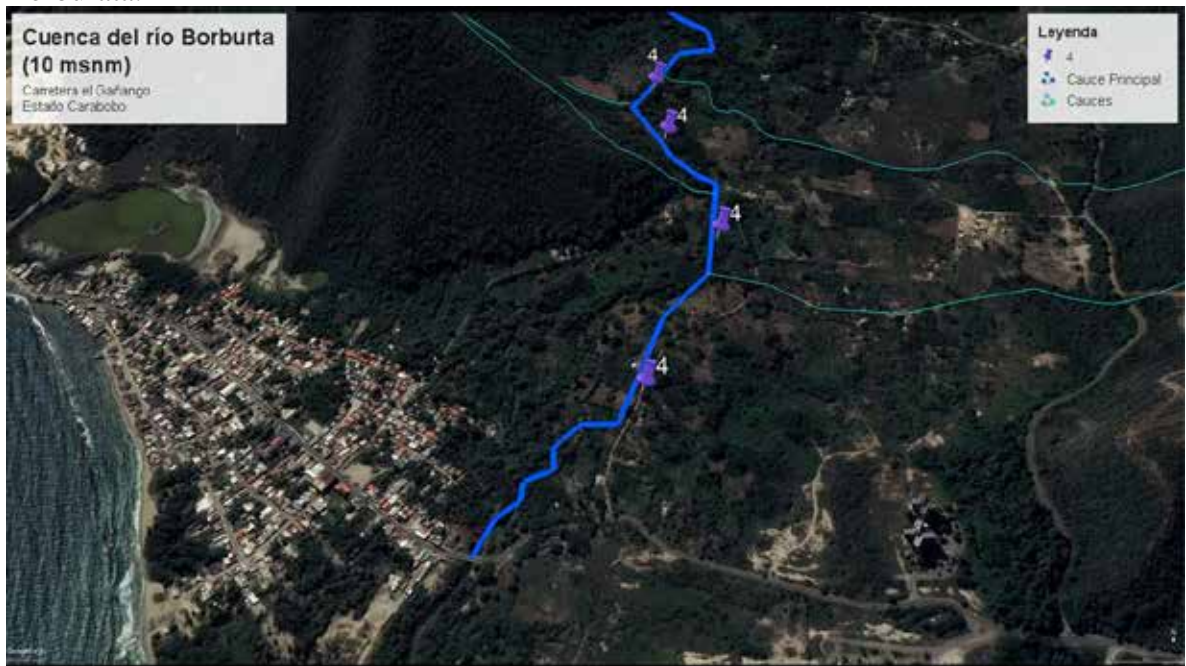
En la **figura 4.5** se evidencia un cauce de orden 2 y uno de orden 3 formando un cauce de orden 3.

**Figura 4.6** Ejemplo de asignación de orden a los cauces contribuyentes de la cuenca de río Borburata. Orden 3 con orden 3, forma orden 4.



**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Google Earth (2018)

**Figura 4.7** Ejemplo de asignación de orden al cauce principal de la cuenca de río Borburata.



**Fuente:** Gravina y Rondon con base en Google Earth (2018)

En la **figura 4.7** el cauce principal el cual es un cauce de orden 4 llega al punto de concentración, punto más importante de la cuenca donde se sitúa la obra a estudiar.

**Tabla 4.1** Órdenes de la Cuenca del río Borburata.

1	101
2	49
3	21
4	30

**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

En la **Tabla 4.1** y para concluir los órdenes de las cuencas, se realizó una tabla especificando los números de corrientes pertenecientes a cada número orden.

#### **4.2 Densidad de drenaje.**

La densidad de drenaje es un parámetro característico de la red hidrográfica que se define como el grado de dificultad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar el agua de las precipitaciones por su red hidrográfica (Yaguachi, 2013).

Según Ruiz (2001) “se entiende por esto al número de total del cauce que existe en una región determinada; divide por la superficie de la región” (p.180). Una cuenca bien drenada arrojará un resultado de 3 o cercano al mismo.

Este parámetro posee ciertos factores que lo controlan es por ello que Ruiz (2001) afirma que:

Uno de los más importantes es la litología de la región. Materiales duros y resistentes (granito, gneiss, areniscas, cuarcitas, etc), tienden a originar bajas densidades de drenajes. Esto es debido que la erosión fluvial es difícil y solo pueden subsistir los cursos de aguas relativamente grandes.

Es decir que la densidad de drenaje será alta o baja dependiendo de la litología (Estudio de las rocas) siendo este uno de los factores que dificultara o facilitara el drenaje de la cuenca, así como también se verá afectado por la presencia o ausencia de cobertura vegetal ya que en el caso de existir cobertura vegetal esta producirá una retención de agua en la red de cauces.

La densidad de drenaje viene dada por una relación entre la longitud total de todos los cauces y el área de la cuenca obteniendo así la siguiente ecuación:

$$Dk = \frac{\sum_{k=1}^N Lk}{A}$$

Donde cada uno de los términos son:

Dk= Densidad de drenaje (Km/Km<sup>2</sup>)

Lk= Longitud total de todos los cauces

A=Área de la cuenca

### **Ejemplo práctico:**

Para el cálculo de la densidad de drenaje de la cuenca del río Borburata contamos con los siguientes datos partiendo de la medición de todos los cauces de la cuenca y su área quedando de esta forma:

Lk= 133Km

A= 56,27 Km<sup>2</sup>

Y aplicando la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$Dk = \frac{\sum_{k=1}^N Lk}{A} = 2.36 \text{ Km/Km}^2$$

Para el caso de la cuenca de río Borburata y su resultado de densidad de drenaje se puede determinar que la cuenca no tiene un buen sistema de drenaje, ya que posee un valor de 2.36 Km/Km<sup>2</sup>, cuando para cuencas bien drenadas se obtienen valores de 3 o cercanos a 3.

### **4.3 Razón de bifurcación.**

La Razón de bifurcación es un parámetro de la red hidrográfica que se establece a partir de la relación existente entre el número de segmentos de un orden dado y los de orden inmediatamente superior.

Este parámetro fue introducido por Horton en 1945, el mismo puede ser obtenido una vez hecho el plano de la red hidrográfica con sus órdenes asignados (Ruiz, 2001).

La relación de bifurcación permite comprender algunas variaciones geológicas que se producen en el territorio de la cuenca, fundamentalmente cambios importantes en el sustrato rocoso y de los grupos de suelos dominantes. Las cuencas cuya relación de bifurcación permanece constante, indican homogeneidad en las características geológicas anteriores, La relación de bifurcación generalmente esta entre los rangos de 3 y 5 en cuencas con variaciones considerables en sus características geológicas.

Después de asignar los números de orden, se cuenta la cantidad de segmentos, “Nu”, de un orden dado “u”, al igual que se consigue la cantidad de segmentos de las corrientes de un orden superior  $N_{u+1}$

La razón de bifurcación se resuelve mediante una relación entre Nu (cantidad de segmentos) y  $N_{u+1}$ (Segmentos de corrientes de orden superior), y “u” sera el número de orden. De la relación anterior se obtiene Rb que será la razón de bifurcación, quedando la ecuación de esta manera:

$$Rb = \frac{Nu}{N_{u+1}}$$

Esta ecuación de razón de bifurcación no será la misma cuando varia de un numero de orden a otro, debido a todas las variaciones geométricas de una cuenca hidrográfica (Ruiz, 2001). Por lo tanto para obtener una razón de bifurcación para

toda la cuenca Horton propuso aplicar su ley de número de corrientes analíticamente expresada como:

$$Nu = Rb^{K-U}$$

En donde:

K= Es el orden del segmento de corriente principal.

u= Orden de cualquier corriente.

Nu= Números de segmentos de un orden “u”.

Rb= Razón de bifurcación.

Para la resolución de esta ecuación se aplica logaritmo en ambos miembros quedando la siguiente ecuación:

$$\log Nu = (K)\log Rb - (u)\log Rb$$

Donde, se sustituye:

$$y = \log Nu \quad a = K\log Rb \quad b = \log Rb \quad u = x$$

Quedando la expresión de la ecuación de la recta a continuación:

$$y = a - bx$$

Siendo “b” la pendiente de la recta, “y” los valores de los logaritmos de los cantidad de números de orden (Nu) y “x” los números de orden.

Obteniendo la pendiente de la recta “b” y aplicando las propiedades de los logaritmos a:

$$b = \log Rb$$

Obteniendo así la expresión para calcular el valor de Rb la cual queda de esta manera:

$$Rb = \text{antilog}(b)$$

**Ejemplo Práctico:**

Para el cálculo de la razón de bifurcación en la cuenca del río Borburata teniendo los órdenes de los cauces previamente determinados proseguimos con el uso de la ley de número de corrientes de Horton para la determinación de este parámetro, y procesando la información para obtener los respectivos logaritmos del número de corrientes (logNu)

**Tabla 4.2** Ordenes de la Cuenca, números de corrientes y Log(Nu)

		<b>Log(Nu)</b>
1	101	2.0043
2	49	1.6902
3	21	1.3222
4	30	1.4771

**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

Se utiliza la ecuación de la ley de corrientes de Horton:

$$Nu = Rb^{K-U}$$

Procesando los datos de la tabla anterior obtenida de la cuenca y conociendo que la gráfica de los puntos correspondientes a los números de orden (u) graficados en el eje “X” (correspondiente a los valores de “x” de la ecuación de la recta) con su respectiva cantidad de numero orden (Nu) graficados en el “Y” (Correspondiente a

los valores “y” de la ecuación de la recta) tienen el comportamiento de la siguiente ecuación de recta:

$$y = a + bx$$

Se procede a calcular la pendiente “b” de la recta tomando dos puntos de los números de orden “u” con su respectivo “logNu”, para este caso se seleccionó:

**Tabla 4.3** Cálculo de pendiente de la recta.

Punto	N° orden(x)	logNu(y)
P1	1	2.0043
P2	4	1.4771

**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

$$b = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1.4771 - 2.0043}{4 - 1} = -0.1757 \text{ (Se toma el valor absoluto)}$$

Tomando en consideración que  $R_b = \text{antilog}(b)$  se obtiene:

$$R_b = \text{antilog}(0.1888) = 1.5$$

Analizando el resultado obtenido para la cuenca del río Borburata se puede concluir (tomando en cuenta la Densidad de drenaje y que los valores normales de una cuenca están en un rango superior a 2), que la cuenca tiene un sistema de drenaje deficiente para las características de la misma ya que se obtiene un valor de razón de bifurcación de 1.5, es por ello que hay que tener esto en cuenta a la hora de crecidas debido a altas precipitaciones, ya que esta cuenca no tendrá el comportamiento deseado para este evento, por lo tanto se tiene que tomar en cuenta la canalización de los cauce para un mejor comportamiento.

#### **4.4 Longitud del cauce principal.**

Este parámetro vendrá a ser la longitud lineal de cauce principal es decir del cauce de mayor orden en la cuenca. Ruiz (2001) define a este parámetro como “la longitud a lo largo del cauce de orden mayor comprendido entre el punto más alejado en la cabecera del río y el punto de interés. Este parámetro puede ser medido utilizando un mapa cartográfico o de forma digital utilizando herramientas digitales georreferenciada muy útiles para su cálculo.

Para la medición de este parámetro se proponen las siguientes reglas básicas:

- Û Determinar el orden de los cauces previamente ya que el cauce que tenga mayor orden será el cauce principal.
- Û Para el caso de las herramientas cartográficas se puede usar un hilo siguiendo el patrón del cauce principal para luego medir el hilo con su respectiva escala y el resultado de la medición será la longitud del cauce principal, teniendo en cuenta que la unidad utilizada será “Km”.
- Û En el caso de las herramientas digitales georreferenciadas se hace por medio de la selección del cauce principal, para luego medirlo y obtener el resultado directamente en la unidad deseada (Km).

**Ejemplo Práctico:**

**Figura 4.8** Vista de planta de la cuenca del río Borburata con su cauce principal para la medición de la longitud del cauce principal



**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Google Earth (2018)

Para el caso de la cuenca del río Borburata utilizamos la herramienta digital para obtener directamente el valor de la longitud del cauce principal (de orden 4) en “Km”, obteniendo como resultado:

$$L_c = \text{Longitud del cauce principal} = 17,7 \text{ Km}$$

#### **4.5 Perfil longitudinal.**

El análisis geomorfológico de los sistemas fluviales debe considerar las formas del terreno relacionadas con la dinámica de los ríos en su contexto hidrográfico completo es por esto que se define como un corte topográfico que tiene forma cóncava. Indica la relación entre la distancia recorrida por un cauce natural desde su nacimiento y altura relativa de cada punto de dicho perfil (Ibañez Asensio, et al., 2008)

También se puede definir el perfil longitudinal de un río como la representación gráfica de la línea que traza un curso desde su origen hasta su nivel de base, y a lo largo de él se aprecian las diferentes competencias del flujo. .En este sentido, la expresión morfológica más sencilla y que contiene la mayor cantidad de información es el perfil longitudinal del río y su importancia radica en que da la información sobre los cambios de pendientes (por efectos de la variación de las cotas sobre el mismo) en el cauce principal de toda la cuenca.

La construcción del perfil se inicia en el punto de mayor cota del recorrido del cauce principal, es decir allí  $L=0$  y la longitud total se tendrá en el punto de concentración cuya cota es la más baja de todo el recorrido.

Para construir el perfil longitudinal del cauce principal se utilizan los ejes cartesianos “X”y “Y”, en el eje de las “X” se representa la variable Longitud acumulada (en metros o Km), y en Y la variable altura o cota en (msnm), y en la gráfica se hace una relación altura-longitud que determinara como varia la cota del cauce principal con respecto a la longitud.

**Ejemplo Práctico:**

**Figura 4.9** Ejemplo del perfil de elevación extraído de la herramienta digital Google Earth



**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Google Earth (2018)

Para el caso de la cuenca del río Borburata se usó el perfil de elevaciones de Google Earth (mostrado en la **figura 4.9**), para extraer los datos necesarios para la construcción del perfil longitudinal, luego se realizó la siguiente tabla para proceder a realizar el perfil:

**Tabla 4.4** Datos de cotas y Longitud de tramos del perfil Longitudinal de la cuenca del rio Borburata.

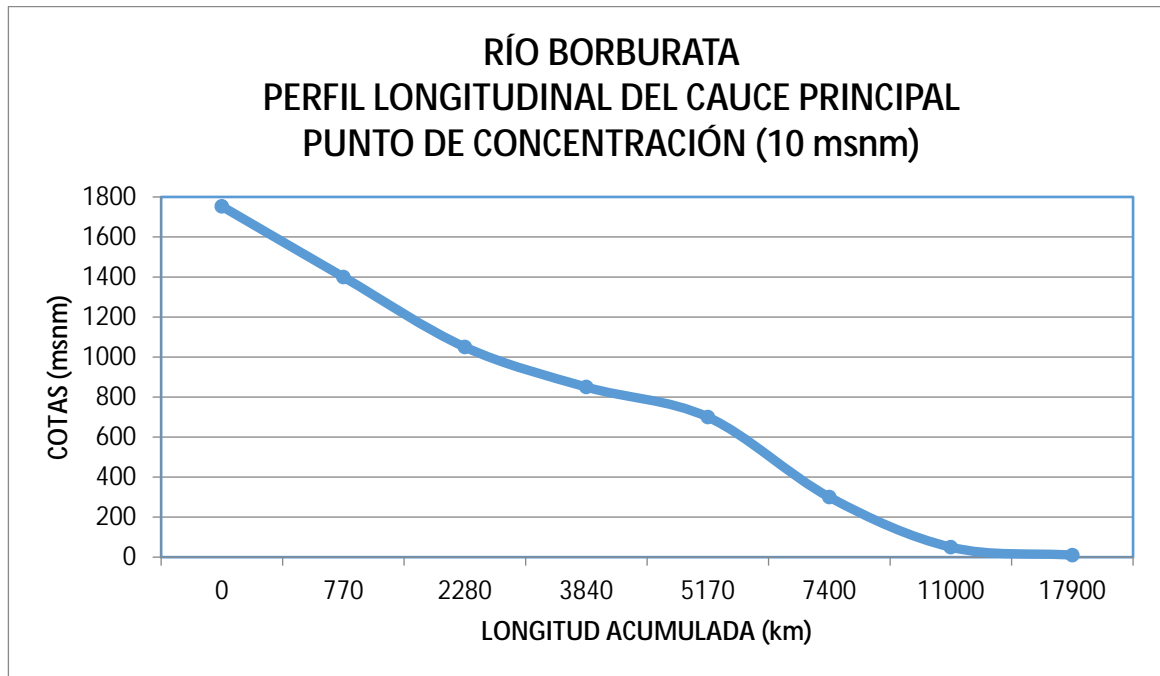
I	II	III
Cota(msnm)	Longitud parcial(m)	Longitud acumulada(m)
1753	0	0
1400	770	770
1050	1510	2280
850	1560	3840
700	1330	5170
300	2230	7400
50	3600	11000
10	6900	17900

**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

En la cual se evidencian los datos obtenidos del perfil de elevaciones. En la columna I están las cotas seleccionadas partiendo de los puntos de quiebre de pendientes en el perfil de elevaciones, en la columna II se encuentran las longitudes parciales entre cada cota, y en la columna III las longitudes acumuladas entre las cotas teniendo la cota 1753 como la cota de partida y de longitud 0 y la cota 0 como la cota en la que finaliza el perfil y con mayor longitud, coincidiendo el valor con el valor de la longitud del cauce principal.

Luego con los datos extraídos de la tabla mostrada anteriormente se procede a realizar el perfil longitudinal situando las cotas en el eje de las ordenadas y las longitudes acumuladas en el eje de las abscisas quedando la gráfica del perfil longitudinal de esta forma:

**Gráfico 4.1** Perfil longitudinal del cauce principal de la cuenca del río Borburata.



**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

#### 4.6 Pendiente media del cauce

La pendiente media del cauce se obtiene a partir del desnivel topográfico que se presenta sobre el cauce principal y su longitud (Beltrán, 2010). Al aumentar la pendiente aumenta la velocidad del agua por la red hidrográfica, haciendo más susceptible a la cuenca a procesos erosivos y al arrastre de materiales (Yaguachi, 2013).

Este parámetro fluvial va relacionado directamente con el comportamiento del cauce principal, Ruiz (2001) indica que:

Este parámetro es estudiado por su relación con la velocidad del agua que circula por él. En los análisis morfométricos generalmente se toma en cuenta es la pendiente media del río principal y esto es debido a que el río principal es el gran

concentrador o integrador del escurrimiento superficial de la cuenca hidrográfica. Aunque igual el análisis de procedimiento se puede hacer para cualquier afluente que desee evaluar. (p.147)

La pendiente de un río varia a lo largo de todo el cauce es por ello necesario definir una pendiente media, para determinarla se recurre a un plano topográfico de la cuenca a estudiar (Ruiz, 2001).

Ya que para las cuencas, las pendientes no son constantes, no se puede calcular la pendiente media del cauce con un método aritmético, es por ellos que se utiliza el método de Taylor-Schwartz el cual viene dado por una ecuación que relaciona el número de tramos en que fue dividida la cuenca con la sumatoria de los tramos en donde las pendientes son relevantes quedando de esta forma:

$$S = \left( \frac{N}{\sum_{i=1}^n \left( S_i^{-\frac{1}{2}} \right)} \right)^2$$

En donde:

*N: N° de Tramos en que fue dividido la longitud total del cauce principal*

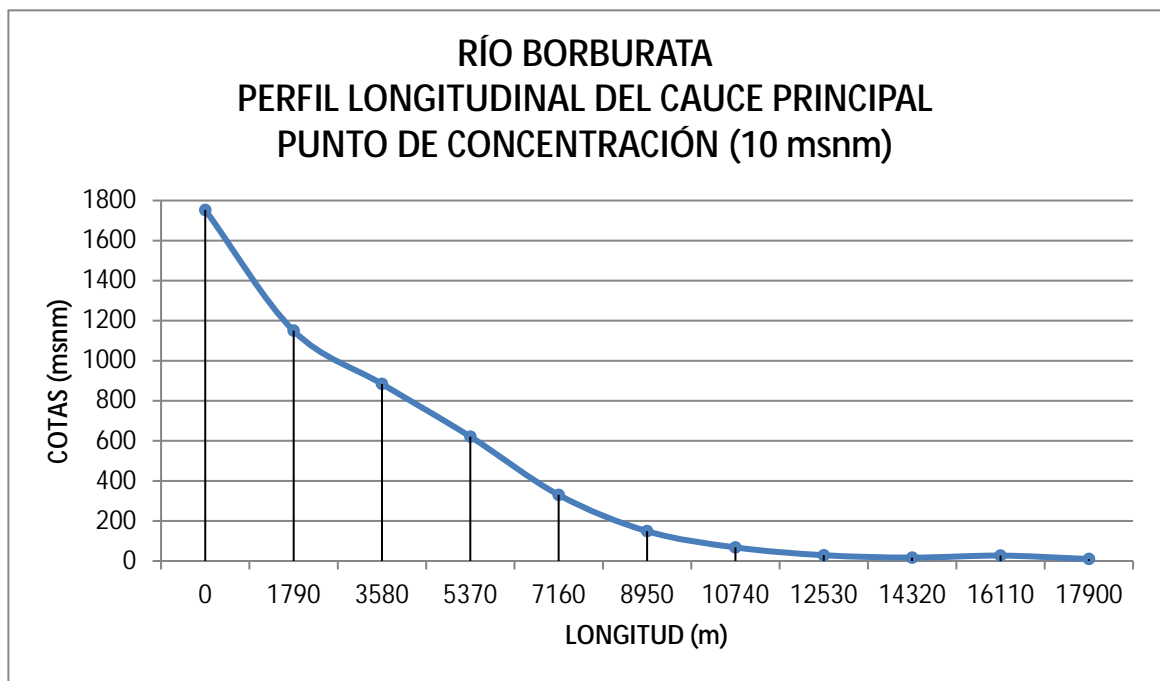
$$\sum_{i=1}^n \left( S_i^{-\frac{1}{2}} \right): \text{Sumatoria de las pendientes de los tramos elevado a la } \frac{1}{2}$$

Para calcular la pendiente media de la cuenca, se procedió a realizar el perfil longitudinal del cauce principal, debido a que el relieve no es tan uniforme y el perfil longitudinal presenta irregularidad significativas no se puede estimar la pendiente media con la media aritmética, pero si por el método de Taylor-Schwartz dividiendo las longitudes acumuladas del perfil longitudinal, en intervalos iguales teniendo que ser estos mayor 5 intervalos, Luego se calculan la pendientes de cada tramo escogido y se aplica la ecuación antes mencionada.

### Ejemplo práctico:

Para calcular la pendiente media del cauce de la cuenca del río Borburata se procede a dividir las longitudes acumuladas del perfil longitudinal en 10 partes con intervalos iguales quedando de la siguiente manera:

**Gráfico 4.2** Perfil longitudinal del cauce principal con divisiones propuestas por el método de Taylor- Schwartz para la cuenca del río Borburata.



**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

Luego se calcula la pendiente en cada uno de estos tramos escogidos, esto se realiza con la operación matemática del cálculo de una pendiente común, Para luego elevar dicha pendiente a la  $\frac{1}{2}$  y obtener la pendiente utilizada para la ecuación.

$$S_1 = \frac{1753 - 1150}{1790} = 0,3369 \quad (S_1)^{-\frac{1}{2}} = 1,7229$$

$$S_2 = \frac{1150 - 884}{1790} = 0,1486 \quad (S_2)^{-\frac{1}{2}} = 2,5941$$

$$S_3 = \frac{884 \quad 621}{1790} = 0,1469 \quad (S_3)^{-\frac{1}{2}} = 2,60$$

$$S_4 = \frac{621 \quad 330}{1790} = 0,1626 \quad (S_4)^{-\frac{1}{2}} = 2,4802$$

$$S_5 = \frac{330 \quad 149}{1790} = 0,1011 \quad (S_5)^{-\frac{1}{2}} = 3,1448$$

$$S_6 = \frac{149 \quad 68}{1790} = 0,0453 \quad (S_6)^{-\frac{1}{2}} = 4,7009$$

$$S_7 = \frac{68 \quad 29}{1790} = 0,0218 \quad (S_7)^{-\frac{1}{2}} = 6,7748$$

$$S_8 = \frac{29 \quad 17}{1790} = 0,0067 \quad (S_8)^{-\frac{1}{2}} = 12,2134$$

$$S_9 = \frac{17 \quad 27}{1790} = 0,0056 \text{ (Se toma valor absoluto)} \quad (S_9)^{-\frac{1}{2}} = 13,3791$$

$$S_{10} = \frac{27 \quad 10}{1790} = 0,0095 \quad (S_{10})^{-\frac{1}{2}} = 10,2613$$

Para concluir aplicando la ecuación de pendiente media del cauce propuesta por Taylor-Schwartz obteniendo el siguiente resultado:

$$S = \left( \frac{N}{\sum_{i=1}^n (S_i^{-\frac{1}{2}})} \right)^2 = \left( \frac{10}{59,8715} \right)^2 = 0,0279 \quad \bar{S} = 2,79\%$$

Analizando el resultado y comparándolo con la teoría este resultado de  $S = 2,79\%$  es directamente proporcional a la velocidad que tendrá el agua al drenar por el cauce principal para cuencas con valores de pendiente media del cauce muy altos se consideran cuencas más erosivas, con comportamientos más violentos.

### **Ejercicios Propuestos:**

- 1. De la cuenca seleccionada en el capítulo II, determine los órdenes de los cauces y diga de que orden es el cauce principal.**
- 2. De la cuenca seleccionada en el capítulo II, Calcule los siguientes parámetros hidrográficos:**
  - Razón de bifurcación.**
  - Densidad de drenaje.**
- 3. Indique cuando una cuenca está bien o mal drenada, por qué y que factores determinan que la misma este bien o mal drenada.**
- 4. De la cuenca seleccionada anteriormente, Trazar su perfil longitudinal y hacer un análisis del mismo y calcule y realice un análisis de los valores obtenidos.**
  - Longitud del cauce principal.**
  - Pendiente media del cauce.**

## **CAPÍTULO V PARÁMETROS DE RELIEVE**

Los parámetros de relieve de una cuenca, son todos aquellos factores que afectan la respuesta hidrológica de una cuenca, por lo cual el estudio de estos parámetros es esencial para poder describir el comportamiento de una cuenca ante algún desastre natural que pudiera presentarse en la misma. Según Ruiz (2001) afirma que “La topografía o relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre la respuesta hidrológica, que la forma de la misma. Numerosos parámetros han sido desarrollados para describir el relieve de una cuenca” (p.119).

En este capítulo se explica los parámetros de relieve principales como son la pendiente media, elevación media, coeficiente de rugosidad, curva hipsométrica y factores claves para predecir el comportamiento de la cuenca hidrográfica. Con carácter general se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores. Entre los parámetros de relieve mencionados anteriormente tenemos:

### **5.1 Elevación media.**

Este factor expresa la altura definida por el volumen de la cuenca en relación a la superficie de la misma (Gaspari, et. al., 2010).

La elevación es un factor que afecta la temperatura y la precipitación como consecuencia de la misma, la temperatura disminuye y tiene efecto marcado sobre la pérdida de agua causada por la evaporación (Ruiz, 2001).

Este parámetro es de suma importancia ya que da la información sobre el promedio de todas las alturas que determinan el comportamiento hidrológico de la

cuenca. Para determinar este factor se necesita obtener las curvas de nivel de la cuenca ya sea utilizando herramientas cartográficas o digitales y seleccionando las mismas de forma que se evidencie los cambios de pendiente en la cuenca, También se pueden seleccionar la misma verificando los quiebres de las pendientes en el perfil longitudinal y luego se determina el área entre las curvas de nivel.

La elevación media viene dada por una ecuación que relaciona el área de la cuenca, con las elevaciones medias de los tramos escogidos, para luego realizar una tabla en donde se calculan los valores de la elevación media por tramos y las áreas entre las curvas. La ecuación viene dada de esta forma:

$$E = \frac{ai \quad ei}{A}$$

En donde:

*ai*: Áreas entre curvas de nivel (m<sup>2</sup>)

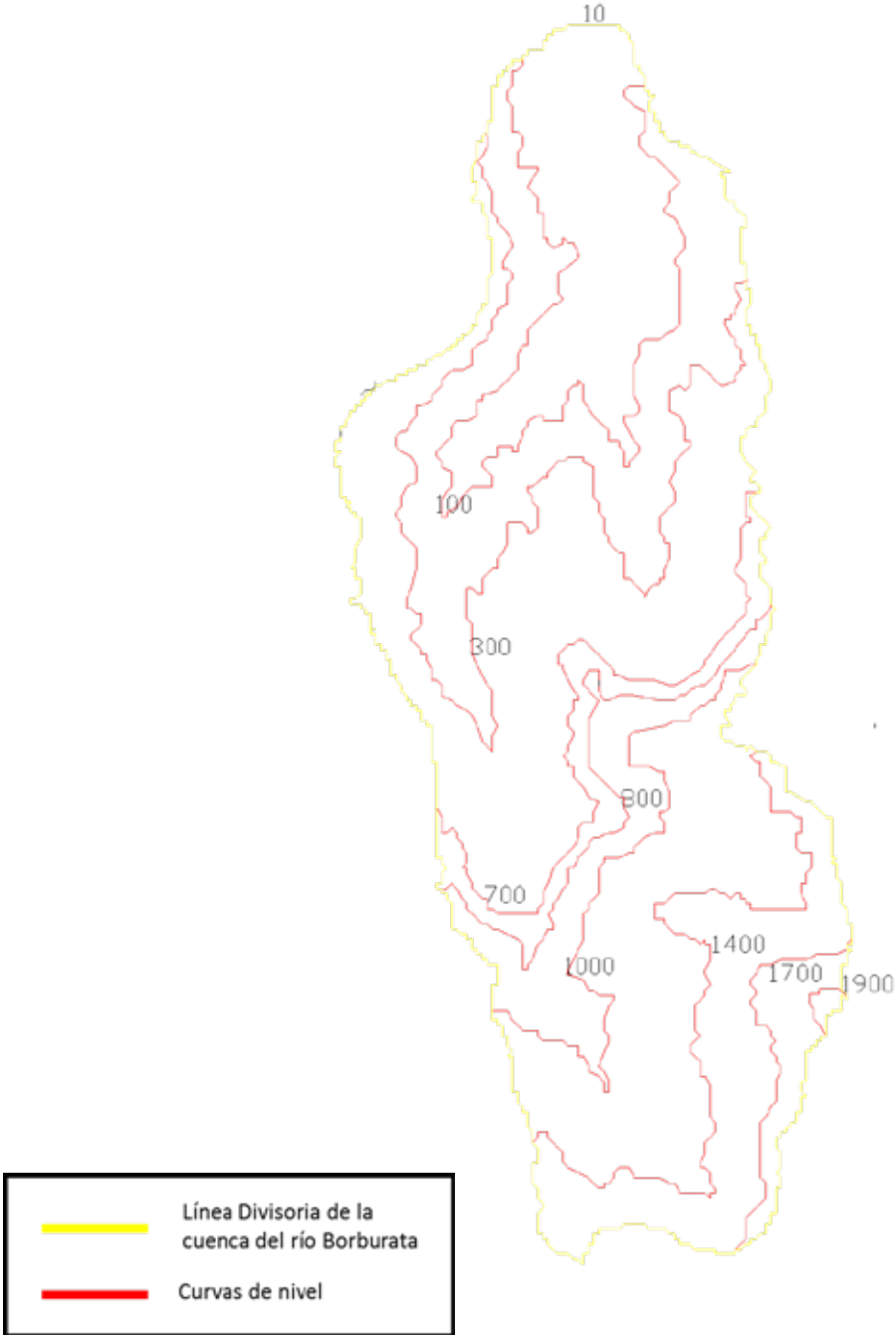
*ei*: Elevación media entre tramos (msnm)

*A*: Área de la cuenca (m<sup>2</sup>)

### **Ejercicio práctico:**

Para el cálculo de la elevación media en la cuenca del río Borburata se procedió previamente a obtener las curvas de nivel con la herramienta digital georreferenciada Global Mapper para luego exportar las mismas a Civil Cad donde se obtuvo el área de las mismas. Luego se sectorizo la cuenca utilizando el perfil longitudinal y tomando en cuenta las curvas de nivel donde las elevaciones cambien significativamente.

**Figura 5.1** Ejemplo de sectorización de la cuenca del río Borburata por curvas de nivel, donde hubo cambios de pendiente significativas dentro de los límites de la divisoria. (Cuenca vista aguas)



**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Civil Cad 3D (2018)

Luego se procede a generar una tabla para la facilidad de la comprensión de este cálculo, donde se calculan todos los parámetros necesarios para la aplicación de la ecuación mostrada anteriormente tomando en cuenta el factor de corrección (Fc) este factor viene dado por que se aplica al % área con respecto al total corregido, para obtener un resultado más exacto.

La tabla fue hecha con la herramienta Excel para facilitar el cálculo y la misma queda de esta forma:

**Tabla 5.1** Tabla de elevación media de la cuenca del río Borburata.

I		II	III	IV
Curva de nivel (msnm)		Elevación media, ei (msnm)	Área entre curvas, ai (M2)	ei*ai
1900	1700	1800	1517600	2731680000
1700	1400	1550	6139700	9516535000
1400	1000	1200	9533200	11439840000
1000	800	900	3698100	3328290000
800	700	750	2305900	1729425000
700	300	500	14617200	7308600000
300	100	200	10126800	2025360000
100	10	55	7894400	434192000
			55832900	38513922000.0
		Elevación media de la cuenca		689.81

**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

De la tabla anterior se obtuvieron cada uno de los cálculos previos a la resolución de la elevación media. Se observa que en la columna I se muestra las curvas de nivel seleccionadas para la obtención de la elevación media, que fueron extraídas de los cambios notables de pendientes observadas en el perfil longitudinal, ya que en el plano cartográfico se dificulta la visualización de estos cambios para la selección de la curvas de nivel a utilizar. En la columna II, se calculan las elevaciones medias de los tramos escogidos, estas se determinan aplicando una simple operación aritmética de promedio, en la cual se obtiene como resultado las elevaciones medias de los tramos “ei”.

En la columna III se vacía los datos de las áreas entre las curvas de nivel “ai” (estas se obtuvieron utilizando la herramienta digital Civil Cad con la información de Google Earth procesada por Global Mapper), que al sumarlas entre si se obtiene el área total de la cuenca, Para luego multiplicar respectivamente en la columna IV ambas columnas anteriores (columna II y III). Los valores obtenidos en la columna IV se suman entre sí para obtener la sumatoria de la multiplicación de “ai” por “ei” (  $\sum ai \cdot ei$ ) para así calcular la elevación media de la cuenca dividiéndolo entre el área total de la misma, aplicando la fórmula de elevación media queda de la siguiente forma:

$$E = \frac{\sum ai \cdot ei}{A} = \frac{38513922000}{55832900} = 689.81 \text{ msnm}$$

Lo que quiere decir que la Cuenca del rio Borburata posee una elevación media de 689.81 msnm aproximadamente.

## **5.2 Pendiente media de la cuenca.**

Este parámetro es la media ponderada de todas las pendientes de las áreas elementales en las que se considera constante la máxima pendiente. Es decir muestra el grado de rugosidad que tiene el suelo de la cuenca expresado en porcentaje (Beltrán, 2010), Es decir, es clave para el cálculo de los parámetros de relieve ya que toma en cuenta todas las pendientes importantes (pendientes máximas) para luego promediarla y obtener un valor en porcentaje del promedio de las pendientes de la cuenca (Ruiz, 2001).

Esta medida posee múltiples características que lo definen como uno de los parámetros más importantes en cuanto se refiere al estudio del relieve de la cuenca. Por ello Ruiz (2001), indica que “Es un parámetro del relieve que es difícil de cuantificar si lo estudiamos en sus componentes particulares. Por lo tanto se hace necesario su estudio en un contexto integral... (p.136).

La pendiente media guarda relación, aunque compleja, con la infiltración, el escurrimiento, la humedad del suelo y la contribución de las aguas subterráneas al caudal de todas las corrientes, también se relaciona con el control de tiempo de concentración en los cauces de los ríos, teniendo importancia sobre las magnitudes de las crecientes de los ríos.

Debido a que las pendientes de las cuencas no son constantes no se puede utilizar un método aritmético común, por lo tanto se utilizan múltiples métodos entre los que tenemos el método de Alvort, el cual propuso el uso de un método analítico y uno tabular para la resolución de la pendiente media de cualquier cuenca, ambos métodos llegan al mismo resultado pero calculados de formas distintas, el método tabular será el utilizado para el cálculo de este parámetro en la cuenca del río Borburata para una mayor comprensión del mismo.

Para desarrollar el método de Alvort como resolución de la pendiente media de la cuenca, se realizara una sumatoria de las pendientes de las franjas elementales, quedando de la siguiente forma:

$$PM = \sum PMi$$

Dónde:

*PM: Pendiente media de la cuenca (%)*

*PMi: pendientes de las franjas elementales (%)*

Para la obtención de las pendientes de las franjas elementales “PMi”, se debe tomar en cuenta la siguiente ecuación:

$$PMi = \frac{Di \quad Li}{ai}$$

Dónde:

*PMi: pendientes de las franjas elementales (%)*

*Di: Intervalo entre curvas de nivel imaginaria (msnm)*

*Li: Longitud de la curva de nivel representativa de la franja elemental (km)*

*ai: Áreas Parciales (km<sup>2</sup>)*

Siendo Di el intervalo de variación de las cotas medias, las cuales se obtienen del promedio de las curvas de nivel pertenecientes a los tramos de las franjas elementales, previamente habiendo determinado las curvas imaginarias que determinaran correctamente las franjas elementales, donde estas curvas se establecerán por encima de la curva de nivel mayor (correspondientes a las crestas de la montañas) y por debajo de la curva de nivel inferior (punto de concentración), estas

curvas de nivel imaginarias se crean tomando en consideración la variación más frecuente entre curvas de nivel.

Para una mayor visualización del método de Alvort, buscando la obtención sencilla de resultados se propone usar la siguiente tabla donde cada uno de los parámetros antes mencionados corresponde con las variables de las columnas de la tabla:

**Tabla 5.2** Tabla de pendiente media de la cuenca.

I	II	III	IV	V	VI
Curva de nivel (msnm)	Cota media (msnm)	Intervalo entre curvas de nivel imaginaria, Di (msnm)	Longitud de la curva de nivel representativa de la franja elemental, Li (km)	Áreas Parciales, ai (km <sup>2</sup> )	Pendiente, PMi (%) VI=III*IV/
Pendiente media de la cuenca				PM(%)=	

**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

Los resultados de pendiente media de la cuenca obtenida de la tabla anterior pueden ser comparados con la tabla siguiente propuesta por Pérez (1979), para determinar las características del terreno y así conocer qué tipo de relieve probablemente tenga la cuenca.

**Tabla 5.3** Característica cualitativa del relieve de una cuenca de acuerdo a su pendiente.

Pendiente media (%)	Características del Relieve
0 - 2	Llano
2 - 5	Suave
5 - 10	Accidentado medio

10 - 15	Accidentado
15 - 25	Fuertemente accidentado
25 - 50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

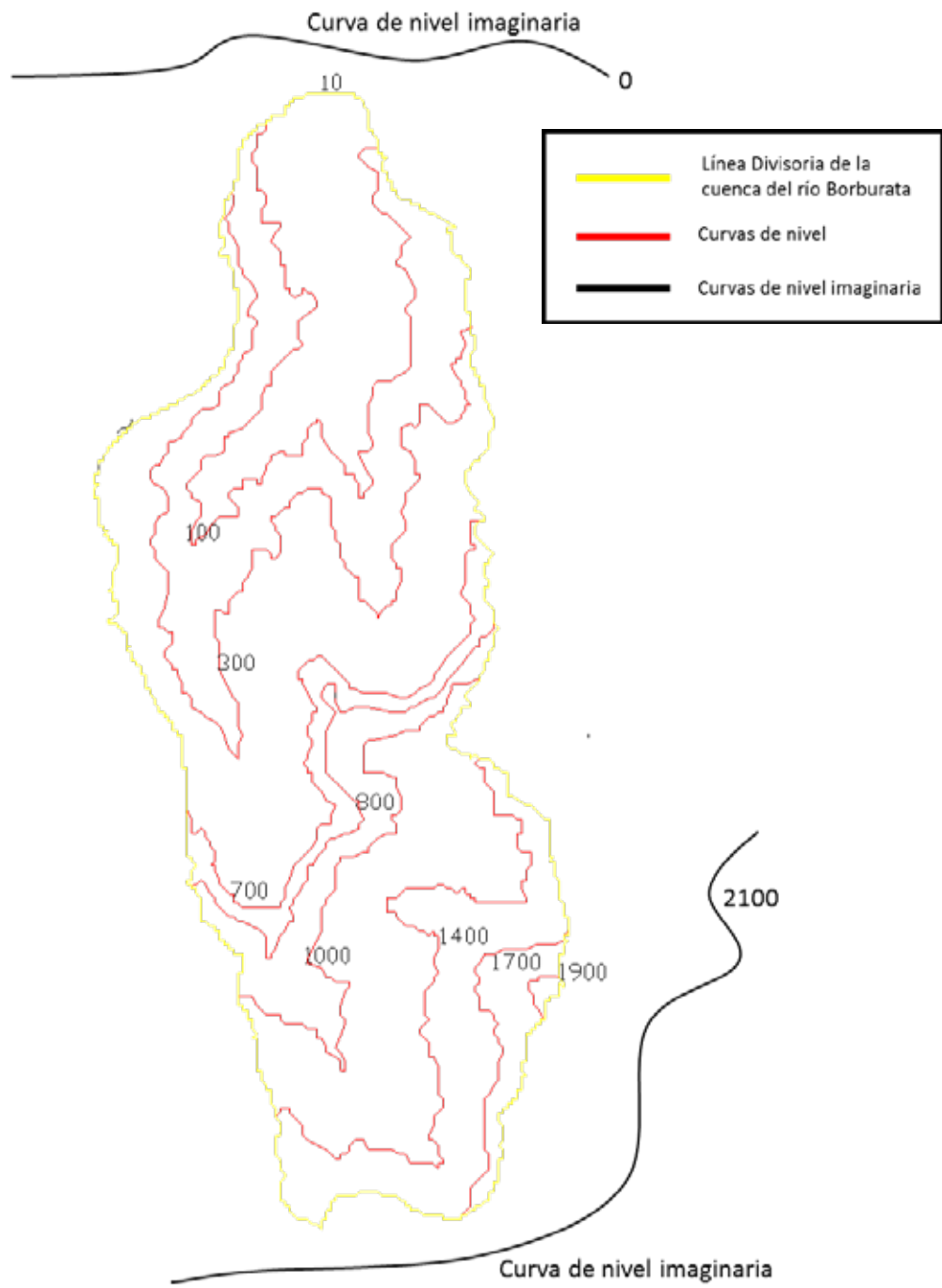
**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

### **Ejercicio práctico:**

Para el cálculo de la pendiente media de la cuenca, se observa el intervalo en que incrementan o disminuyen las curvas de nivel tomadas en el cálculo de elevación media de la cuenca, observando que estas varían cada 400 m, 300 m, 200 m, 100 m y 90 m, pero se debe tomar la variación que sea más frecuente, para este caso sería la variación de 200 m, ya que se repite 3 veces y esta es la de mayor cantidad de repetición.

Posteriormente se debe establecer unas curvas de nivel imaginarias por encima de la curva de nivel mayor (correspondientes a las crestas de la montañas) y por debajo de la curva de nivel inferior (punto de concentración), estas curvas de nivel imaginarias se crean tomando en consideración la variación más frecuente entre curvas de nivel, el cual para este caso es 200 m y teniendo en cuenta que la curva de nivel mayor es 1900 msnm y la menor es 10 msnm, se establece que la curva imaginaria superior será 2100 y la curva imaginaria inferior será 0 msnm, en el caso de la curva de nivel imaginaria inferior el cual debía también tener una variación de 200 m, se toma como línea imaginaria inferior 0 msnm, ya que es la menor curva posible por debajo de 10 msnm.

**Figura 5.2** Ejemplo de sectorización de la cuenca del río Borburata por curvas de nivel con sus respectivas curvas de nivel imaginarias, propuestas por el método de Alvort para el cálculo de pendiente media de la cuenca.



**Fuente:** Gravina y Rondón con base en Civil Cad 3D (2018)

Posteriormente se debe tener el área entre las curvas nivel que contenga la curva representativa, la cual será tomada de un plano cartográfico obtenido con el procesamiento de Global Mapper y Civil CAD 3D (**ver figura 5.1**), de la información suministrada por google earth, e igual manera se debe obtener la longitud dentro de la cuenca de la curva de nivel que sea representativa en el tramos a trabajar.

Desarrollando el método tabular de Alvord y vaciando la información se obtiene la siguiente tabla:

**Tabla 5.4** Tabla de pendiente media de la cuenca del río Borburata.

I		II	III	IV	V	VI
Curva de nivel (msnm)		Cota media (msnm)	Intervalo entre curvas de nivel imaginaria, Di (msnm)	Longitud de la curva de nivel representativa de la franja elemental, Li (km)	Áreas Parciales, ai (km <sup>2</sup> )	Pendiente, PMi (%) VI=III*IV/
2100	1900	2000				
			200	1.1200	-	0.04
1900	1700	1800				
			250	5.3644	1.5176	0.24
1700	1400	1550				
			350	12.6165	6.1397	0.79
1400	1000	1200				
			300	10.1735	9.5332	0.55
1000	800	900				
			150	9.6389	3.6981	0.26
800	700	750				
			250	11.3752	2.3059	0.51
700	300	500				
			300	23.0122	14.6172	1.24
300	100	200				
			145	18.7453	10.1268	0.49
100	10	55				
			50	2.5009	7.8944	0.02
10	0	5				
					55.8329	
Pendiente media de la cuenca					PM(%)=	4.13

**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

Donde se observa que en la columna I, se introducen los valores de las curvas de nivel por tramo tomadas considerando la variabilidad de las pendientes del perfil longitudinal, ya que esta se expresa además de las pendientes del cauce, la forma en que cambia la pendiente en la cuenca, Por ejemplo, se tiene el tramo: 2100-1900, 1900-1700, 1700-1400, 1400-1000, 1000-800, 800-700, 700-300, 300-100, 100-10 y 10-0.

En la columna II, se debe introducir los valores de la cota media, obtenida como la cota media en el tramo considerado, Por ejemplo:

- La cota media entre las curvas de nivel 2100 y 1900 es:

$$Cota\ media_{(2100-1900)} = \frac{2100 + 1900}{2} = 2000\ msnm$$

- La cota media entre las curvas de nivel 1900 y 1700 es:

$$Cota\ media_{(1900-1700)} = \frac{1900 + 1700}{2} = 1800\ msnm$$

- La cota media entre las curvas de nivel 1700 y 1400 es:

$$Cota\ media_{(1700-1400)} = \frac{1700 + 1400}{2} = 1550\ msnm$$

- La cota media entre las curvas de nivel 1400 y 1000 es:

$$Cota\ media_{(1400-1000)} = \frac{1400 + 1000}{2} = 1200\ msnm$$

- La cota media entre las curvas de nivel 1000 y 800 es:

$$Cota\ media_{(1000-800)} = \frac{1000 + 800}{2} = 900\ msnm$$

- La cota media entre las curvas de nivel 800 y 700 es:

$$Cota\ media_{(800-700)} = \frac{800 + 700}{2} = 750\ msnm$$

- La cota media entre las curvas de nivel 700 y 300 es:

$$Cota\ media_{(700-300)} = \frac{700 + 300}{2} = 500\ msnm$$

- La cota media entre las curvas de nivel 300 y 100 es:

$$Cota\ media_{(300-100)} = \frac{300 + 100}{2} = 200\ msnm$$

- La cota media entre las curvas de nivel 100 y 10 es:

$$Cota\ media_{(100-10)} = \frac{100 + 10}{2} = 55\ msnm$$

- La cota media entre las curvas de nivel 10 y 0 es:

$$Cota\ media_{(10-0)} = \frac{10 + 0}{2} = 5\ msnm$$

En la columna III, se especifican los intervalos de variación pero tomados de los valores de cota media (estas al incluir la variación con las curvas de nivel imaginarias, se obtiene el intervalo entre curvas de nivel imaginarias), estos intervalos se calculan restando las cotas medias, Por ejemplo para este caso:

$$Intervalo\ entre\ curvas\ imaginarias_{(2000-1800)} = 2000 - 1800 = 200\ msnm$$

$$Intervalo\ entre\ curvas\ imaginarias_{(1800-1550)} = 1800 - 1550 = 250\ msnm$$

$$Intervalo\ entre\ curvas\ imaginarias_{(1550-1200)} = 1550 - 1200 = 350\ msnm$$

$$Intervalo\ entre\ curvas\ imaginarias_{(1200-900)} = 1200 - 900 = 300\ msnm$$

$$Intervalo\ entre\ curvas\ imaginarias_{(900-750)} = 900 - 750 = 150\ msnm$$

$$Intervalo\ entre\ curvas\ imaginarias_{(750-500)} = 750 - 500 = 250\ msnm$$

$$Intervalo\ entre\ curvas\ imaginarias_{(500-200)} = 500 - 200 = 300\ msnm$$

$$Intervalo\ entre\ curvas\ imaginarias_{(200-55)} = 200 - 55 = 145\ msnm$$

$$Intervalo\ entre\ curvas\ imaginarias_{(55-5)} = 55 - 5 = 50\ msnm$$

En la columna IV, se debe transcribir las longitudes de las curvas de nivel representativas en las franjas elemental (Espacio entre dos tramos), estas longitudes será la medida de la curva de nivel dentro de la cuenca o limitado por la divisoria de

aguas, el cual debe obtenerse de un planos topográfico, pero para nuestro caso, la información fue extraída de Google Earth, siendo procesada por Global Mapper y limpiada por Civil Cad, para establecer el criterio para escoger la curva de nivel representativa en la franja, esta será la curva intermedia o que se repite en la franja (es decir, el valor de la curva de nivel a tomar sera aquella que este tanto en un tramo como en otro y que pertenezcan a la misma franja elemental, para una mayor visualización de los explicado se muestran los siguientes ejemplos para el caso de la cuenca del río Borburata:

- La primera franja elemental, será aquella que contiene los dos primeros tramos, es decir el tramo 2100-1900 y 1900-1700, donde la curva de nivel representativa será la 1900 msnm.
- La segunda franja elemental, será aquella que contiene el 2do y 3er tramo, es decir el tramo 1900-1700 y 1700-1400, donde la curva de nivel representativa será la 1700 msnm.
- La tercera franja elemental, será aquella que contiene el 3er y 4to tramo, es decir el tramo 1700-1400 y 1400-1000, donde la curva de nivel representativa será la 1400 msnm.
- La cuarta franja elemental, será aquella que contiene el 4to y 5to tramo, es decir el tramo 1400-1000 y 1000-800, donde la curva de nivel representativa será la 1000 msnm.
- La quinta franja elemental, será aquella que contiene el 5to y 6to tramo, es decir el tramo 1000-800 y 800-700, donde la curva de nivel representativa será la 800 msnm.
- La sexta franja elemental, será aquella que contiene el 6to y 7mo tramo, es decir el tramo 800-700 y 700-300, donde la curva de nivel representativa será la 700 msnm.

- La séptima franja elemental, será aquella que contiene el 7mo y 8vo tramo, es decir el tramo 700-300 y 300-100, donde la curva de nivel representativa será la 300 msnm.
- La octava franja elemental, será aquella que contiene el 8vo y 9no tramo, es decir el tramo 300-100 y 100-10, donde la curva de nivel representativa será la 100 msnm.
- La novena franja elemental, será aquella que contiene el 9to y 10mo tramo, es decir el tramo 100-10 y 10-0, donde la curva de nivel representativa será la 10 msnm.

En la columna V, se debe vaciar la información de las áreas internas entre las curvas de nivel de los tramos, los valores de las áreas debe colocarse en la tabla a nivel de los valores del intervalo entre curvas imaginaria y de las longitudes de las curvas de nivel representativa, por lo que el área entre las curvas de los tramos serán las siguientes:

- Para el tramo 2100-1900, no existe área entre las curvas, ya que a curva 2100 es una curva imaginaria, por lo tanto no debe colocarse ningún valor.
- Para el tramo 1900-1700, el área entre las curvas es 1.5176 km<sup>2</sup>.
- Para el tramo 1700-1400, el área entre las curvas es 6.1397 km<sup>2</sup>.
- Para el tramo 1400-1000, el área entre las curvas es 9.5332 km<sup>2</sup>.
- Para el tramo 1000-800, el área entre las curvas es 3.6981 km<sup>2</sup>.
- Para el tramo 800-700, el área entre las curvas es 2.3059 km<sup>2</sup>.
- Para el tramo 700-300, el área entre las curvas es 14.6172 km<sup>2</sup>.
- Para el tramo 300-100, el área entre las curvas es 10.1268 km<sup>2</sup>.
- Para el tramo 100-10, el área entre las curvas es 7.8944 km<sup>2</sup>.

- Para el tramo 10-0, no existe área entre las curvas, ya que a curva 0 es una curva imaginaria, por lo tanto no debe colocarse ningún valor.

En la columna VI, se obtienen los valores de las pendientes en cada tramo, para ellos se debe multiplicar los valores respectivos de la columna III y IV (III: intervalos entre curvas de nivel imaginarias Di y IV: longitud de la curva de nivel representativa en la franja elemental Li) y dividirlo entre la sumatoria de la áreas parciales ai, por consiguiente, al aplicar la fórmula respectiva las pendientes de los tramos para la cuenca del río Borburata resultan de la siguiente forma:

- Para la franja elemental 2100-1900 y 1900-1700, la pendiente es 0.04%.
- Para la franja elemental 1900-1700 y 1700-1400, la pendiente es 0.24%.
- Para la franja elemental 1700-1400 y 1400-1000, la pendiente es 0.79%.
- Para la franja elemental 1400-1000 y 1000-800, la pendiente es 0.55%.
- Para la franja elemental 1000-800 y 800-700, la pendiente es 0.26%.
- Para la franja elemental 800-700 y 700-300, la pendiente es 0.51%.
- Para la franja elemental 700-300 y 300-100, la pendiente es 1.24%.
- Para la franja elemental 300-100 y 100-10, la pendiente es 0.49%.
- Para la franja elemental 100-10 y 10-0, la pendiente es 0.02%.

La pendiente media de la cuenca, quedará determinada como la suma de las pendientes de las franjas elementales, es decir la suma de los valores de la columna VI, por lo que sumando los valores obtenidos en la explicación anterior, la pendiente media de la cuenca resulta:

$$PM = \sum PMi = 4.13 \%$$

Comparando con la tabla 5.3 de las características del relieve, se puede concluir que la cuenca posee un relieve suave.

### **5.3 Curva hipsométrica.**

Es la distribución del área de las áreas parciales de la cuenca de acuerdo a un rango de elevación. Permite obtener la relación hipsométrica mediante el análisis altitudinal con el límite de la cuenca, el intervalo de altitud seleccionado debe ser una equidistancia para todas las áreas parciales de la cuenca (Gaspari, et. al., 2010).

En términos simples, la curva hipsométrica indica el porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca que existe por encima de cierta cota determinada. También esta grafica está relacionada directamente con el área de drenaje es por ello que Campos (1987) afirma que:

Esta curva representa el área drenada variando con la altura y la superficie de la cuenca, estos datos de elevación son significativos en el comportamiento de la temperatura y la precipitación, y representa gráficamente las elevaciones del terreno en función a la superficie correspondiente, La curva hipsométrica puede modificarse en función de la altura relativa y con ello permite estimar el estado de equilibrio dinámico potencial de la cuenca (p.11).

Por lo tanto la curva hipsométrica es el único parámetro característico del relieve que relaciona el área de drenaje de una cuenca de una forma sectorizada de acuerdo a un rango de elevación estimado, además nos caracteriza el relieve de la cuenca y nos caracteriza el % de superficie que se localiza por encima o por debajo de una cota. Antes de realizar la curva hipsométrica es indispensable tener los datos de las elevaciones y porcentajes de áreas sectorizadas previamente para luego construir la

gráfica, para la construcción e análisis de la misma se deben seguir las siguientes reglas básicas:

- Se sitúa en el eje de las abscisas el % área con respecto al total acumulado.
- Se sitúa en el eje de las ordenadas las elevaciones medias con respecto a sus curvas de niveles.
- Se pueden utilizar tanto herramientas digitales para la realización de la gráfica, como el uso de papel milimetrado para la misma.

Para el análisis e interpretación de los datos de la gráfica tenemos:

- Si los mayores porcentajes de áreas se encuentran en las partes altas de la cuenca se tendrá una cuenca con alta capacidad erosiva (fase de juventud).
- Si los valores de porcentajes de áreas están equilibrados se considera que la cuenca es equilibrada (fase de madurez).
- Si los mayores porcentajes de áreas se encuentran en las partes bajas de la cuenca, esta se considera una cuenca sedimentaria (fase de vejez).

### **Ejercicio Práctico:**

Para la construcción de la curva hipsométrica de la cuenca del río Borburata, se procesa la información de la tabla de elevación media de la cuenca, para así obtener la tabla de análisis porcentual de elevación media, de la cual se obtendrán los valores para la creación de la curva hipsométrica y así sea posible posteriores análisis referentes. La tabla de análisis porcentual de elevación media es la siguiente

**Tabla 5.5** Tabla de análisis porcentual de elevación media para construcción de curva hipsométrica.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Elevación media, ei (msnm)	Área entre curvas, ai (M2)	% Área con respecto al total	% Área con respecto al total acumulado	% Área sobre el límite inferior	% Área por debajo del límite superior	Factor de corrección, Fc	% Área con respecto al total corregido
1800	1517600	2.72%	2.72%	2.72%	100.00%	1	2.72%
1550	6139700	11.00%	13.71%	13.71%	97.28%	0.67	7.33%
1200	9533200	17.07%	30.79%	30.79%	86.29%	0.67	11.38%
900	3698100	6.62%	37.41%	37.41%	69.21%	1	6.62%
750	2305900	4.13%	41.54%	41.54%	62.59%	0.67	2.75%
500	14617200	26.18%	67.72%	67.72%	58.46%	0.67	17.45%
200	10126800	18.14%	85.86%	85.86%	32.28%	1	18.14%
55	7894400	14.14%	100.00%	100.00%	14.14%	0.67	9.43%
	55832900	100.00%			0.00%		

**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

Donde la columna I y II (Elevación media y área entre curvas) fue extraída de la tabla de elevaciones medias.

La columna III expresa en porcentaje que cantidad de área posee el tramo con respecto al área total, con respecto a la columna IV, determina los valores de áreas de forma acumulada a medida que va variando las elevaciones medias.

Las columnas V y VI, permiten realizar análisis porcentuales de las áreas con respecto a sus límites inferiores y superiores, demostrando las cantidades de áreas que están sobre y por debajo de las cotas seleccionadas, siendo útil para el análisis y obtención de información de todos los puntos de la cuenta, conociendo así el grado de afectación por alteraciones en el desenvolvimiento natural de la misma.

Debido a la inexactitud de la toma de datos tanto de las herramientas digitales como de los planos cartográficos, debido a la toma de tramos con desigualdad entre los rangos de variación de las cotas, produciendo alteraciones en los porcentajes reales de las áreas acumuladas, por ello se incorpora un factor de corrección que

corrige esas desviaciones en los porcentajes, acercándolos a valores más reales. Para el cálculo del factor de corrección “Fc” correspondiente a los valores de la columna VII, se plantea la siguiente fórmula:

$$Fc = \frac{IU}{ID}$$

Dónde:

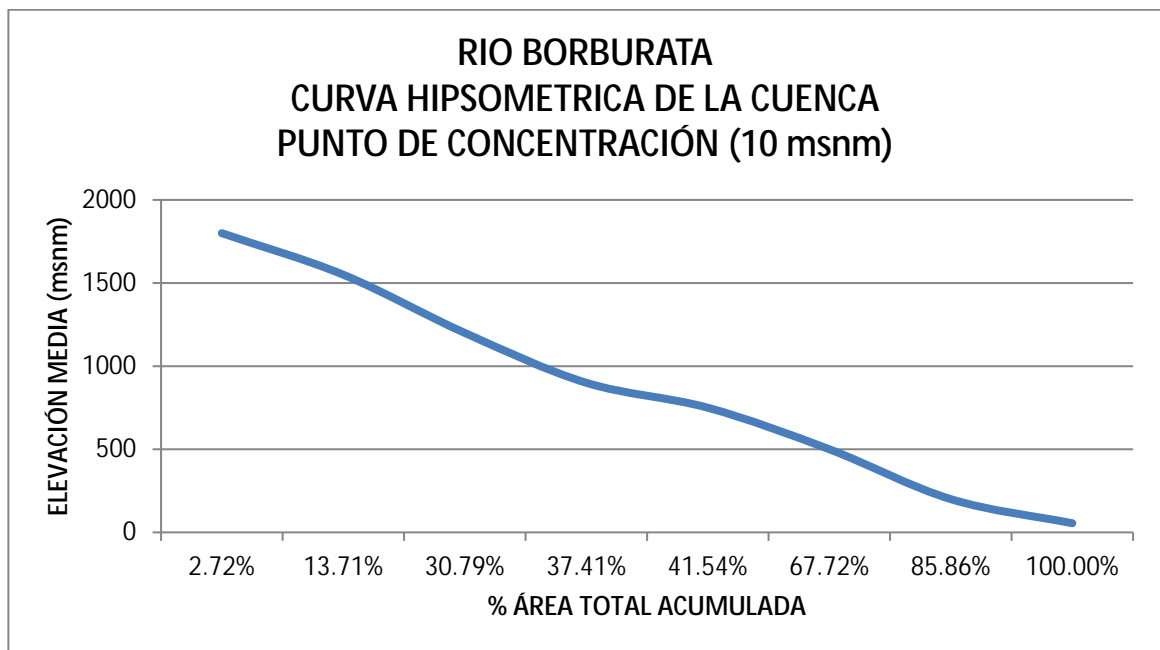
*IU: intervalo entre las curvas que mas se repite (m)*

*ID: intervalo entre las curvas que menos se repite (m)*

Para las curvas que poseen los intervalos que menos se repiten el factor de corrección será el calculado por la ecuación planteada anteriormente, mientras que para las curvas que posean los intervalos que más se repiten el factor de corrección será uno, es decir  $Fc=1$ , lo que quiere decir que no se corrigen. Este factor de corrección dado en la columna VII, se multiplicará con los valores respectivos de la columna III, determinando los valores de la columna VIII.

Para la obtención de la curva hipsométrica de la cuenca del río Borburata se usó la herramienta Excel para la elaboración de la misma, extrayendo la información de la tabla de análisis porcentual de elevación media mostrada anteriormente, de la cual se toman los datos de % áreas con respecto al total acumulado y los datos de las elevaciones medias ( $e_i$ ) de cada tramo en el que se sectorizó la cuenca.

**Gráfico 5.1** Curva hipsométrica de la cuenca del río Borburata.



**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

Analizando el resultado de la curva hipsométrica de la cuenca del río Borburata se puede decir que la misma es una cuenca equilibrada (fase de madurez) con un periodo erosivo presente pero en menos escala que las cuencas erosivas, esto se debe a que los % áreas se encuentran con valores medianamente constantes entre la parte alta y la parte baja de la cuenca.

#### **Ejercicios propuestos:**

- 1. De la cuenca seleccionada en el capítulo II, obtener la elevación media de la cuenca.**

- 2. Obtener la pendiente media de la cuenca, y definir si la misma posee pendientes altas o bajas.**
- 3. Obtenga la curva hipsométrica.**

## **CAPÍTULO VI TIEMPO DE CONCENTRACIÓN**

### **6.1 Tiempo de concentración (Tc)**

El tiempo de concentración es un valor importante para calcular en las cuencas ya que nos determina el tiempo que tardará el agua en recorrer la cuenca desde la parte más alta y más alejada hasta el determinado punto de concentración, es por ello que Beltrán (2007) define el tiempo de concentración como: “el tiempo que le toma llegar a la última gota de agua caída en la parte más lejana de la cuenca al desagüe” (p. 26).

Según Verdugo (2017, p.20) el Tc depende de los siguientes factores:

- Del tamaño de la cuenca: A mayor tamaño mayor Tc.
- De la topografía: A menor pendiente menor Tc.
- La forma: Las cuencas alargadas presentan menores Tc que las cuencas redondeadas.

El tiempo de concentración es una medida de la respuesta de la cuenca en crecidas y se define como el tiempo que tarda una gota en ir desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de concentración.

Además Llamas (1993) lo define como: “el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el sitio de desagüe”.

Es importante señalar que el tiempo de concentración es una variable propia para cada sitio donde sea calculado, ya que el valor responde al

comportamiento en tiempo del agua sobre la cuenca, y que dependen de las características geomorfológicas de la cuenca y la precipitación que pudiera caer sobre ella.

Pero estas definiciones no corresponden con el tiempo real, ya que es posible que existan lugares en la cuenca en la que el agua caída tarde más en llegar al punto de concentración que el más alejado, estando esté más cerca.

Se debe tener claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante ya que depende de las características de la precipitación, pero para obtener su valor en el cálculo hidrológico consideramos lluvias máximas que han logrado saturar el suelo logrando escorrentía superficial y escorrentía en canales para así tener un tiempo máximo que tardará el agua en llegar al punto de concentración.

Además es importante saber que el tiempo de concentración es utilizado en el diseño hidrológico, ya que a través de este valor se determina la capacidad hidráulica máxima de las estructuras a diseñar, por lo tanto a través del tiempo de concentración se logra determinar que toda el agua de la cuenca será recogida, por sus vertientes a través de la escorrentía superficial y a través de los cauces en ese tiempo, logrando una capacidad máxima de la sección para ese punto determinado como el de concentración.

Para el cálculo de tiempo de concentración se utiliza la siguiente expresión:

$$T_c = T_{cs} + T_v$$

Dónde:

*T<sub>cs</sub>*: *Tiempo de concentración Superficial*

*T<sub>v</sub>*: *Tiempo de viaje a través de los cauces naturales*

La fórmula anterior toma en cuenta para el cálculo de tiempo de concentración, la suma del tiempo que tardara el agua en realizar la escorrentía superficial sobre las vertientes de la cuenca, este sería el tiempo de concentración superficial, más el tiempo que tardará el agua (encauzada) en llegar desde el punto más lejano y alto del cauce hasta el punto de concentración, siendo este el tiempo de viaje.

Para calcular el tiempo de concentración superficial se debe utilizar la siguiente expresión:

$$T_{cs} = \frac{L}{(M \bar{S})}$$

Dónde:

*T<sub>cs</sub>*: Tiempo de concentración superficial (minutos)

*L*: Longitud del tramo de recorrido superficial (m)

*M*: Factor tabulado en función del tipo de cobertura superficial (adimensional)

*S*: Pendiente del tramo de recorrido superficial,  $\frac{H}{L} \left(\frac{m}{m}\right)$

Para obtener el valor de M, se debe utilizar la siguiente tabla:

**Tabla 6.1** Factor M para cálculo de tiempo de concentración superficial.

Nº	Cobertura superficial	M
1	Bosque húmedo tropical	50
2	Cultivos terraceados, pastos altos, barbecho	100
3	Potreros, pastizales cortos	140
4	Cultivos en hilera	180
5	Ninguna vegetación	200
6	Pavimento *	400

\*Puede emplearse también cuando hay cárcavas incipientes  
**Fuente:** Franceschi (1984)

El tiempo de concentración superficial es muy importante y sobre todo en áreas que no tengan cauces o su escurrimiento sea difuso, es por ello que Franceschi (1984) hace mención que:

“En algunos casos, el tiempo de concentración superficial ( $T_{cs}$ ), es tan o más importante que el tiempo de viaje ( $T_v$ ). Tal es el caso de aquellas cuencas de pequeña extensión, donde no hay un sistema natural de canales bien desarrollado, o donde existen extensas áreas planas cultivadas o sin cultivar y, en general, donde prevalece el escurrimiento difuso, bajo la forma de una lámina de agua de poco espesor.”(p. 61)

Para el caso de cuencas donde en su mayoría toda el área de la misma se encuentre drenada por cauces, existiendo por lo tanto poca escorrentía superficial, el valor de tiempo de concentración superficial será despreciable, teniendo un valor igual a 0.

Por lo que se puede decir que cuando se visualice que existan suficientes red de drenaje sobre las vertientes de la cuenca el  $T_{cs} = 0$

Con respecto al cálculo de tiempo de viaje existen numerosas fórmulas que satisfacen este valor, la escogencia de la fórmula adecuada va a depender de la localidad de la cuenca en estudio, ya que los diferentes autores propusieron estas fórmulas experimentales en función de un sitio específico o con características determinadas. De las numerosas ecuaciones propuestas por diferentes autores se hará el desarrollo de tres (3) de ellas, que corresponden a las de uso general o las que pueden ser utilizadas porque cumplen con sitios con características generales de una cuenca.

Se recomienda para estimar correctamente el tiempo de viaje detectar según las características de la cuenca y su localidad las ecuaciones experimentales acordes y calcular un promedio de los valores obtenidos por las fórmulas escogidas, El tiempo de concentración resultará como el valor promedio de estos valores.

Entre las fórmulas a considerar para el cálculo de tiempo de viaje se tiene:

### 6.1.1. Fórmula de Kirpich

$$T_v = 0,0195 \left( \frac{Lc^3}{H} \right)^{0,385}$$

Dónde:

*T<sub>v</sub>*: Tiempo de viaje (minutos)

*Lc*: Longitud del cauce principal (m)

*H*: Diferencia de altura del cauce principal ( m)

La fórmula desarrollada por Kirpich en 1940, la ideó a partir de la información del SCS (Soil Conservation Service de Estados Unidos), para unas cuencas rurales en Tennessee y Pensilvania con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%).

Para flujos sobre flujos de concreto o asfalto se debe multiplicar el *t<sub>v</sub>* por 0,4; Para canales de concreto se debe multiplicar por 0,2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.

López (2006), plantea que la fórmula de Kirpich (Californiana): "...pueda admitirse en algunas cuencas urbanas, pero en las naturales supone una notable infravaloración de ese concepto y más parece adecuarse al tiempo de demora  $T_g$  que separa los centros de gravedad del hietograma y del hidrograma superficial..." (p. 19), sin embargo esta fórmula es utilizada como referencia en los textos como representación del tiempo de concentración.

Se recomienda utilizar la fórmula de Kirpich para cuencas menores a 80 hectáreas, Ponce (1994).

#### **6.1.2. Dirección General de Carreteras.**

$$T_v = 0,3 \left( \frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

Dónde:

$T_v$ : *Tiempo de viaje ( oras)*

$J$ : *Pendiente media del cauce principal,  $\frac{H}{L}$   $\left(\frac{m}{m}\right)$*

$H$ : *Diferencia de nivel entre el punto de desagüe y el punto idrológicamente más alejado (m)*

$L$ : *longitud del cauce principal (km)*

Esta fórmula propuesta en 1978 por la Dirección General de Carreteras de España proviene de la adaptación y simplificación de la fórmula del U.S. Corps of Engineers.

La fórmula de U.S. Corps of Engineers es más satisfactoria en comparación con la de Kirpich y la de otros autores que han estudiado el tiempo de concentración (López, 2006). Además, López (2006) plantea que la ecuación de U.S. Corps of Engineers: "define el tiempo mediano que transcurre desde el origen del hidrograma hasta el momento en que se ha desaguado la mitad de su volumen."(p. 19)

Es por ello que al utilizar la fórmula planteada por la Dirección General de Carreteras, la cual es un equivalente de la fórmula U.S. Corps of Engineers, obtenemos valores experimentales ajustados en todo el campo de valores (Temez, 1978).

El método de la Dirección General de Carreteras, según López (2006): “permite aplicar a un rango de tiempo de concentración  $0, \quad tv$  ” (p. 13)”, además López (2009), expresa que: “este método es aplicable a cuencas naturales de régimen predominantemente pluvial donde no se dejen sentir efectos extraordinarios de laminación en lagos y embalses o bien en grandes planas de inundación” (p. 27)

### **Fórmula de la Dirección General de Carreteras para cuencas pequeñas**

Para el caso de cuencas pequeñas son apropiados métodos meteorológicos, desarrollados en la estimación de su escorrentía a través de la aplicación de una intensidad media a la superficie de la cuenca. Es importante señalar que los caudales máximos son intervenidos por la única componente de la precipitación que cae sobre la cuenca, la cual escurre superficialmente (López, 2006).

Para estimar el tiempo de concentración de aquellas cuencas pequeñas (tomando en consideración lo anteriormente expuesto), estableciéndolas así por el límite del método 0.25h, el cual excluye aquellas cuencas minúsculas donde el tiempo de recorrido por la red de drenaje es muy pequeño en comparación con el tiempo de recorrido difuso sobre el terreno. Tomando en consideración lo anterior se plantea utilizar la siguiente relación:

$$Tc = 0.05 + 0.1 \left( \frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Dónde:

*T<sub>c</sub>*: Tiempo de concentración cuando el recorrido difuso es relevante. ( oras)

*J*: Pendiente media del cauce principal,  $\frac{H}{L} \left( \frac{m}{m} \right)$

*H*: Diferencia de nivel entre el punto de desagüe y el punto hidrológicamente más alejado (m)

*L*: longitud del cauce principal (km)

### **Fórmula de la Dirección General de Carreteras para cuencas urbanas.**

Cuando existan porcentajes considerables de zonas urbanizadas, es conveniente tomar en consideración las alteraciones hidrológicas que esto produce, las formulas expuestas anteriormente propuestas por la Dirección General de Carreteras son referidas para cuencas naturales, por ellos se toma en cuenta la urbanización de cuencas y sus afectaciones en los cálculos propuestos

Además, es importante señalar que las aguas de la precipitación que caen sobre la cuenca encuentran más favorables la circulación en zonas urbanas que en zonas naturales, por lo tanto el tiempo de concentración será menor en zonas naturales, por lo que no podrá ser estimado por la fórmula anteriormente especificada por la Dirección General de Carreteras (Temez, 1978).

Por lo anteriormente dicho Temez (1978), propone una formulación para el cálculo de tiempo de concentración que considera las zonas urbanas cuando son en un porcentaje considerable:

$$T'c = \frac{Tc}{1 + 3\sqrt{\mu(2 - \mu)}}$$

Donde:

*T'c*: tiempo de concentración real en la cuenca urbana

*Tc*: tiempo de concentración correspondiente a la misma cuenca

en estado natural no urbanizado.

$\mu$ : Factor que relaciona la superficie impermeable con la superficie total

Siendo:

$$\mu = \frac{\text{Superficie impermeable}}{\text{Superficie total}}$$

Pudiendo relaciona  
manera:

**Tabla 6.2**

<b>Grado de urbanización</b>	
Pequeño	
Moderado	
Importante	
Muy desarrollado	

**Fuente:** Temez (1978)

Finalmente Temez (1978), expresa que: “La fórmula anterior supone las zonas urbanizadas repartidas en la cuenca y no muy concentradas en una de sus partes, pues en esos casos el tiempo de concentración dependería también de la situación de dichas zonas” (p. 59.)

### 6.1.3 Bransby-Williams

$$T_v = \frac{L}{1,5D} \sqrt[5]{\frac{M^2}{F}}$$

Dónde:

*T<sub>v</sub>: Tiempo de viaje ( oras)*

*L: Distancia máxima a la salida (km)*

*D: Diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca (km)*

*M: Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)*

*F: pendiente media del cauce principal (%)*

La fórmula que data de 1922, fue planteada por George Bransby Williams, el cual no señala como surge esta formulación ni datos sobre territorios específicos para su utilización. Bransby Williams expresa que: "Esta fórmula proporciona una concentración algo más rápida de la que realmente tiene lugar en la mayoría de los casos".

A pesar de esto, se recomendó la fórmula de Bransby Williams, en ARR (Australian Rainfall and Runoff) de 1987, para el Territorio del Norte y las áreas semiáridas del norte y oeste. La aplicación de la fórmula de Bransby-Williams se recomienda para cuencas menores a 75 km<sup>2</sup>.

Finalmente se concluye que el cálculo de tiempo de concentración a través de estimaciones por diferentes métodos (aplicando inclusive otros métodos no propuestos en la presente guía) se basa en la múltiple variabilidad de los resultados de este parámetro, para poder comprender los rangos de variación y así lograr una confiabilidad de los resultados suministrados por la estimación del tiempo de concentración.

### **Ejercicio práctico:**

Para estimar el tiempo de concentración de la cuenca del Rio Borburata (10 msnm), se procede calcular el tiempo de concentración superficial y el tiempo de vuelo, este último será calculado por la fórmula de Kirpich, la fórmula de la Dirección General de Carreteras y la fórmula de Bransby-Williams, para así realizar un promedio de los resultados obtenidos y estimar el tiempo de concentración de la cuenca (obviando aquellos resultados que se encuentren desviados).

De los datos obtenidos en los capítulos anteriores de esta guía y aplicando las fórmulas de este capítulo queda de la siguiente manera:

$$T_{cs} = \frac{L}{(M \bar{S})} = 0$$

Para este caso el tiempo de concentración será igual a cero, ya que la cuenca del río Borburata se encuentra con red cauces por todo el área de la cuenca, lo que indica que las áreas donde existirán escorrentía superficial son muy pequeñas y por lo tanto serán despreciables.

#### **Fórmula de Kirpich.**

$$L_c = 17700 \text{ m}$$

$$H = 1753 \quad 10 = 1743 \text{ m}$$

$$T_v = 0,0195 \left( \frac{L_c^3}{H} \right)^{0,385} = 0,0195 \left( \frac{17700^3}{1743} \right)^{0,385} = 88,8268 \text{ minutos}$$

$$T_v = 88.82 \text{ minutos} = 1.48 \text{ oras}$$

#### **Fórmula de la Dirección General de Carreteras.**

$$L = 17.7 \text{ km}$$

$$J = \frac{H}{L} = \frac{1753 \quad 10}{17700} = 0.0985 \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$T_v = 0,3 \left( \frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} = 0,3 \left( \frac{17,7}{(0.0985)^{1/4}} \right)^{0,76} = 4,13 \text{ oras}$$

$$T_v = 248.30 \text{ minutos} = 4.13 \text{ oras}$$

Observando el resultado obtenido de tiempo de viaje por la fórmula de la Dirección General de Carreteras se analiza que  $T_v = 4.13 \text{ oras} > 0,25$  , por lo que se puede decir que no es considerada una cuenca pequeña en el cálculo de tiempo de vuelo, por lo que no es necesario la aplicación de la fórmula para cuencas pequeñas propuestas por la Dirección General de Carreteras.

Posteriormente, verificando el grado de urbanización de la cuenca para analizar si es necesario aplicar la fórmula para cuencas urbanas, a pesar de observar en las imágenes satelitales de la cuenca de rio Borburata arrojadas por Google Earth se aprecia que es una cuenca natural con un área urbanizada muy pequeña, corroborando las imágenes y aplicando el grado de urbanización se tiene:

$$\mu = \frac{\text{Superficie impermeable}}{\text{Superficie total}} = \frac{1,94 \text{ km}^2}{56,2 \text{ km}^2} = 0,0345$$

Lo que quiere decir que apenas un 3,45 % del área total de la cuenca es urbanizada, comparando este valor con los de la tabla 6.2, se deduce que la cuenca

cuenca su grado de urbanización es pequeño, se considera que no es una cuenca urbana y no es necesaria la aplicación de la fórmula para cuencas urbanas de la Dirección General de Carreteras.

Quedando entonces:

$$T_v = 248.30 \text{ minutos} = 4.13 \text{ oras}$$

### Fórmula de Bransby-Williams.

$$L = 17,7 \text{ km}$$

$$D = 8,46 \text{ km}$$

$$M = 56,27 \text{ km}^2$$

$$F = 2.79\%$$

$$T_v = \frac{L}{1,5D} \sqrt[5]{\frac{M^2}{F}} = \frac{17,7}{1,5(8,46)} \sqrt[5]{\frac{56,27^2}{2,79}} = 5.6951 \text{ oras}$$

$$T_v = 341.70 \text{ minutos} = 5.695 \text{ oras}$$

### Estimación del tiempo de viaje.

Obtenidos los valores de tiempo de viaje propuestos por los 3 diferentes métodos, se deben descartar aquellos que se encuentren desviados de los 3 valores obtenidos, para este caso se desprecia el valor conseguido de la fórmula de Kirpich, ya que arrojó un valor muy diferente a los logrados por la fórmula de la Dirección General de Carretera y la de Bransby-Williams, por lo que se calculará un promedio entre las últimas 2 fórmulas mencionadas, para así obtener una estimación del tiempo de viaje de la cuenca, quedando de la siguiente forma:

**Tabla 6.3** Estimación de tiempo de viaje.

<b>Autor de la Ecuación</b>	<b>Tv (minutos)</b>
Dirección General de Carreteras	248.30
Bransby-Williams	341.70
<b>Promedio Tv (minutos)</b>	<b>295.00</b>

**Fuente:** Gravina y Rondón (2018)

Por lo que el tiempo de viaje a considerar será:

$$T_v = 295 \text{ minutos} = 4.92 \text{ oras}$$

Finalmente, aplicando la siguiente ecuación para obtener la estimación del tiempo de concentración de la cuenca, queda:

$$T_c = T_{cs} + T_v = 0 \text{ minutos} + 295 \text{ minutos} = 295 \text{ minutos}$$

$$T_c = 295 \text{ minutos} = 4.92 \text{ oras}$$

De la estimación del tiempo de concentración para la cuenca del río Borburata, se analiza que la cuenca tardará 295 minutos en drenar el agua caída de la precipitación en la cuenca, cuando el suelo se encuentra en estado saturado, desde la parte más alta de la cuenca hasta el punto más bajo o de concentración (para este caso, 10 msnm).

#### **Ejercicios propuestos:**

- 1. De la cuenca seleccionada en el capítulo II. Calcular el tiempo de concentración de la cuenca utilizando los tres métodos explicados en este capítulo compare los valores obtenidos.**
- 2. Investigue varios métodos para calcular el tiempo de concentración, identifique si puede ser aplicado en la cuenca seleccionada.**

## CAPÍTULO VII COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

### 7.1 Tipos de escorrentía.

La escorrentía es el agua generada por una cuenca en la forma de flujo superficial y por tanto constituye la forma más disponible del recurso agua. El estudio de la escorrentía posee gran importancia en la planificación del diseño de obras y recursos hídricos. En manejo de cuencas es muy importante puesto que ella es un reflejo del comportamiento y estado de una cuenca. Hay distintos tipos de escorrentía: superficial y la escorrentía subterránea:

- ü **Escorrentía Superficial:** La escorrentía Superficial o Directa es la precipitación que no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno por la acción de la gravedad. Corresponde a la precipitación que no queda tampoco detenida en las depresiones del suelo, y que escapa a los fenómenos de evapotranspiración.
  
- ü **Escorrentía subterránea:** Es el agua de precipitación que, habiéndose infiltrado en el suelo, se mueve subterráneamente por los horizontes superiores para reaparecer luego en forma de manantial e incorporarse a microsurcos superficiales que la conducirán a la red de hidrográfica.

El estudio de la escorrentía es aplicada tanto en la ingeniería civil como para la hidrología mediante el cálculo del coeficiente de escorrentía, el mismo Ibáñez (2008) lo define como:

El coeficiente de escorrentía ( $c$ ) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características

concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo (p.2).

La importancia de este parámetro radica en que representa la porción de la precipitación que se convierte en caudal, es decir es la relación entre el agua que cae en forma de precipitación sobre una superficie tomando en cuenta las características fisiográficas de la cuenca (Cobertura vegetal, pendientes, tipo de suelo). Este parámetro está relacionado con la precipitación, con la cuenca y con los cálculos de caudales es por ello que es necesario tomar en cuenta este factor a la hora de hacer cálculos hidrológicos.

Para entender mejor el análisis de este factor es importante ver la relación que tiene con otros parámetros por ejemplo: Un Coeficiente de Escorrentía de 0,85 conduciría a pensar en una escorrentía que representa el 85% de la lluvia total asociada. O, dicho de otra forma, por cada 100 litros por metro cuadrado precipitados en una Cuenca Hidrográfica, 85 litros por metro cuadrado se convertirán en flujo superficial.

A medida que el valor del coeficiente de escorrentía tienda a 1 mayor será la cantidad de agua precipitada que se convertirá en escorrentía, debido a que el suelo será más impermeable.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se procede a zonificar la cuenca a estudiar, para luego aplicar las distintas tablas existentes que asignan un coeficiente de escorrentía según las características urbanas o fisiográficas de la cuenca, así como también la cobertura vegetal, para luego aplicar la siguiente ecuación:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 + \dots + C_n A_n}{(A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)}$$

$C$ : Coeficiente de escorrentía

$C_n$ : Coeficiente de escorrentía del área  $n$

$A_n$ : Área  $n$

### Ejemplo práctico:

Para el caso del cálculo del coeficiente de escorrentía en la cuenca del río Borburata se procedió a realizar la siguiente tabla:

CUENCA	ÁREA TOTAL DE LA CUENCA	DIVISIÓN DE ÁREAS PRINCIPALES	ÁREAS PRINCIPALES (M2)	PENDIENTES DE LAS ÁREAS	TIPO DE ÁREA	% ÁREA CON RESPECTO A LA SUB-DIVISIÓN DE LAS ÁREAS	ÁREA (M2)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	
	56272849	$A_A$ Área Bosques	49530931	12,70%	Bosques (SP)	95%	47054384,5	0,35	0,35
Hierba (SP)					5%	2476546,55	0,40		
$A_B$ Área Cultivos		1838557,23	3,57%	Cultivos (SP)	40%	735423	0,45	0,39	
				Hierba (SP)	60%	1103134	0,35		
$A_C$ Área Sin Vegetación		205235	8,57%	Sin vegetación (SP)	95%	194973	0,80	0,78	
				Hierba (SP)	5%	10262	0,40		
$A_D$ Área Cultivos		2756464,6	9,47%	Cultivos (SP)	60%	1653879	0,50	0,46	
				Hierba (SP)	40%	1102586	0,40		
$A_E$ Área Urbanizada		1941661	0,79%	Unifamiliar R2-R3	55%	1067914	0,45	0,48	
				Hierba (SP)	30%	582498	0,40		
				Pavimentos: Asfaltado o concreto	15%	291249	0,75		

**Fuente:** Gravina y Rondón 2018.

Esta tabla se construyó extrayendo los datos más importantes de las tablas anteriores para facilitar la comprensión del cálculo de este parámetro. Previamente se dividió la cuenca según sus áreas principales (Bosques, cultivos, sin vegetación y urbanizada), luego se calcularon las mismas utilizando la herramienta de Google Earth.

Se calculó las pendientes de cada uno de los tramos principales, se delimitó el tipo de uso de áreas sectorizadas y por último se asignó el valor del coeficiente de escorrentía dados por las tablas anteriormente mostradas a cada una de las áreas.

Para finalizar el ejercicio aplicado a la cuenca del río Borburata se aplicó la ecuación dando como resultado el siguiente:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 + \dots + C_n A_n}{(A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_N)} = 0.32$$

Como resultado del cálculo del coeficiente de escorrentía se pueden concluir que de un 100% de lluvia que caiga sobre la cuenca solo un 32% quedara en forma de escurrimiento o caudal, lo cual expresa que el suelo de la cuenca es bastante impermeable.

### **Ejercicios propuestos:**

- 1. De la cuenca seleccionada en el capítulo II, Calcular el coeficiente de escorrentía utilizando el método mostrado en el capítulo.**
- 2. Investigue otros métodos que puedan aplicarse para el cálculo y aplíquelos a la cuenca seleccionada, compare valores obtenidos utilizando varios métodos.**

## **CAPITULO VIII**

### **LA CUENCA CONTRIBUYENTE APLICADA A LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL**

#### **8.1 Desarrollo Sustentable. Definición y alcance**

El desarrollo sostenible o desarrollo sustentable, es un concepto que nace por la preocupación existente debido al deterioro del medio ambiente, y su primera definición, utilizada y difundida ampliamente, es la que se señala en el informe Brundtland en 1987, donde se considera al desarrollo sustentable como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades”. (Quiroz, 20015).

Ampliando y llevando a tiempos modernos el término de desarrollo sustentable, este se define como un concepto innovador que propone la protección de la naturaleza y la equidad social presente y futura, sin poner en discusión los diferentes modelos económicos y políticos (Treviño, 2003); de acuerdo a este concepto se toma a la naturaleza como punto de partida para una transformación social gradual y sin problemáticas.

Sin embargo la definición ha ido evolucionando y en la actualidad el desarrollo sustentable es considerado como un proceso de cambio continuo de aplicación local, regional o global que responde a objetivos y metas universales de transformación social apropiada, para satisfacer las necesidades de bienes y servicios de una población o conjunto de poblaciones, por tiempo indefinido, sin degradar irreversiblemente la capacidad productiva de la tierra, el patrimonio natural y su habilidad para mantener la población de un lugar (Ivanova y Valiente, 2008 citado por Quiroz, 20015)

Considerando la importancia que tienen los recursos naturales para preservar la vida en el planeta, especialmente, el recurso agua, es necesario concebir e implementar el desarrollo desde un contexto social más amplio y visualizándolo a largo plazo, comprendiendo que el deterioro de los ecosistemas y los desechos producidos también se transforman en el capital natural heredado a las generaciones futuras (Segura y Arriaga, 2003).

Es por ello de suma importancia considerar los aspectos concernientes al desarrollo sostenible en cualquier estudio, planificación, proyecto que afecte los recursos naturales y por ende la vida misma del planeta.

## **8.2 Dimensiones de la sustentabilidad.**

La preocupación por el medio ambiente ha llevado a la búsqueda de modelos, normas o principios que deben seguirse para lograr el menor impacto negativo posible al entorno en donde se realiza una obra y por ello se ha planteado la necesidad de tomar en consideración cada una de las etapas del proyecto de construcción, desde la escogencia de los materiales, hasta el término de la vida útil de la construcción, lo que lleva a cómo realizar su deconstrucción. Según Martínez (2009)

El propósito es... la minimización del uso de recursos, de modo de evitar o prevenir el agotamiento de los recursos naturales, prevenir la degradación ambiental, y proporcionar un ambiente saludable, tanto en el interior como en el entorno de los edificios. Estos últimos pueden ser considerados como los criterios más importantes sobre los que se debe sustentar una industria de la construcción sustentable, sin dejar de lado los aspectos económicos y sociales. (p.7)

Por su parte Tetreault (2015), en la misma tónica de considerar el entorno biológico, cultural y los elementos económicos, indica las siguientes dimensiones en el planeamiento que se desee ejecutar:

### **Dimensión Ecológica o Ambiental.**

Se enfatiza el concepto de que el hombre se desarrolla en un planeta finito, y que la magnitud de los sistemas económicos y productivos deben estar acordes con la capacidad de carga de la naturaleza, atribuyendo la degradación de los ecosistemas al crecimiento de la producción y el consumo (Treviño, 2003). La dimensión ecológica de la sustentabilidad está condicionada por la provisión de recursos naturales y de servicios ambientales de un espacio geográfico (Tetreault, 2015).

### **Dimensión Socio-Cultural.**

Implica un modelo de desarrollo en el cual se favorece el uso y acceso a los recursos naturales, contemplando la conservación de la biodiversidad, la justicia y equidad social, la conservación de valores, prácticas y símbolos de identidad cultural; y garantiza la participación del mayor número de actores sociales en la toma de decisiones (Tetreault, 2015).

### **Dimensión Económica.**

Busca el logro de un beneficio que permita cubrir las necesidades económicas de los pobladores y la disminución de los riesgos asociados a los factores de producción, el mercado, los insumos y la baja diversificación y falta de valor agregado a los productos desde su origen (Tetreault, 2015).

## **8.3 La ingeniería civil y el desarrollo sustentable en Venezuela.**

Es indudable que en los últimos tiempos ha aumentado la preocupación por la preservación del medio ambiente o recuperar espacios bióticos que han sido severamente afectados por la acción irresponsable del hombre, quien aplicando un concepto errado de desarrollo ha olvidado un principio fundamental como lo es la supervivencia. Hoy en día en todas las áreas del conocimiento, la conservación de los recursos naturales y el ambiente en general ocupa un espacio importante en la formación profesional de los individuos, al igual que la consideración de los aspectos sociales y culturales.

En el caso particular de la ingeniería civil, es de destacar el profundo impacto que causa la construcción de obras de cualquier tipo, pues supone una intervención directa del espacio geográfico, alterando su fisonomía inicial. En el pasado sólo se tomaba en consideración los aspectos técnicos, materiales y económicos, pero en la actualidad dada las exigencias de responsabilidad con respecto al ambiente, se ha ido modificando la visión en cuanto al planeamiento de obras, el impacto que causará al ambiente y a la comunidad y su futuro desarrollo. Es por ello que como dice Gil (2015):

El desarrollo sustentable conlleva un análisis reflexivo de la ética y crítico que los profesionales toman en su ejercicio;...En el ejercicio profesional, el compromiso debe obligar a vigilar cada acción, cada actitud y cada objetivo laboral de manera que éstos estén orientados hacia una clara e inequívoca meta de reducir en lo posible el impacto sobre ese desarrollo, el cual, es producto de las acciones realizadas; y no una visión antropocéntrica, donde prime la creencia de que el hombre es el centro de todo el universo y por tanto, puede utilizar los recursos de la naturaleza a su antojo.( p.11)

De allí que sea necesario cambiar la visión que se ha venido dando con respecto a la ingeniería civil, de tal forma que además de los aspectos económicos y técnicos, se consideren los sociales y ambientales y las decisiones que se tomen al

asumir un compromiso profesional deben tener como basamento un esquema ético que represente la responsabilidad moral con las futuras generaciones; asumiendo la voluntad de aceptar y entender el riesgo, así como los costos económicos de su aplicación y sus resultados.

De acuerdo a los resultados de la Visión de la Ingeniería Civil 2025 publicada en 2010 por la Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ACSE por sus siglas en inglés), la cual se basó en la Cumbre sobre el futuro de la Ingeniería efectuada en el 2006, en Estados Unidos, hay un mandato de la sociedad en cuanto a la necesidad de crear un mundo sostenible y mejorar la calidad de vida global, para lo cual los ingenieros civiles deben servir de manera competente, colaborativa y ética como maestros:

- Planificadores, diseñadores, constructores y operarios del motor económico y social de la sociedad: el medio ambiente construido;
- Custodios del medio ambiente natural y sus recursos;
- Innovadores e integradores de ideas y tecnología en los sectores público, privado y académico;
- Gestores de los riesgos y las incertidumbres causados por acontecimientos naturales, accidentes y otras amenazas; y
- Líderes en debates y decisiones que conforman la política pública ambiental y de infraestructuras. (ACSE, 2010)

En lo que se refiere a Venezuela, existe un marco jurídico que norma las actividades que pudieran alterar el ambiente a fin de preservarlo, comenzando con la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999) que en su artículo 129

establece que: “Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio-cultural”, adquiriendo así la protección del ambiente desde el punto de vista técnico y jurídico rango constitucional. Por ende, todo proyecto de desarrollo que implique la afectación o uso de una cantidad importante de recursos naturales debe ser analizado y evaluado de forma tal, que su realización sea económicamente factible, financieramente desarrollable, socialmente identificable y ambientalmente sustentable (Parada, 2003).

Por su parte la Ley de Ambiente promulgada en 2006 señala en su artículo 24 lo siguiente:

La planificación del ambiente forma parte del proceso de desarrollo sustentable del país. Todos los planes, programas y proyectos de desarrollo económico y social, sean de carácter nacional, regional, estatal o municipal, deberán elaborarse o adecuarse, según proceda, en concordancia con las disposiciones contenidas en esta Ley y con las políticas, lineamientos, estrategias, planes y programas ambientales, establecidos por el ministerio con competencia en materia de ambiente.

Y el Código de Ética del Ejercicio de la Ingeniería en Venezuela de 1996, en su parte Décimo Sexta relativa al ambiente, indica que no sería ético: “Intervenir directa o indirectamente en la destrucción de los recursos naturales u omitir la acción correspondiente para evitar la producción de hechos que contribuyen al deterioro ambiental”, mientras que en su parte Décimo Quinta relativa a la justicia, señala que no es ético: “Contravenir deliberadamente a los principios de justicia y lealtad en sus relaciones con clientes, personal subalterno y obreros, de manera especial, con relación a estos últimos, en lo referente al mantenimiento de condiciones equitativas de trabajo y a su justa participación en las ganancias”.

Aquí se tienen dos principios bioéticos tocados de manera directa, que aunado a lo estipulado por la Constitución Nacional y la Ley del Ambiente, establecen la importancia de la responsabilidad y la ética en la formación y ejercicio profesional del ingeniero civil, cuya labor no se limita sólo a la recuperación de espacios contaminados, sino también la de crear una conciencia ambiental y una cultura de prevención que considere los elementos sociales, ambientales y culturales haciendo aportes para el beneficio de la comunidad.

#### Ejercicio práctico:

La cuenca del río Borburata, propuesto en el desarrollo de esta guía, que fue analizada mediante el estudio hidrológico en cuanto a morfometría se refiere, se encuentra ubicada en el estado Carabobo de la República Bolivariana de Venezuela, en la zona costera del municipio Puerto Cabello.

Parte de la cuenca pertenece al Parque Nacional San Esteban, por lo que se considera una zona ABRAE (Zona bajo régimen de administración especial).

La administración y manejo del Parque Nacional San Esteban se encuentra a cargo del Instituto Nacional de Parques (INPARQUES), conforme a lo establecido en el Reglamento Parcial de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio sobre Administración y Manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales, con las particularidades que se estipulan en el decreto N° 1368 que se refiere al Plan De Ordenamiento Y Reglamento De Uso Del Parque Nacional San Esteban.

El Reglamento de Uso del Parque Nacional San Esteban, creado mediante el Decreto No1.430 del 14 de enero de 1.987, publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 33.650 de fecha 02 de febrero de 1.987, modificado por los Decretos N°s 1.217 de fecha 02 de noviembre de 1.990, publicado en la Gaceta

Oficial de la República de Venezuela N° 4.250 Extraordinario de fecha 18 de enero de 1.991 y 1.714 de fecha 27 de junio de 1.991, publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 34.759 de fecha 19 de julio de 1.991, así como los criterios para asignar los usos, la zonificación de los mismos y las normas que regirán tales usos y regularán la ejecución de las actividades que puedan ser realizadas tanto por el sector público como por el sector privado.

Desde el punto de vista de la ingeniería civil, de las obras civiles, en vista de la anterior y en el marco del decreto N° 1368 que se refiere al Plan De Ordenamiento Y Reglamento De Uso Del Parque Nacional San Esteban, se plantean las siguientes interrogantes:

¿Cómo se podría conservar la biodiversidad y el equilibrio ecológico de la cuenca del río Borburata, garantizando la continuidad de los procesos evolutivos, las migraciones de animales y el normal flujo de materia y energía entre los ecosistemas en él contenidos?

¿Cómo se podría conservar los recursos genéticos de las comunidades naturales de la cuenca del río Borburata y evitar la pérdida de especies de flora y fauna?

¿Cómo se podría conservar los paisajes de las islas, de las formaciones marino -  
-  
costras y demás elementos fisiográficos de la cuenca del río Borburata como componente del Parque Nacional, así como los paisajes montañosos continentales, representativos de la Serranía del litoral central de la Cordillera de la Costa?

¿Cómo se podría conservar los sitios, objetos y estructuras del patrimonio histórico-cultural y las áreas arqueológicas existentes en la cuenca del río?

¿Cómo se podría recuperar áreas o recursos naturales y culturales degradados en la cuenca del río Borburata? ¿Cómo se podrían proporcionar medios y oportunidades para la investigación científica y la educación ambientalmente concebida?

¿Cómo proporcionar a la colectividad oportunidades para la recreación y el turismo, a través del fomento de actividades deportivas y recreativas acordes con la naturaleza del Parque Nacional San Esteban y de la cuenca del río Borburata?

¿A través de la ingeniería civil, como se podría velar por el mantenimiento de la óptima calidad ambiental en todos sus ecosistemas de la cuenca del río Borburata?

¿Cómo se podría restaurarla cuenca del río Borburata para la mejora del Parque Nacional San Esteban?

¿Dentro del desarrollo sustentable como podría intervenir y ayudar el Ministerio de la Defensa por órgano de la Armada y de las Fuerzas Armadas de Cooperación para instrumentar planes y acciones de guardería intensiva?

Como practica para el manejo de la cuenca del río Borburata se plantea Inventariar, para así defender, proteger y conservar los recursos arqueológicos e histórico-culturales localizados en Borburata.

Tomando en consideración los recursos biológicos, escénicos, históricos, arqueológicos, culturales y socio-económicos relevantes de la cuenca del río Borburata parte importante de la cuenca, a continuación se especifican algunos y se plantean las siguientes interrogantes:

-Las formaciones de selva pluvial, selva nublada, bosque estacional, espinares y comunidades xerofíticas. ¿Existe alguna otra a considerar como medio natural para la cuenca del río Borburata?

-Las especies de crustáceos y moluscos cuyas poblaciones han sido sobre explotadas.

¿Qué especies deben tomarse en consideración para la cuenca del río Borburata y que estén sometidas a la sobre-explotación o que se encuentre en peligro de ello?

-Las especies vegetales consideradas interesantes desde el punto de vista científico y características de esta región biogeográfica, tales como el cucharón (*Gyranthera caribensis*). ¿Se debería tomar en consideración alguna otra?, ¿cuál?

-Las poblaciones de especies faunísticas y vegetales endémicas, entre las cuales destaca el helecho gigante (*Selaginellagigantea*), planta de muy antiguo origen, considerada la más grande del mundo en su tipo. ¿Se debería tomar en consideración alguna otra?, ¿cuál?

-Las especies faunísticas consideradas raras, como el perro de monte (*Speothos venaticus*), la gallina azul (*Tinamus tao larensis*), el paují copete de piedra (*Pauxi pauxi*) y el pájaro león (*Momotus momota subrufescens*). ¿Se debería tomar en consideración alguna otra?, ¿cuál?

-Las especies faunísticas consideradas en peligro de extinción, como la lapa (*Agouti paca*), el cunaguaro manigordo (*Felis pardalis*), el cunaguaro (*Felis wieddi*), el tigre mariposa (*Panthera onca*) el león (*Felis concolor*), el báquiro (*Tayassu tajacu*), la danta (*Tapirus terrestris*), el perro de agua (*Lutra longicaudis*), el caimán de la costa

(*Crocodylus acutus*) y las distintas especies de tortugas marinas presentes en el mar y en el sector costero e insular del Parque Nacional San Esteban.

¿Se debería tomar en consideración alguna otra?, ¿cuál?

-La antigua planta eléctrica, localizada sobre el río Borburata, que abasteció inicialmente a Puerto Cabello. ¿Cómo se podría desde el desarrollo sustentable conservar esta planta eléctrica y considerándola como un recurso arqueológico, histórico y cultural de la cuenca de Borburata? En vista de las afectaciones ambientales que ha tenido el Parque Nacional San Esteban, se plantean algunas prohibiciones a tomar en consideración propuestas por el decreto N° 1368 que se refiere al Plan De Ordenamiento Y Reglamento De Uso Del Parque Nacional San Esteban, se mencionan entre otras algunas a considerar para la cuenca del río Borburata:

-La realización de actividades educativas y de entrenamiento militar en las islas Rey y Santo Domingo, con sujeción al carácter estacional de esta última, debido a la temporada de desove y eclosión de los huevos de tortuga.

¿Cómo podrá afectar esto a la fauna natural de Borburata?

-El dragado en el canal de navegación entre Isla Rey y el área continental en dirección al Puerto de Borburata, previa autorización o aprobación por parte del Instituto Nacional de Parques (INPARQUES).

¿Qué implicación podría tener no realizar esta prohibición?

-El uso de VEHÍCULOS COMO jet-sky, motos de agua y actividades de esquí acuático, BANANA. Y SIMILARES; ¿Cómo podrá afectar esto a la cuenca del río Borburata?

-No podrán circular vehículos automotores que produzcan emisiones excesivas de gases u otras fugas contaminantes o niveles de ruido mayores a cincuenta decibeles (50 dB.), a dos metros (2m.) de distancia de la fuente. ¿Cómo podría afectar esto a la cuenca del río Borburata?

-La minería. La prospección y explotación solo podrá ejercerlas el Estado, sujeta a los controles ambientales establecidos en la normativa legal. ¿Se realizará minería adecuada dentro de la zona de Borburata?

-Aquellas embarcaciones que necesitan atravesar el Parque Nacional San Esteban para atracar en el Puerto de Borburata sólo podrán hacerlo en la ruta especial de navegación demarcado en el plano de zonificación y definida en el numeral VIII.5 del artículo 12.

¿Qué implicación podría tener no realizar esta prohibición?

Finalmente se invita al usuario de la guía a analizar las preguntas previamente expuestas con la finalidad de establecer una ruta del desarrollo sustentable en obras civiles que se pretendan realizar dentro de la cuenca río Borburata como en cualquier circunstancia dentro de ella. El desarrollo sustentable no es una opción actualmente es una prioridad, ya que la intención es administrar los recursos para un aprovechamiento adecuado, cuestionándonos sobre los factores influyentes en el medio ambiente, que en muchas oportunidades no se sabe en qué estado se encuentran o que no toma en cuenta, estamos sembrando conciencia de sustentabilidad para un desarrollo de la humanidad más duradero y con mayor calidad de vida.

**Ejercicios propuestos:**

- 1. Ubicar una cuenca y seleccionar como punto de concentración una obra civil e identificar:**
  - a. Croquis general de ubicación (estado, municipio, parroquia)**
  - b. dirección exacta del proyecto, sector, calle, etc...**
  - c. vista satelital utilizando Google Earth con las coordenadas de ubicación y una cota media del terreno,**
  - d. identificación de la zona urbana donde se localiza o la más cercana**
  - e. la o las ÁBRAE más cercanas**
  - f. ubicación del cuerpo de agua más cercano (rio, quebrada, lago o embalse), indicando la mínima distancia del mismo al sitio de localización del proyecto.**
  
- 2. Descripción de la obra que incluya:**
  - a. Etapas de desarrollo, si el proyecto fue diseñado por etapas**
  - b. Componentes del Proyecto**
  - c. Método Constructivo**
  - d. Tipos de materiales e insumos utilizados**
  - e. Nivel de avance.**
  
- 3. Tipos de estudios requeridos para el desarrollo de la obra**
  
- 4. Permisos y autorizaciones a tramitar previo a la ejecución de la obra**
  
- 5. Actividades a realizar en cada una de las etapas de ejecución del mismo: Preliminar - Construcción - Funcionamiento**
  
- 6. Tipo de descargas ambientales generadas en cada una de las etapas del proyecto**
  
- 7. Componentes del ambiente afectados por la actividad: físico natural, biológico, socio cultural, ecosistemas especiales.**
  
- 8. Tipos de efectos sobre los componentes ambientales.**

- 9. indiquen cuales son los componentes ambientales más sensibles.**
- 10. Investigue sobre impactos ambientales generados por las obras civiles y seleccione tres impactos generados por el proyecto en estudio, que el equipo considera relevantes: seleccionar uno por cada medio (físico natural, biológico y socio cultural) en la fase de construcción.**
- 11. Seleccionen dos impactos relevantes de la etapa de funcionamiento.**
- 12. Identifiquen dos impactos positivos en la cuenca generados por el proyecto.**
- 13. Investigue sobre los retornos ambientales y como afectan en la obra.**
- 14. Investigue más temas sobre el manejo de cuencas y relaciónelos con la cuenca seleccionada.**

## Referencias

- Bastidas, J. (2007). *Nociones de Hidrografía*. Mérida. Editorial Venezolana.
- Beltrán, G. 2010. *Apuntes Cuencas Hidrográficas SIG*. Universidad Técnica del Norte. Ibarra Ecuador.
- Burbano, F. 1 989. *Notas de Hidrología Preparado para el 4º Año de ingeniería Forestal*. Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador.
- Código de Ética Profesional. (1996) Colegio de Ingenieros de Venezuela.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N5453 (Extraordinario). 2000, marzo 24.
- Falcón y Herrera (2005) *Análisis del dato estadístico*. Universidad Bolivariana de Venezuela. Guía didáctica.
- Gaspari, F. (2012) *Caracterización Morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande*, Buenos Aires, Argentina. Séptimo congreso de medio ambiente AUMG. La Plata Argentina.
- Gaspari, F. y otros. (2010) *Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*. Grupo de Manejo de Cuencas. La Plata Argentina.
- Parada, M de (2003) *Régimen Jurídico del estudio del impacto ambiental y sociocultural. Especial referencia a la obligación Constitucional*. Trabajo de Grado presentado ante la Universidad Metropolitana. Decanato de Post Grado. Especialización en Derecho Corporativo. Caracas.
- República Bolivariana de Venezuela (2006) *Ley Orgánica del Ambiente*. Gaceta Oficial N° 5.833 Extraordinaria. Diciembre 26, 2006.
- Ruiz, J (2001) *Hidrología, evolución y visión sistémica. La morfología de cuencas como aplicación*. Colección Ciencia y Tecnología. Fondo Editorial UNELLEZ. Barinas, Venezuela.
- Segura, L. y Arriaga, J. (2003) *Principios Básicos de Contaminación Ambiental*. UAEM. Toluca México.

Temez, J (1978) *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Dirección General de Carreteras. España

Tetreault, D (2015). *Una Taxonomía de Modelos de Desarrollo Sustentable*. Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad. Vol. 10 (29). Pp 45-77.

Treviño, A., (2003) *El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis*. Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle. Vol. 6 (21), Pp 55-59

### Referencias electrónicas

American Society of Civil Engineer (2010) *La vision para la ingeniería Civil 2025. Basada en la Cumbre el futuro de la Ingeniería*. Traducido por la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España. Disponible en: [https://www.asce.org/uploadedfiles/about\\_civil.../content.../vision2025-espanol.pdf](https://www.asce.org/uploadedfiles/about_civil.../content.../vision2025-espanol.pdf)

Aguilar, I (2007) *Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala*. Documento en línea. Disponible en: <http://www.fao.org/coin-static/cms/media/5/faopdf>

Fierro, D. y Jiménez, L. (2011) *Caracterización de la Microcuenca del río Manzano, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo y Propuesta de Plan de Manejo, Utilizando Herramientas SIG*. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador. Tesis de grado, 237 p. (Inédito). Documento en línea Disponible en: [www.repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4531/1/T-ESPE032673.pdf](http://www.repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4531/1/T-ESPE032673.pdf)

*Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas*. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Bogotá D.C, junio de 2013. Documento en línea. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col130738anx.pdf>

Gil, C (2015) *El desarrollo sustentable y análisis de su impacto en los códigos de ética ingeniería en dos países latinoamericanos*. Revista Provincia. N° 34. Pp 11-24. Documento en línea. Disponible en: [www.saber.ula.ve/handle/123456789/41720](http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/41720)

- Ibañez, S y otros (2008) *Morfología de las Cuencas Hidrográficas*. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/morfología>.
- Quiroz, I y otros (2015) Desarrollo sustentable, ¿Discurso político o necesidad urgente? Documento en línea. Disponible en: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num3/contenido>.
- Ramírez López, J. (2015). *Alternativas de manejo sustentable de la subcuenca del río Pitura, Provincia de Imbabura, Ecuador*. SEDICI. Documento en línea. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49801/>
- World Vision Canadá (2004) Manual manejo de cuencas. Documento en línea. Disponible en: [https://agua.org.mx/wpcontent/uploads/2012/11manual\\_manejo\\_de\\_cuen-cas\\_introducción.pdf](https://agua.org.mx/wpcontent/uploads/2012/11manual_manejo_de_cuen-cas_introducción.pdf).
- Yaguachi, T. (2013) *Diagnóstico Ambiental y Desarrollo del Plan de Manejo y Conservación de la Subcuenca del Río Chillayacu de la Cuenca Media del Río Jubones en la Provincia de el Oro*. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador, 188 p. (Inédito). Documento en línea. Disponible en: [www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1282](http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1282).

## Anexo B: Cuestionario

### CUESTIONARIO

		1	2	3	4	5
1	El material de apoyo didáctico en la materia hidrología en la UJAP es suficiente					
2	El pensum de hidrología utilizado en la UJAP, garantiza una comprensión actualizada de la dinámica de dicha materia requerida en el campo de la realización de obras civiles.					
3	La aplicación de ejercicios de apoyo permite comprender más los cálculos de parámetros e índices de forma, de relieve y relativos al sistema de drenaje de la cuenca contribuyente.					
4	La utilización de herramientas digitales conforma instrumentos poderosos para el desarrollo de estudios de morfometría en sistemas hidrológicos complejos.					
5	La elaboración de una guía técnica de hidrología con el apoyo de herramientas digitales, facilita la automatización del cálculo de parámetros, caracterización de relieve y red hidrológica de cuencas contribuyentes.					
6	Diseñar una guía técnica actualizada como aporte didáctico en la materia hidrología incorporará una visión sobre la sustentabilidad del ambiente con respecto a la cuenca contribuyente.					
7	Actualmente los estudiantes de la UJAP tienen acceso a una información sobre sustentabilidad ambiental con relación a las cuencas contribuyentes y sus aportes, así como flujos de energía y materia, ciclos hidrológicos, procesos erosivos y de degradación					
8	Una guía técnica que incorpore material digital forma a los estudiantes de hidrología de Ing. Civil sobre como analizar la cuenca como sistema que posee entradas de energía, insumos y ofertas ambientales y fortalece el aprendizaje de la materia en el marco de la sustentabilidad.					
9	Es importante generar ejercicios prácticos reales que sean desarrollados con herramientas digitales y que logren el entendimiento del uso de la teoría hidrológica para aplicarla a obras de la ingeniería civil en el marco					

	de la sustentabilidad ambiental.					
10	La elaboración de una guía técnica didáctica para plantear y resolver problemas con el apoyo de la herramienta digital, contribuye a expandir el aprendizaje en cualquier materia.					

La elaboración del cuestionario es tipo escala de Likert, con las siguientes propuesta y calificación:

Totalmente de acuerdo	1
De acuerdo	2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
En desacuerdo	4
Totalmente en desacuerdo	5

Anexo C: Validación del instrumento.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Profesora:**  
Ing. Egle Riera

Por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin de solicitar la evaluación del cuestionario que se anexa, para recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada **GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA ESTUDIO DE LA CUENCA CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL**, realizada por los bachilleres , Gravina B Gerardo M y Rondón V Jesus D .

La elaboración del cuestionario es tipo escala de likert, con las siguientes propuesta y calificación:

Totalmente de acuerdo	1
De acuerdo	2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
En desacuerdo	4
Totalmente en desacuerdo	5

Damos las gracias de antemano por su colaboración en la validación del instrumento, o de sus observaciones.

## HOJA DE VALIDACIÓN

**Instrumento:** Cuestionario dirigido a los estudiantes de Ing. Civil de la UJAP para recabar información sobre la realización de la tesis titulada **GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA ESTUDIO DE LA CUENCA CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL**, realizada por los estudiantes Gravina B Gerardo M y Rondón V Jesus D.

ITEM	1		2		3			
	si	no	si	no	si	no		
1-La redacción del ítem es clara	✓		✓		✓			
2-El ítem tiene coherencia interna	✓		✓		✓			
3-El ítem induce a la respuesta	✓		✓		✓			
4-El ítem mide lo que se pretende	✓		✓		✓			
ITEM	4		5		6			
Aspectos	si	no	si	no	si	no		
1-La redacción del ítem es clara	✓		✓		✓			
2-El ítem tiene coherencia interna	✓		✓		✓			
3-El ítem induce a la respuesta	✓		✓		✓			
4-El ítem mide lo que se pretende	✓		✓		✓			
ITEM	7		8		9		10	
Aspectos	si	no	si	no	si	no	si	no
1-La redacción del ítem es clara	✓		✓		✓		✓	
2-El ítem tiene coherencia interna	✓		✓		✓		✓	
3-El ítem induce a la respuesta	✓		✓		✓		✓	
4-El ítem mide lo que se pretende	✓		✓		✓		✓	

OBSERVACIONES:

VALIDEZ	
APLICABLE <input checked="" type="checkbox"/>	NO APLICABLE <input type="checkbox"/>
APLICABLE ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES	
Validado por: <i>Edi Kierca</i>	e-mail:
Cédula de Identidad: <i>4037643</i>	Teléfono(s): <i>02414515364</i>
Firma: <i>JH</i>	Fecha: <i>18-1-18</i>



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Profesora:**  
Ing. Alicia de Pizzella

Por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin de solicitar la evaluación del cuestionario que se anexa, para recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada **GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA ESTUDIO DE LA CUENCA CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL**

La elaboración del cuestionario es tipo escala de likert, con las siguientes propuesta y calificación:

Totalmente de acuerdo	1
De acuerdo	2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
En desacuerdo	4
Totalmente en desacuerdo	5

Damos las gracias de antemano por su colaboración en la validación del instrumento, o de sus observaciones.

**HOJA DE VALIDACIÓN**

**Instrumento:** Cuestionario dirigido a los estudiantes de Ing. Civil de la UJAP para recabar información sobre la realización de la tesis titulada **GUÍA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA ESTUDIO DE LA CUENCA CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL**, realizada por los estudiantes Gravina B Gerardo M y Rondón V Jesus D.

ITEM	1		2		3			
	si	no	si	no	si	no		
1-La redacción del ítem es clara	✓		✓		✓			
2-El ítem tiene coherencia interna	✓		✓		✓			
3-El ítem induce a la respuesta	✓		✓		✓			
4-El ítem mide lo que se pretende	✓		✓		✓			
ITEM	4		5		6			
Aspectos	si	no	si	no	si	no		
1-La redacción del ítem es clara	✓		✓		✓			
2-El ítem tiene coherencia interna	✓		✓		✓			
3-El ítem induce a la respuesta	✓		✓		✓			
4-El ítem mide lo que se pretende	✓		✓		✓			
ITEM	7		8		9		10	
Aspectos	si	no	si	no	si	no	si	no
1-La redacción del ítem es clara	✓		✓		✓		✓	
2-El ítem tiene coherencia interna	✓		✓		✓		✓	
3-El ítem induce a la respuesta	✓		✓		✓		✓	
4-El ítem mide lo que se pretende	✓		✓		✓		✓	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

VALIDEZ	
APLICABLE	NO APLICABLE
APLICABLE ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES	
Validado por: <i>[Firma]</i>	e-mail: <i>ulip1954@guad.com</i>
Cédula de identidad: <i>4529810</i>	Teléfono(s): <i>0424411561</i>
Firma: <i>[Firma]</i>	Fecha: <i>18-1-18</i>

## Anexo D: Confiabilidad del instrumento

COEFICIENTE ALFA DE CRONBACHO. CUESTIONARIO APLICADO A 30 ESTUDIANTES																																			
GUIA TÉCNICA DE HIDROLOGÍA ESTUDIO DE LA CUENCA CONTRIBUYENTE Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL																																			
ENCUESTADOS																																			
ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	TOTAL				
1	3	4	4	3	3	4	5	5	2	3	2	1	2	3	2	3	4	4	4	3	4	3	4	5	4	4	4	4	5	3	1,02				
2	4	4	5	4	4	2	3	3	3	4	4	5	5	4	4	5	4	3	5	4	5	4	4	4	3	3	4	4	5	5	0,62				
3	4	4	4	3	5	3	4	3	4	3	4	5	4	3	3	5	4	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	0,45				
4	4	3	4	4	4	3	3	3	5	5	4	3	4	3	4	3	3	4	4	4	5	5	4	4	3	3	3	4	4	3	0,48				
5	3	3	3	4	4	4	3	3	2	4	3	4	3	2	4	4	4	3	3	3	4	4	5	5	4	4	4	3	4	4	0,53				
6	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	5	4	4	2	2	4	4	4	3	5	3	5	3	5	4	4	4	3	3	4	0,6				
7	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	2	4	4	4	5	5	4	4	4	3	3	3	2	4	3	3	3	5	4	4	0,57				
8	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	4	3	5	4	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	0,46				
9	4	3	3	3	3	4	4	4	2	2	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	0,36				
10	5	5	3	3	3	5	4	5	5	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	0,44				
38	37	37	36	37	34	35	37	34	36	36	37	37	33	35	40	36	37	37	36	36	39	36	41	36	36	37	37	38	36						
Vt= 5,523		2,7		<p>LEYENDA</p> <p>V Varianza</p> <p>Vt Varianza total</p> <p>Sumatoria de las varianzas de las encuestas</p> <p>N Número de Items</p>										<p>ESCALA DE INTERPRETACIÓN DEL COEFICIENTE</p> <p>CONBACH</p> <table border="1"> <tr> <th>RANGO</th> <th>MAGNITUD</th> </tr> <tr> <td>0,81 a 1</td> <td>Muy Alta</td> </tr> <tr> <td>0,61 a 0,80</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td>0,41 a 0,60</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td>0,21 a 0,40</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td>0,01 a 0,20</td> <td>Muy Baja</td> </tr> </table> <p>Fuente: Ruiz 2002</p>										RANGO	MAGNITUD	0,81 a 1	Muy Alta	0,61 a 0,80	Alta	0,41 a 0,60	Moderada	0,21 a 0,40	Baja	0,01 a 0,20	Muy Baja
RANGO	MAGNITUD																																		
0,81 a 1	Muy Alta																																		
0,61 a 0,80	Alta																																		
0,41 a 0,60	Moderada																																		
0,21 a 0,40	Baja																																		
0,01 a 0,20	Muy Baja																																		
<p>CALCULO DEL COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH</p> $\frac{N}{N-1} \times 1 - \left( \frac{\sum V}{Vt} \right) = 0,63$																																			

Fuente: Gravina y Vásquez, 2018