

SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS DE LA PARTE ALTA, MEDIA Y BAJA DE LA SUB  
CUENCA DEL RIO FRIO CON AYUDA DE MODELO HEC-RAS.



ANDRÉS FELIPE MURCIA FLORIÁN



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ

2017

## Tabla de contenido

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. RESUMEN .....                                                                   | 2  |
| 2. INTRODUCCIÓN .....                                                              | 4  |
| 3. Generalidades del trabajo de grado.....                                         | 9  |
| 3.1 Línea de investigación .....                                                   | 9  |
| 3.2 Objetivos .....                                                                | 9  |
| 3.2.1 Objetivo general.....                                                        | 9  |
| 3.2.2 Objetivos específicos.....                                                   | 9  |
| 4. Marcos de referencia .....                                                      | 10 |
| 4.1 Marco conceptual .....                                                         | 10 |
| 4.1.1 Caracterización Morfo métrica de la cuenca .....                             | 10 |
| 4.1.2 Software .....                                                               | 11 |
| 5. MARCO GEOGRÁFICO.....                                                           | 12 |
| 5.1 Aspectos generales.....                                                        | 12 |
| 5.2 <i>Clima</i> .....                                                             | 13 |
| 5.3 <i>Hidrografía</i> .....                                                       | 13 |
| 5.4 <i>Hidrología</i> .....                                                        | 15 |
| 5.4.1. ESTACIONES PARTE ALTA DE LA SUB CUENCA DEL RIO FRIO .....                   | 16 |
| 5.4.2. ESTACIÓN PARTE MEDIA DE LA SUB CUENCA.....                                  | 18 |
| 5.4.3. ESTACIÓN PARTE BAJA DE LA SUB CUENCA.....                                   | 19 |
| 6. METODOLOGÍA.....                                                                | 20 |
| 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....                                                     | 21 |
| 7.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....                                               | 21 |
| 7.1.1 Información cartográfica .....                                               | 21 |
| 7.1.2 Información Hidro Meteorológica.....                                         | 45 |
| 7.1.3 Delimitación de la cuenca hidrográfica .....                                 | 46 |
| 7.1.4 Delimitación y jerarquización de cauces de la Sub cuenca del rio Frio.....   | 54 |
| 7.1.4 Morfometria .....                                                            | 55 |
| 8. ALIMENTACIÓN DE LOS MODELOS .....                                               | 58 |
| 8.1 Nuevo proyecto, HEC-RAS.....                                                   | 58 |
| 8.1.1 Tramo 1, área rural municipio de Zipaquirá parte alta de la sub cuenca. .... | 58 |
| 8.1.2 Sección transversal.....                                                     | 59 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 9. BIBLIOGRAFÍA..... | 68 |
| 10. ANEXOS .....     | 69 |

## 1. RESUMEN

En el presente trabajo de grado, se realiza el estudio de las condiciones hidrológicas, hidráulicas y de uso de suelo de tres puntos característicos de la subcuenca del río Frio, importante tributario del Río Bogotá, desembocando en este, en el límite colindante entre Bogotá D.C., y el vecino municipio de Chía. El análisis de información hidrometeorológica, geomorfológica e hidráulica de la zona se realiza con el ánimo de generar modelos hidráulicos a través de Hec-RAS y delimitación de la cuenca en Arc-Gis del río Frio. Durante el desarrollo del trabajo, estarán expuestas las metodologías de recolección de información, el análisis y la alimentación de los modelos. El río Frio, es un afluente hídrico que nace en la cabecera del páramo de guerrero, ubicado en zona rural del municipio de Zipaquirá, atravesando el área administrativa de los municipios de Cota, Chía, Cajicá, Tabio y Zipaquirá, siendo uno de los principales ríos que atraviesa este último.

Palabras clave: Hec-RAS, Arc-Gis, río Frio, Tributario.

## **ABSTRACT**

In the present work of degree, the study of the hydrological, hydraulic and land use conditions of three characteristic points of the sub-basin of the river Frio, an important tributary of the Bogotá River, ending in this, on the border between Bogotá DC, and the neighboring municipality of Chia. The hydrometeorological, geomorphological and hydraulic information analysis of the area is carried out with the aim of generating hydraulic models through Hec-RAS and delimitation of the basin in Arc-Gis of the Frio river. During the development of the work, the methodologies for gathering information, analyzing and feeding the models will be exposed. The river Frio, is a water tributary that is born in the head of the wilderness páramo, located in rural area of the municipality of Zipaquirá, crossing the administrative area of the municipalities of Cota, Chia, Cajicá, Tabio and Zipaquirá, being one of the main rivers that the latter crosses.

Keywords: Hec-RAS, Arc-Gis, rio Frio, Tributary.

## 2. INTRODUCCIÓN

“El nivel de agua de ríos, lagos y embalses se usa directamente para la predicción de crecidas, para la delimitación de zonas con riesgo de inundación y para el diseño de estructuras en cursos o masas de agua o cerca de ellas. Cuando se relaciona con los caudales de las corrientes o con el volumen de almacenamiento de embalses y lagos, el nivel de agua se utiliza como base para determinar el caudal o el volumen de agua almacenada”<sup>1</sup>.

La tierra y el ser humano se encuentran formados en su gran mayoría por agua, así las cosas, es un elemento fundamental en la supervivencia del mismo.

A lo largo de la historia, el ser humano le ha dado usos al agua saliéndose un poco de la simple supervivencia y guiándose hacia una mejor calidad de vida, demostrado en la creación de energías alternativas, uso recreacional, protección de vida acuática y terrestre, irrigación de cultivos, etc. A raíz de la industrialización que rodea a este recurso, el hombre ha tenido que entender un poco más el funcionar del agua para lograr sus objetivos, en algunos casos para el beneficio de la especie y en otros casos perjudicando a la misma dejándose llevar de la avaricia y el beneficio personal, pero en cualquiera de los contextos, haciendo caso a la teoría del evolucionismo de Darwin, el hombre por necesidad ha generado métodos para llevar a cabo la evolución de la raza, métodos de los que nació la Hidráulica, herramienta fundamental del hombre para generar “control” sobre la naturaleza, un control teórico, pero que nos ha ayudado a desarrollar labores de diseño y operación de estructuras hidráulicas tales como el abastecimiento de agua, tratamiento y disposición de aguas residuales, control de inundaciones, riego de cultivos, drenaje,

---

<sup>1</sup> Organización Meteorológica Mundial, 1980: *Manual on stream Gauging*

navegación y por supuesto, control de la contaminación en los cuerpos hídricos a raíz del mal manejo que se le ha dado al agua por parte del ser humano.

En la tierra, el agua se encuentra almacenada entre la litosfera y la atmosfera, en la hidrosfera, que es la parte de la tierra ocupada por los océanos, mares, ríos, lagos y demás cuerpos de agua que circulan a través de esta capa de la tierra, constituyendo el ciclo hidrológico, foco de la hidrología y por ende base de esta parte del proyecto.



Ilustración 1: Ciclo hidrológico (<https://noticias.eltiempo.es/meteopedia/hidrosfera/>)

La *ilustración 1*, muestra de forma esquemática como es el comportamiento del ciclo hidrológico, el cual no tiene ni comienzo ni fin, simplemente los procesos que lo conforman se generan de manera continua. En la figura se puede observar como el agua se evapora desde la superficie y los océanos, transportándose de esta manera hacia la atmosfera, en donde se condensa y precipita sobre los océanos y la superficie terrestre.

“El agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, correr a través del suelo como flujo sub superficial y descargar en los ríos como escorrentía superficial. La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial regresa a la atmosfera mediante la

evaporación. El agua infiltrada puede percolar profundamente para recargar el agua subterránea de donde emerge en manantiales o se desliza hacia ríos para formar la escorrentía superficial, y finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa”<sup>2</sup> .

Los problemas de inundación, no son ajenos a las regiones de Colombia, ya que por generaciones la población se ha establecido en rondas de ríos y zonas potencialmente en riesgo de inundación, esto dado por diferentes variables. La facilidad de recolección del recurso hídrico gracias a la cercanía de las urbanizaciones a los afluentes hídricos, fue tal vez lo más atractivo para la población, detrás de esto estuvo el desarrollo del sector primario y la ayuda que prestaba el río para transportar las materias primas que arrojaba la producción de ciertas zonas del país. Lastimosamente nadie vio más allá del desarrollo económico y la amenaza por inundación en las urbanizaciones empezó a ser un peligro pasivo, la tala de árboles y el manejo indiscriminado de la tierra, dio lugar a un riesgo potencial de inundación en urbanizaciones cuyos asentamientos fueron las rondas de los ríos, terrenos por debajo del nivel de las aguas, terrenos que pertenecieron a los cuerpos de agua y cuando el cuerpo hídrico obtiene su capacidad hidráulica máxima empieza a ocupar terrenos como los anteriormente mencionados. Cuando este tipo de situaciones suceden, se acostumbra a darles el calificativo de crecidas, inundaciones, desbordamientos y nunca se menciona la falta de planeación para el desarrollo de proyectos de vivienda. El abogado y tratadista austriaco Peter Drucker, considerado el más grande filósofo de la administración del siglo XX se refirió a la importancia de planificar de la siguiente manera: “La planificación a largo plazo no es pensar en las decisiones futuras, sino en el futuro de las decisiones presentes”; los colchones de agua que brindaban los bosques nativos en diferentes partes del territorio nacional, servían de gran ayuda para prevenir la saturación de agua en el subsuelo, fenómeno que se empezó a presentar a raíz de la tala indiscriminada de árboles y el bajo control estatal sobre estas actividades. A raíz de esto, se desliga el suelo

---

<sup>2</sup> VEN TE CHOW, D. R. (1994), P.2. *HIDROLOGIA APLICADA*. BOGOTÁ: MCGRAW-HILL.

ocasionando tragedias como la de la capital del Putumayo, Mocoa. Esta, es tan solo una de las miles consecuencias que tiene la evidente falta de planeación que ha sufrido el territorio nacional

En la actualidad, contamos con innumerables desastres naturales que marcan la historia a raíz de inundaciones y avenidas torrenciales. En el mes de mayo de 2017, la capital del departamento de Putumayo, Mocoa, ubicada al sur del país, se presentaron precipitaciones de duraciones e intensidades muy altas, las cuales se reflejaron en el desbordamiento de 3 tributarios del rio Mocoa, los ríos Taruca, Sangoyaco y Mulato, tributarios que convergen en la cabecera de Mocoa y que a raíz de las precipitaciones y la afectación de los bosques primarios de la zona, produjeron el crecimiento de los niveles de las aguas, generando el arrastre de material de gran tamaño arrasando con la población ubicada en la ronda del rio Mocoa, dejando así más de 300 personas muertas. Este, es el último desastre natural presentado en el país y quizás el que más marca social ha dejado en los últimos años. Pero las inundaciones y afectaciones a la población no paran acá.

En la capital de Colombia, Bogotá, se presentan fenómenos de inundación en urbanizaciones cuyas cotas topográficas quedan por debajo de los niveles de las aguas. El crecimiento de actividades agrícolas, la ganadería, la construcción de industrias y el desarrollo de proyectos de vivienda sin planeación, han invadido terrenos que en años pasados eran propiedad de humedales, los cuales el rio utilizaba para descargar sus aguas en épocas de fuertes lluvias y que, con la ayuda de la deforestación, el rio retoma sin dar aviso.

La sabana de Bogotá y los municipios vecinos, han sufrido la retoma de terreno por parte del rio Bogotá, anegando más de 30.000 hectáreas del municipio de chía, provocando avenidas torrenciales en el municipio de Villa pinzón e inundando el municipio de Cajicá.

Pero las emergencias no cubren solo la parte norte de Bogotá, en la zona sur de la capital, el rio Tunjuelo anega las localidades de Bosa, Kennedy y Tunjuelito.



El enfoque dado al proyecto, busca establecer las condiciones hidráulicas de la cuenca del río Frio, con ayuda de programas como Hec-RAS, Auto-CAD civil 3d y Arc-GIS, aportando información valiosa para alimentar modelos que tengan como objetivo principal, determinar la mancha de inundación de la sub cuenca del río Frio y generar planes de contingencia en zonas de alto riesgo, atacando así problemáticas tales como las contextualizadas en la presente introducción.

### 3. Generalidades del trabajo de grado

#### 3.1 Línea de investigación

Aguas, saneamiento básico y ambiental.

#### 3.2 Objetivos

##### 3.2.1 Objetivo general

- Simular las condiciones hidráulicas del río Frio en la parte alta, media y baja de la sub cuenca.

##### 3.2.2 Objetivos específicos

- Analizar la caracterización morfo métrica de la cuenca del río Frio.
- Analizar la información climática, hidrológica y uso de suelo de la zona.
- Alimentar el modelo Hec –RAS, simulando así las condiciones hidráulicas de la sub cuenca en 3 puntos representativos de la misma.

## 4. Marcos de referencia

### 4.1 Marco conceptual

#### 4.1.1 Caracterización Morfo métrica de la cuenca

“Una cuenca hidrográfica, es el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río más grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica, siguiendo la divisoria de aguas.

En una cuenca hidrográfica se ubican los recursos naturales suelo, agua, vegetación y otros, allí habita el hombre y en ella realiza todas sus actividades. Cualquier infraestructura e intervenciones que realiza el hombre se encuentran en una cuenca hidrográfica, por lo tanto, no hay ningún punto sobre la tierra que no corresponda a una cuenca. La excepción aceptada es para pequeñas áreas ubicadas en las partes bajas de las cuencas denominadas zonas de intercuenas. Cuando las áreas planas son muy grandes y no es tan fácil distinguir las divisorias de aguas, a estas se denominan cuencas de llanos, pampas o praderas. En el caso de cuencas que vierten sus aguas a los mares, se integran espacialmente el área de influencia sobre las zonas costeras, que muchas veces constituye un valioso ecosistema ecológico y económico”.<sup>3</sup>

La morfo metría, se encarga de realizar un estudio cuantitativo de las características físicas de la cuenca, relacionando así, el tamaño, la forma, longitud del cauce principal, elevación, pendiente, densidad y orden de drenaje, orientación, etc. Dicho análisis es realizado con el fin de conocer a fondo el comportamiento hidrológico de la región, haciendo uso de herramientas como Hec-RAS y Arc-GIS.

---

<sup>3</sup>Jimenez, J. F. (2000). MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. *CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA*, 2-5.

#### 4.1.2 Software

##### 4.1.2.1 ARC GIS

Este nombre recibe un conjunto de productos que trabajan en el campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). ARC GIS posee diferentes aplicaciones para realizar actividades tales como: captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación, e impresión de información geográfica.

##### 4.1.2.3 HEC-RAS

Hec-RAS (Hydrological Engineering Center - River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente
- Modelización de flujo en régimen no permanente
- Modelización del transporte de sedimentos
- Análisis de calidad de aguas

Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios y determinar las zonas inundables. Si se desea estudiar un tramo en especial, de un cuerpo de agua, en este caso cada uno de los transectos seleccionados del río Frio (cortes transversales realizados en la salida de campo del 12 de Junio de 2017, en los cuales se obtuvieron los datos de la batimetría) en donde se quiere determinar las condiciones hidráulicas y poder aportar datos relevantes a planes de contingencia enfocados en saber hasta dónde llegaría el agua si se llegase a alcanzar valores máximos de caudal, ¿qué tipo de variables podrían influir en la determinación de las zonas de inundación?, pues bien, esto dependerá de la forma del cauce, la vegetación de la zona y la pendiente del mismo.

## 5. MARCO GEOGRÁFICO

### 5.1 Aspectos generales

El afluente hídrico del río Frio, tiene como lugar de nacimiento el páramo de guerrero, aproximadamente a 3450 msnm. La divisoria de aguas que delimita la Hoya hidrográfica del río Frio, da nacimiento a la subcuenca del río Frio perteneciente a su vez a la cuenca alta del río Bogotá. Ocupando un 50% del territorio administrativo del Municipio de Zipaquirá y atravesando a su vez Municipios como Tabio, Cogua, Cajica, Chia y Subachoque, el río Frio se convierte en uno de los principales tributarios del río Bogotá.



*Imagen 1: Ubicación geográfica nacimiento río Frio; Google Maps.*

| COORDENADAS GEOGRÁFICAS |
|-------------------------|
| Latitud: 5°06'20"       |
| Longitud: 74°10'47"     |
| Elevación: 3.450 m      |

*Tabla 1: Coordenadas Paramo de Guerrero; Elaboración propia.*

## *5.2 Clima*

En relación a los datos arrojados por las estaciones Hidrometeorológicas presentes en la cuenca del río Frio, se puede observar una variación de temperatura entre 13 °C y 14 °C, lo cual obedece a la altura (2.600 msnm-3.500 msnm) en donde se encuentran municipios y estaciones de referencia.

Las temperaturas bajas (Min 7°C) se presentaron en los meses de Junio, Julio y Agosto. Por su parte, las temperaturas altas (Max 20°C) se tomaron en los meses de Marzo y Abril.

## *5.3 Hidrografía*

En la parte alta del municipio de Zipaquirá, colindando con los municipios de Cogua y Pacho, pertenecientes al municipio de Cundinamarca, se constituyen importantes sistemas ecológicos en la producción de agua. Dichos sistemas ecológicos dan origen al río Frio y 111 quebradas, de las cuales aproximadamente 85 hacen parte de la sub cuenca del río Frio, los restantes tributarios hacen parte a las subcuencas del río Negro y el río Neusa.

Las sub cuencas anteriormente mencionadas pertenecen a su vez a la cuenca alta del río Bogotá. La hidrografía del departamento de Cundinamarca se constituye a partir de los ríos:

- ✓ Bogotá
- ✓ Gacheta
- ✓ Garagoa
- ✓ Magdalena
- ✓ Seco
- ✓ Carare Minero
- ✓ Sumapaz
- ✓ Alto Suarez
- ✓ Ubaté-Suarez
- ✓ Blanco-Negro-Guayuriba

La entidad estatal que se encarga del monitoreo, planeación, manejo y en general todo tipo de intervención que concierne a la hidrografía del departamento de Cundinamarca en la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), la cual desarrolla los Planes de Ordenación y Manejo de cuencas (POMCAS) en 10 grandes grupos. Uno de ellos es el POMCAS del río Bogotá, el cual tiene como tributarios los siguientes ríos:

- ✓ Río Bajo Bogotá
- ✓ Río Apulo
- ✓ Río Calamdaima
- ✓ Río Bogotá sector Salto Apulo
- ✓ Río Bogotá sector Salto Soacha
- ✓ Embalse El Muña
- ✓ Río Soacha
- ✓ Río Balsillas
- ✓ Tibitoc – Soacha
- ✓ Río Chicú
- ✓ Río Frio
- ✓ Río Teusaca
- ✓ Río Negro
- ✓ Sisga – Tibitoc
- ✓ Embalse de Tomine
- ✓ Embalse El Sisga
- ✓ Río Alto Bogotá

#### 5.4 Hidrología

En cuanto al marco hidrológico a tratar, se hace énfasis en la hidrología perteneciente al municipio de Zipaquirá, ya que por encima del 50% del río frío atraviesa este municipio.

La precipitación en el municipio de Zipaquirá se encuentra influenciada por la convergencia de masas de aire provenientes de los trópicos sur y norte. Dicha confluencia intertropical se ve representada con inestabilidad atmosférica, lluvias y humedad relativa. Dicho fenómeno se denomina *ZONA DE CONFLUENCIA INTERTROPICAL*, el cual tiende a seguir el desplazamiento del sol con retraso de dos meses. Obedeciendo a este fenómeno natural, se presentan dos estaciones lluviosas a lo largo del año; la primera se presenta desde mitad de Marzo hasta mitad de Junio y la segunda se presenta con mayor intensidad desde mediados del mes de Septiembre hasta mediados del mes de Diciembre.

En cuanto a los periodos secos que hacen presencia en el territorio administrativo del municipio de Zipaquirá, la *ZONA DE CONFLUENCIA INTERTROPICAL*, se encuentra al sur de Ecuador desde los últimos días de Diciembre hasta los primeros días de Marzo, reflejándose con altas temperaturas y tiempo seco. El segundo periodo de tiempo seco se presenta desde mitad del mes de Junio hasta final del mes de Agosto, en este caso con temperaturas menores a las que se presentan en el primer periodo de tiempo seco.

A continuación se relacionan los datos obtenidos en las estaciones pluviométricas pertenecientes a la CAR y ubicadas en el municipio de Zipaquirá.



5.4.1. ESTACIONES PARTE ALTA DE LA SUB CUENCA DEL RIO FRIO

ESTACIÓN 2120214 GUERRERO, C.A.R.

| C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA        |                                       |             |       |                    |              |       |                 |           |                             |                   |       |            |       |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------|--------------------|--------------|-------|-----------------|-----------|-----------------------------|-------------------|-------|------------|-------|
| SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica |                                       |             |       |                    |              |       |                 |           |                             |                   |       |            |       |
|                                                              |                                       |             |       |                    |              |       |                 |           |                             |                   |       |            |       |
| VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)              |                                       |             |       |                    |              |       |                 |           |                             |                   |       |            |       |
|                                                              |                                       |             |       |                    |              |       |                 |           | ESTACIÓN : 2120214 GUERRERO |                   |       |            |       |
| Latitud                                                      | 0507 N                                | X=N=1057250 |       | Departamento       | CUNDINAMARCA |       |                 | Corriente | R. FRÍO                     | Categoría         | PM    |            |       |
| Longitud                                                     | 7402 W                                | Y=E=1003780 |       | Municipio          | ZIPAQUIRA    |       |                 | Cuenca    | R. FRÍO                     | Fecha Instalación |       | 09/01/1997 |       |
| Elevación                                                    | 3200 m.s.n.m                          |             |       | Oficina Provincial |              |       | 9 SABANA CENTRO |           |                             | Fecha Suspensión  |       |            |       |
|                                                              |                                       |             |       |                    |              |       |                 |           |                             |                   |       |            |       |
| AÑO                                                          |                                       | ENERO       | FEBRE | MARZO              | ABRIL        | MAYO  | JUNIO           | JULIO     | AGOST                       | SEPTI             | OCTUB | NOVIE      | DICIE |
|                                                              |                                       |             |       |                    |              |       |                 |           |                             |                   |       |            |       |
| 2014                                                         |                                       | 33,4        | 71,1  | 136,6              | 59,2         | 128,5 | 101,8           | 106       |                             |                   |       |            |       |
|                                                              |                                       |             |       |                    |              |       |                 |           |                             |                   |       |            |       |
| MEDIOS                                                       | PERIODO TOMA<br>DE DATOS<br>1998-2014 | 44,8        | 74,3  | 104,1              | 148,5        | 124,6 | 115,4           | 98,7      | 99,0                        | 93,0              | 179,6 | 132,7      | 76,4  |
| MAXIMOS                                                      |                                       | 106,8       | 135,5 | 206,0              | 327,9        | 220,0 | 243,0           | 206,1     | 219,4                       | 224,8             | 373,6 | 316,1      | 154,3 |
| MINIMOS                                                      |                                       | 10,0        | 16,8  | 9,0                | 1,0          | 11,4  | 53,6            | 2,4       | 43,1                        | 30,5              | 61,5  | 54,1       | 23,0  |

Tabla 2 Fuente CAR, elaboración propia

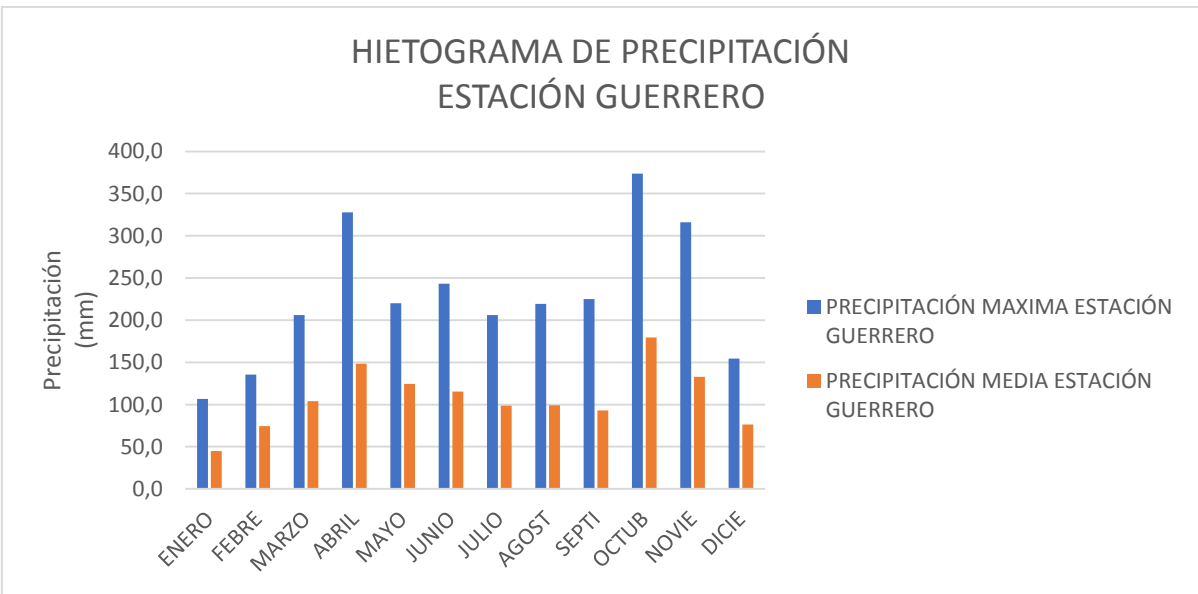


Gráfico 1 Hietograma de precipitación estación Guerrero, elaboración propia

### ESTACIÓN 21201060 PANTANO REDONDO 1, I.D.E.A.M.

|         |                                    |         |             |          |               |          |           |              |                       |              |        |            |             |           |           |             |
|---------|------------------------------------|---------|-------------|----------|---------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|--------------|--------|------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
|         | I                                  | D       | E           | A        | M             | -        | INSTITUTO | DE           | HIDROLOGIA,           | METEOROLOGIA | Y      | ESTUDIOS   | AMBIENTALES |           |           |             |
|         | SISTEMA                            | DE      | INFORMACION |          |               |          |           |              |                       |              |        |            |             |           |           |             |
|         | VALORES                            | TOTALES | MENSUALES   | DE       | PRECIPITACION | (mms)    | NACIONAL  | AMBIENTAL    |                       |              |        |            |             |           |           |             |
|         |                                    |         |             |          |               |          |           |              |                       |              |        |            |             |           |           |             |
|         | FECHA                              | DE      | PROCESO     | :        | 05/07/2017    | ESTACION | :         | 21201060     | PANTANO REDONDO 1     |              |        |            |             |           |           |             |
|         |                                    |         |             |          |               |          |           |              |                       |              |        |            |             |           |           |             |
|         | LATITUD                            | 502     | N           | TIPO     | EST           | PG       | DEPTO     | CUNDINAMARCA | FECHA-<br>INSTALACION | 1951-ENE     |        |            |             |           |           |             |
|         | LONGITUD                           | 7402    | W           | ENTIDAD  | 1             | IDEAM    | MUNICIPIO | ZIPAQUIRA    | FECHA-SUSPENSION      |              |        |            |             |           |           |             |
|         | ELEVACION                          | 3160    | m.s.n.m     | REGIONAL | 11            | BOGOTA   | CORRIENTE | FRIO         |                       |              |        |            |             |           |           |             |
|         |                                    |         |             |          |               |          |           |              |                       |              |        |            |             |           |           |             |
|         |                                    |         |             | ENERO    | FEBRERO       | MARZO    | ABRIL     | MAYO         | JUNIO                 | JULIO        | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE     | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL ANUAL |
|         | 2016                               |         |             | 29.3     | 26.6          | 128.0    | 200.0     | 138.9        | 112.9                 | 105.6        | 84.5   | 115.4      | 151.2       |           |           | 1092.4      |
|         |                                    |         |             |          |               |          |           |              |                       |              |        |            |             |           |           |             |
| MEDIOS  | PERIODO TOMA DE DATOS<br>1950-2016 |         |             | 38.1     | 64.0          | 80.4     | 133.9     | 142.1        | 110.9                 | 102.6        | 92.6   | 82.7       | 138.8       | 114.6     | 58.3      | 1158.9      |
| MAXIMOS |                                    |         |             | 147.3    | 436.8         | 185.0    | 305.1     | 302.9        | 283.1                 | 262.0        | 231.0  | 207.0      | 299.6       | 249.7     | 153.0     | 436.8       |
| MINIMOS |                                    |         |             | 2.0      | 6.5           | 2.5      | 37.8      | 37.8         | 25.0                  | 21.1         | 21.9   | 25.7       | 31.6        | 0.0       | 3.5       | 0.0         |

Tabla 3 Fuente IDEAM, Elaboración propia

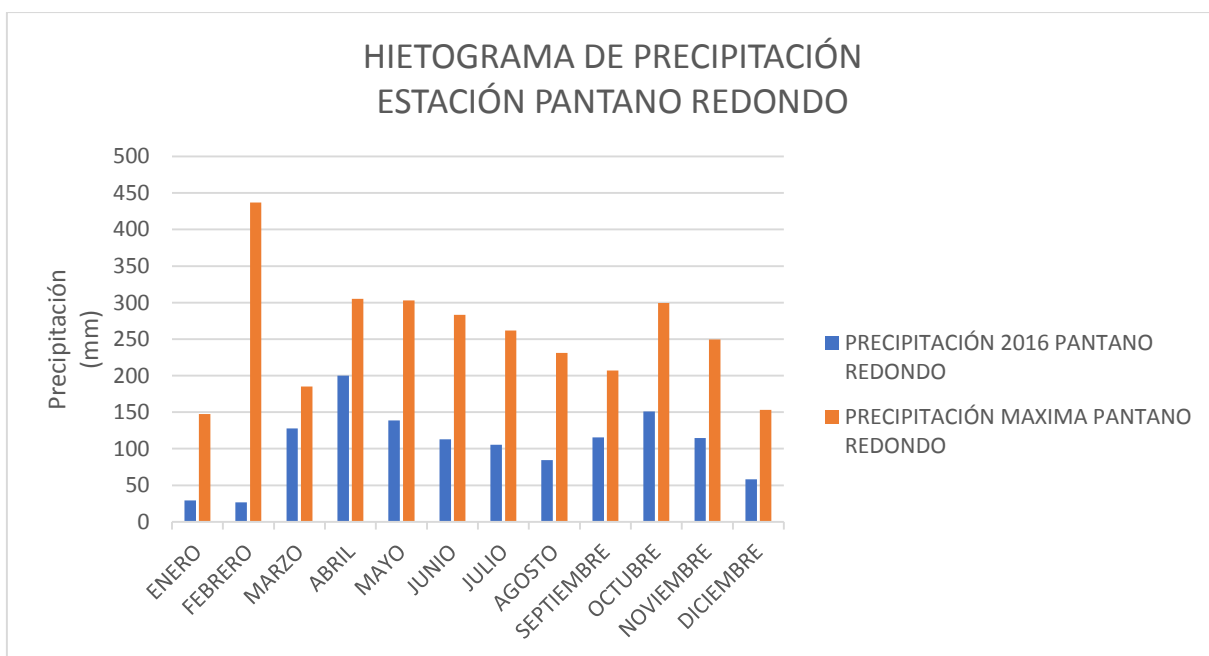


Gráfico 2 Hietograma de precipitación estación Pantano redondo 1, elaboración propia

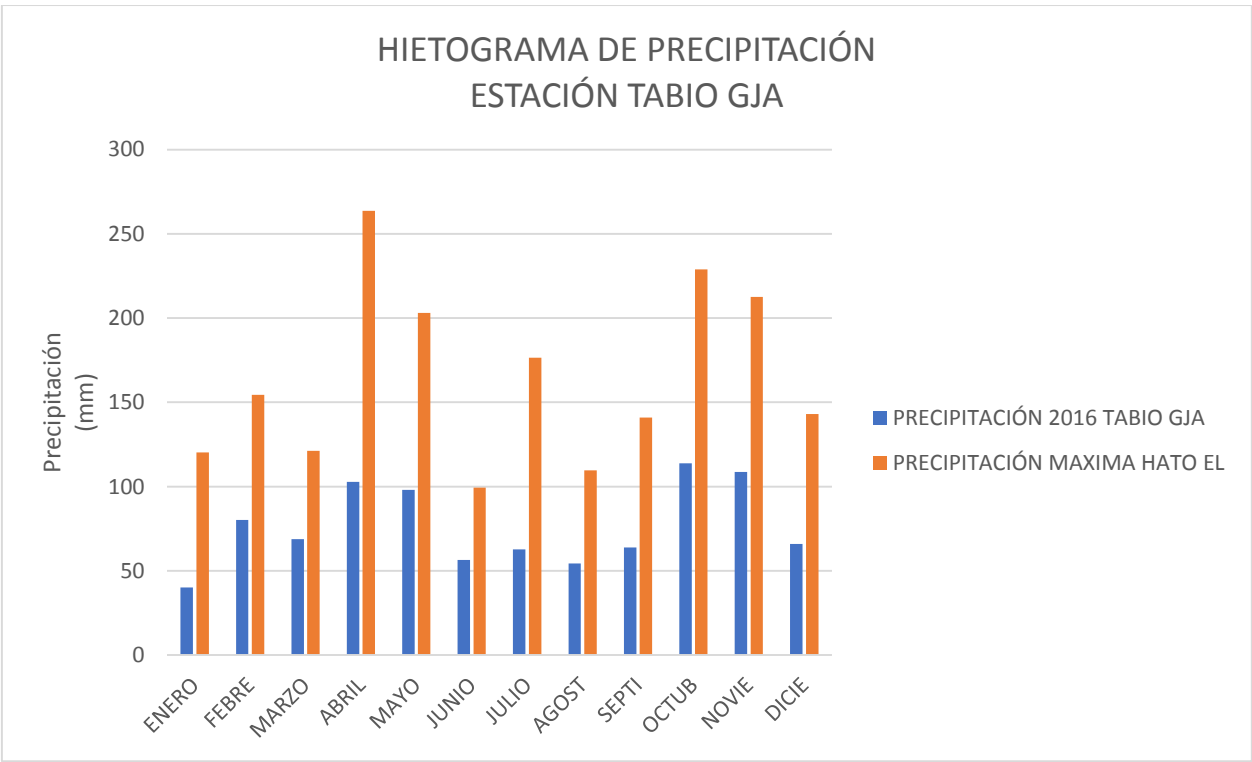
Los gráficos No. 1 y No. 2, respaldan la forma bimodal de precipitación que presenta la cuenca.

### 5.4.2. ESTACIÓN PARTE MEDIA DE LA SUB CUENCA

*ESTACIÓN 21201630 TABIO GJA, IDEAM.*

|  |           |         |             |          |               |           |           |           |                  |          |   |          |             |
|--|-----------|---------|-------------|----------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------------|----------|---|----------|-------------|
|  | I         | D       | E           | A        | M             | -         | INSTITUTO | DE        | HIDROLOGIA       | METEOROL | Y | ESTUDIOS | AMBIENTALES |
|  | SISTEMA   | DE      | INFORMACION |          |               |           |           |           |                  |          |   |          |             |
|  | VALORES   | TOTALES | MENSUALES   | DE       | PRECIPITACION | (mms)     | NACIONAL  | AMBIENTAL |                  |          |   |          |             |
|  | FECHA     | DE      | PROCESO     | :        | 24/10/2017    | ESTACION  | :         | 21201630  | TABIO            | GJA      |   |          |             |
|  | LATITUD   | 455     | N           | TIPO     | EST           | PG        | DEPTO     | CUNDINAMA | FECHA-INST/      | 1987-MAY |   |          |             |
|  | LONGITUD  | 7403    | W           | ENTIDAD  |               | 1 IDEAM   | MUNICIPIO | TABIO     | FECHA-SUSPENSION |          |   |          |             |
|  | ELEVACION | 2600    | m.s.n.m     | REGIONAL |               | 11 BOGOTA | CORRIENTE | BOGOTA    |                  |          |   |          |             |

|         |      |     |     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
|---------|------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
|         | AÑO  | EST | ENT | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO  | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIE | DICIE | VR ANUAL |
|         | 2016 | 1   | 1   | 40,2  | 80,3  | 68,8  | 102,9 | 98    | 56,5  | 62,8  | 54,3  | 63,9  | 113,9 | 108,6 | 66    | 895,3    |
| MEDIOS  |      |     |     | 42    | 54,7  | 71,6  | 102,9 | 98    | 56,5  | 62,8  | 54,3  | 63,9  | 113,9 | 108,6 | 66    | 895,3    |
| MAXIMOS |      |     |     | 120,3 | 154,5 | 121,3 | 263,7 | 203,1 | 99,4  | 176,5 | 109,6 | 140,9 | 228,9 | 212,6 | 143,1 | 1973,9   |
| MINIMOS |      |     |     | 2,8   | 6,9   | 8,2   | 4     | 18,8  | 12,9  | 26,5  | 24,1  | 15,2  | 16,1  | 30,1  | 1,4   | 167      |



*Gráfico 3 Hietograma de precipitación estación Tabio GJA, elaboración propia, fuente de datos IDEAM.*

### 5.4.3. ESTACIÓN PARTE BAJA DE LA SUB CUENCA

#### ESTACIÓN 21201210 HATO EL, IDEAM.

|         | AÑO  | EST | ENT | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIE | DICIE | VR   | ANUAL |
|---------|------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|         | 2016 | 1   | 1   | 2,1   | 6,7   | 17,6  | 15,3  | 19,8 | 22,1  | 11,5  | 13,8  | 10,6  | 39,5  | 19,5  | 19,2  | 39,5 | 197,7 |
|         | 2017 | 1   | 1   | 10,9  | 17,4  | 25,2  | 15,4  | 15,3 | 16,5  | 25,2  | 3     |       |       |       |       |      |       |
|         |      |     |     |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |      |       |
| MEDIOS  |      |     |     | 8,1   | 14,3  | 20,2  | 23,6  | 22,6 | 14,5  | 12,3  | 12,8  | 20,2  | 24,5  | 19,8  | 15,2  | 17,3 | 209,4 |
| MAXIMOS |      |     |     | 22,6  | 56    | 88    | 53,5  | 61   | 41    | 38,5  | 32,2  | 41,6  | 60    | 49,5  | 38,7  | 88   | 302,5 |
| MINIMOS |      |     |     | 0     | 3,9   | 2     | 2,5   | 4,8  | 4     | 5,2   | 5,1   | 5     | 9,8   | 5     | 0,8   | 0    | 137,8 |

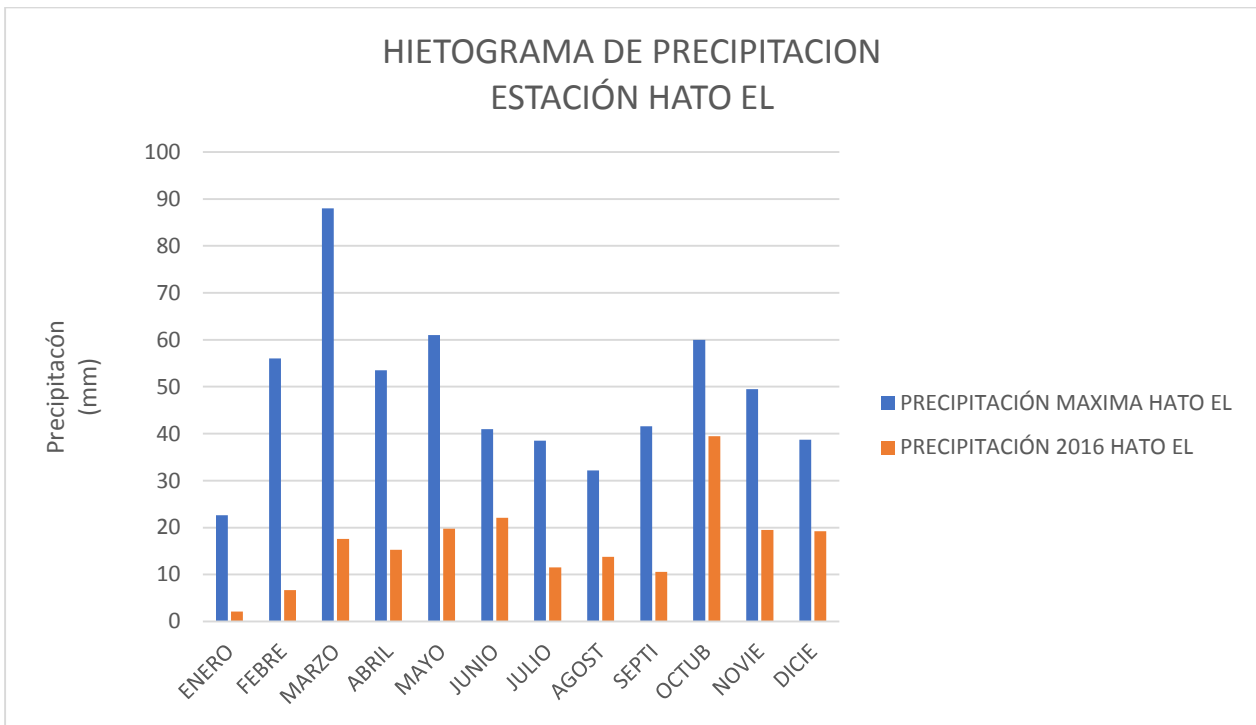


Gráfico 4 Hietograma de precipitación estación Hato el, elaboración propia, fuente de datos IDEAM.

## 6. METODOLOGÍA

La información de segunda mano es vital para conocer el estado de la cuenca a intervenir, en busca de complementarla e informarse acerca de los avances que se han obtenido por entidades como la CAR y la Alcaldía de Zipaquirá en cuanto al conocimiento morfo métrico, hidrogeológico y climatológico propio de la cuenca del río Frio.

La información se obtuvo a través de la página oficial de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, en donde se encuentra fácil y claramente los planes de manejo de cuencas que la entidad le da a cada uno de los afluentes hídricos que pertenecen al departamento de Cundinamarca. También se encontró información en el POT del municipio de Zipaquirá, en donde se incluye el manejo de la cuenca del Río frío. Todos estos datos mencionados anteriormente, se incluyen en el cuerpo del presente informe y será base de estudios para concluir de manera exitosa la presente investigación.

En base a la documentación realizada, se logró generar una contextualización del proyecto y poder así, realizar una mejor interpretación de los datos obtenidos en la salida a campo del 12 de Julio de 2017, en la cual se seleccionaron 3 transectos del río para realizar la batimetría y realizar la toma de velocidades con ayuda del correntómetro.

La salida de campo la integramos estudiantes de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental, la cual fue encabezada por docentes de la facultad de Ingeniería Ambiental. Con la ayuda de los docentes realizamos el levantamiento topográfico y la toma de velocidades en cada transecto seleccionado previamente. Los datos anteriormente mencionados, son base del presente proyecto de grado, ya que estos datos relacionan directamente la morfometría de la cuenca, los niveles del afluente y los gradientes de velocidad del río, utilizados para determinar las condiciones hidráulicas del río Frio.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

#### 7.1.1 Información cartográfica

La sub cuenca tiene una extensión aproximada de  $196,15 \text{ km}^2$  y se localiza en altitudes entre los 2600 y 3700 msnm. La altitud media de la subcuenca se encuentra alrededor de los 2914 msnm.

En la salida de campo N°1, tomamos rumbo al vecino municipio de Zipaquirá, con el ánimo de realizar las topo batimetrías y las tomas de velocidades a una profundidad aproximada del 60% con respecto a la profundidad del punto (Lámina de agua-Fondo). Las tomas se realizaron en 3 puntos de muestreo previamente seleccionados, ubicados en los municipios de Zipaquirá, Cajicá y Chía respectivamente.

Por medio de una estación total y sus respectivos elementos (jalones, prismas, decímetros, etc.) realizamos el levantamiento topográfico de cada transecto del río. Una vez dentro del cauce se tomaron velocidades al 60% de la profundidad del río, cada 70 centímetros en relación al ancho del cuerpo de agua.

A continuación, se consignaran todos los datos obtenidos en la salida de campo, los cuales son base de los estudios y modelaciones realizadas en programas como Auto Cad-CIVIL 3D y Hec-RAS.

| PUNTO DE MUESTREO No. | ESTACIÓN DELTA1                               | SAZ AZIMUT                                    |
|-----------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1                     | N 5° 5' 2,5''<br>W 74° 3' 32,8''<br>Z 3004m   | N 5° 5' 1,7''<br>W 74° 3' 32,6''<br>Z 3087m   |
| 2                     | N 4° 58' 38,6''<br>W 74° 4' 18,5''<br>Z 2642m | N 4° 58' 31,9''<br>W 74° 4' 17,4''<br>Z 2662m |
| 3                     | N 4° 53' 44''<br>W 74° 3' 9,7''<br>Z 2565m    | N 4° 53' 45,4''<br>W 74° 3' 5,8''<br>Z 2612m  |

Tabla 4 Tabla 1 Coordenadas ubicación geográfica, elaboración propia



Ilustración 2 Localización de los puntos de muestreo por medio de Google Earth, elaboración propia.

La primera toma de datos se hizo en la parte alta del municipio de Zipaquirá, la cual se compone de toma de velocidades a través del correntómetro y toma de datos de la topo batimetria con ayuda de la estación total y sus elementos para el correcto funcionamiento.

#### Punto 1 – Transecto 1

| Point To | Code  | Reflector Heig... | Azimuth | Horizontal Circle | Slope Distance... | Zenith Angle    |
|----------|-------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|-----------------|
| SAZ      | DELTA | 1,550             |         | 0°00'05,0000"     | 27,928            | 86°54'03,0000"  |
| 1        | PN    | 1,550             |         | 44°12'24,0000"    | 6,018             | 82°54'02,0000"  |
| 2        | PN    | 1,550             |         | 44°52'35,0000"    | 3,364             | 85°20'05,0000"  |
| 3        | PN    | 1,550             |         | 14°26'25,0000"    | 1,497             | 89°22'44,0000"  |
| 4        | PN    | 1,550             |         | 261°17'12,0000"   | 2,294             | 96°52'02,0000"  |
| 5        | PN    | 1,550             |         | 249°18'13,0000"   | 3,701             | 97°51'00,0000"  |
| 6        | PN    | 1,550             |         | 252°31'40,0000"   | 4,432             | 102°54'39,0000" |
| 7        | PN    | 1,550             |         | 248°26'31,0000"   | 6,253             | 106°41'42,0000" |
| 8        | LAMI  | 1,550             |         | 248°15'49,0000"   | 8,411             | 104°43'52,0000" |
| 9        | FONDO | 1,550             |         | 246°51'03,0000"   | 8,985             | 105°07'58,0000" |
| 10       | FONDO | 1,550             |         | 245°29'39,0000"   | 9,757             | 105°04'58,0000" |
| 11       | FONDO | 1,550             |         | 243°28'35,0000"   | 10,848            | 103°28'25,0000" |
| 12       | FONDO | 1,550             |         | 244°14'11,0000"   | 11,893            | 102°30'12,0000" |
| 13       | FONDO | 1,550             |         | 244°14'35,0000"   | 12,488            | 101°48'27,0000" |
| 14       | FONDO | 1,550             |         | 243°26'56,0000"   | 13,071            | 101°29'59,0000" |
| 15       | FONDO | 1,550             |         | 243°23'11,0000"   | 13,945            | 100°33'54,0000" |
| 16       | FONDO | 1,550             |         | 243°23'09,0000"   | 14,334            | 100°09'19,0000" |
| 17       | PN    | 1,550             |         | 243°46'11,0000"   | 15,572            | 93°14'49,0000"  |
| 18       | PN    | 0,050             |         | 243°30'17,0000"   | 16,756            | 95°22'20,0000"  |
| 19       | PN    | 2,000             |         | 242°37'14,0000"   | 18,724            | 86°31'46,0000"  |
| 20       | PN    | 1,550             |         | 240°43'12,0000"   | 21,358            | 83°24'47,0000"  |

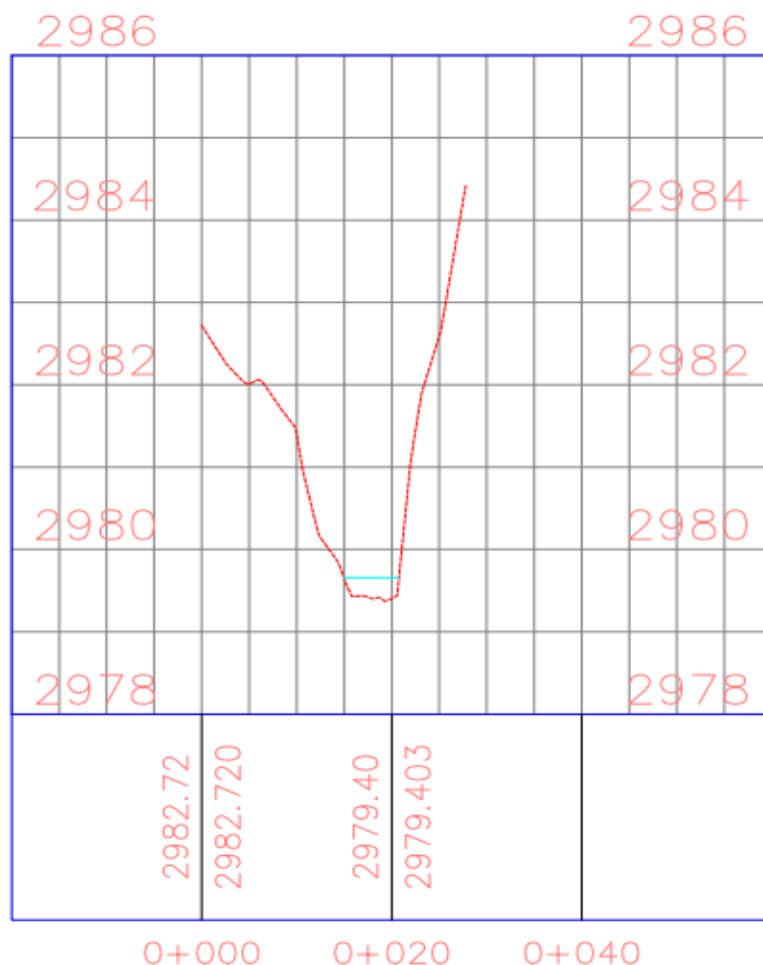
Ilustración 3 Datos estación total Punto 1 transecto 1

| ID  | NORTE       | ESTE        | ALTURA   | NOMBRE |
|-----|-------------|-------------|----------|--------|
| D1  | 1052392,074 | -430089,953 | 2982,078 | DELTA  |
| SAZ | 1052367,532 | -430083,949 | 3065,078 | DELTA  |
| 1   | 1052386,926 | -430092,980 | 2982,715 | PN     |
| 2   | 1052389,204 | -430091,686 | 2982,245 | PN     |
| 3   | 1052390,577 | -430089,971 | 2981,987 | PN     |
| 4   | 1052392,944 | -430087,848 | 2981,697 | PN     |
| 5   | 1052394,148 | -430086,929 | 2981,466 | PN     |
| 6   | 1052394,313 | -430086,259 | 2980,981 | PN     |
| 7   | 1052395,536 | -430085,065 | 2980,175 | PN     |
| 8   | 1052396,796 | -430083,329 | 2979,832 | LAMI   |
| 9   | 1052397,281 | -430083,017 | 2979,625 | FONDO  |
| 10  | 1052397,907 | -430082,555 | 2979,432 | FONDO  |
| 11  | 1052398,893 | -430081,904 | 2979,443 | FONDO  |
| 12  | 1052399,461 | -430080,995 | 2979,396 | FONDO  |
| 13  | 1052399,850 | -430080,522 | 2979,416 | FONDO  |
| 14  | 1052400,358 | -430080,184 | 2979,365 | FONDO  |
| 15  | 1052400,952 | -430079,507 | 2979,414 | FONDO  |
| 16  | 1052401,212 | -430079,202 | 2979,444 | FONDO  |
| 17  | 1052402,063 | -430078,040 | 2981,089 | PN     |
| 18  | 1052402,851 | -430077,219 | 2981,902 | PN     |
| 19  | 1052404,367 | -430075,875 | 2982,654 | PN     |
| 20  | 1052406,552 | -430074,443 | 2984,421 | PN     |

Ilustración 4 Conversión y cálculo de coordenadas Geográficas A planas cartesianas del Punto 1 Transecto 1



Una vez procesada la información que se obtuvo de la estación total, se alimentó el software AUTOCAD-CIVIL 3D, el cual nos permitió realizar el perfil del transecto analizado.



*Ilustración 5 Perfil Punto 1 Transecto 1, elaboración propia.*

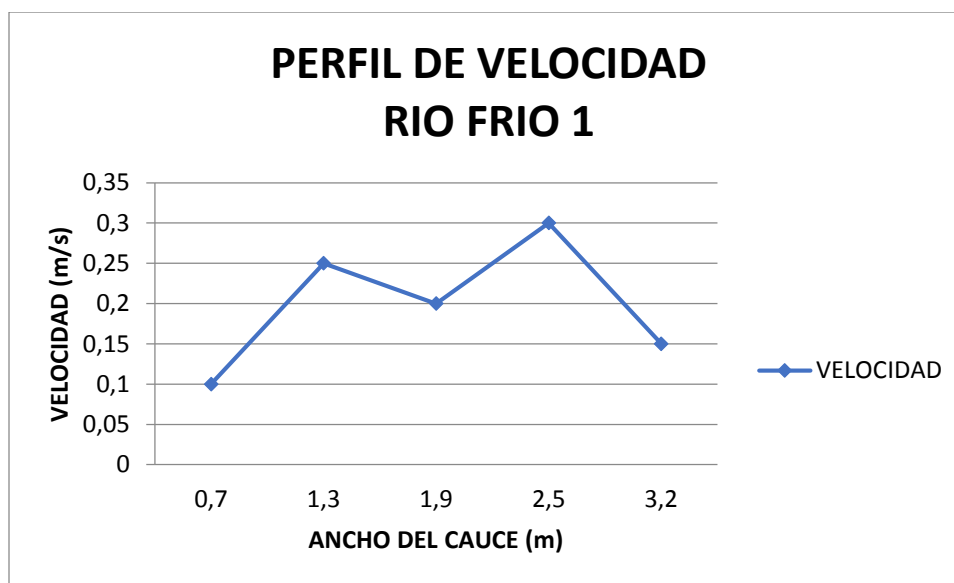
En este punto se realizó la toma de velocidades a una profundidad aproximada del 60% con respecto a la profundidad del tramo. Las muestras se realizaron con ayuda de un correntómetro, el cual arrojaba los datos en m/s, por lo que no fue necesario realizar ningún tipo de conversión.

| TRAMO 1 ANCHO= 3,4 m |                 |                      |                 |
|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Ancho(m)             | Profundidad (m) | Profundidad toma (m) | Velocidad (m/s) |
| 0,7                  | 0,19            | 0,11                 | 0,1             |

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| 1,3 | 0,28 | 0,17 | 0,25 |
| 1,9 | 0,26 | 0,16 | 0,2  |
| 2,5 | 0,33 | 0,20 | 0,3  |
| 3,2 | 0,22 | 0,13 | 0,15 |

*Tabla 5 Toma de velocidades con correntómetro, elaboración propia.*

Una vez procesada la información, se realiza la gráfica del perfil de velocidad propio de este transecto analizado.



*Ilustración 6 Grafica perfil de velocidad transecto 1, elaboración propia.*



*Imagen 3 Toma de velocidades, elaboración propia.*



*Imagen 2 Topo batimetría del transecto 1, elaboración propia.*

## Punto 2

En este punto, se realizaron dos tomas de datos por parte del equipo que estaba encargado de la topo batimetría, los cuales se relacionan a continuación.

### Punto 2 – Transecto 1

| Point From | Point To | Code  | Reflector Heig... | Horizontal Circle | Slope Distance... | Zenith Angle    |
|------------|----------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| D1         | SAZ      | DELTA | 1,550             | 359°59'58,0000"   | 49,047            | 89°58'29,0000"  |
| D1         | 1        | PN    | 1,550             | 100°41'34,0000"   | 5,946             | 107°01'58,0000" |
| D1         | 2        | PN    | 1,550             | 82°06'14,0000"    | 6,110             | 108°18'33,0000" |
| D1         | 3        | PN    | 1,550             | 62°14'03,0000"    | 6,438             | 109°28'22,0000" |
| D1         | 4        | PN    | 1,550             | 45°59'39,0000"    | 7,242             | 108°21'01,0000" |
| D1         | 5        | PN    | 1,550             | 30°30'54,0000"    | 9,059             | 106°56'14,0000" |
| D1         | 6        | LAMI  | 1,800             | 29°07'43,0000"    | 9,434             | 110°41'32,0000" |
| D1         | 7        | FONDO | 1,800             | 29°05'46,0000"    | 9,511             | 112°29'51,0000" |
| D1         | 8        | FONDO | 1,800             | 24°14'27,0000"    | 10,315            | 111°04'35,0000" |
| D1         | 9        | FONDO | 1,800             | 21°36'56,0000"    | 11,130            | 109°34'31,0000" |
| D1         | 10       | FONDO | 1,800             | 19°20'29,0000"    | 11,723            | 108°30'36,0000" |
| D1         | 11       | FONDO | 1,800             | 17°37'02,0000"    | 12,497            | 107°09'20,0000" |
| D1         | 12       | FONDO | 1,800             | 16°01'37,0000"    | 13,191            | 105°44'06,0000" |
| D1         | 13       | FONDO | 1,800             | 14°50'02,0000"    | 13,678            | 105°17'54,0000" |
| D1         | 14       | LAMI  | 1,800             | 14°53'41,0000"    | 13,621            | 104°10'32,0000" |
| D1         | 15       | PN    | 1,550             | 14°51'22,0000"    | 14,181            | 101°45'37,0000" |
| D1         | 16       | PN    | 1,550             | 12°23'19,0000"    | 15,461            | 98°13'22,0000"  |
| D1         | 17       | PN    | 1,550             | 10°51'51,0000"    | 16,940            | 95°32'38,0000"  |
| D1         | 18       | PN    | 1,550             | 8°58'05,0000"     | 19,707            | 93°51'48,0000"  |
| D1         | 19       | PN    | 1,550             | 7°11'32,0000"     | 22,448            | 93°47'19,0000"  |

*Ilustración 7 Datos estación total punto 2 transecto 1, elaboración propia.*

| ID  | NORTE       | ESTE        | ALTURA   | NOMBRE |
|-----|-------------|-------------|----------|--------|
| D1  | 1040591,821 | -431572,105 | 2620,062 | DELTA  |
| SAZ | 1040386,184 | -431539,502 | 2640,065 | DELTA  |
| 1   | 1040591,988 | -431577,788 | 2618,250 | PN     |
| 2   | 1040590,134 | -431577,655 | 2618,073 | PN     |
| 3   | 1040588,187 | -431576,967 | 2617,846 | PN     |
| 4   | 1040586,330 | -431576,240 | 2617,712 | PN     |
| 5   | 1040583,758 | -431575,282 | 2617,353 | PN     |
| 6   | 1040583,534 | -431575,141 | 2616,409 | LAMI   |
| 7   | 1040583,568 | -431575,123 | 2616,103 | FONDO  |
| 8   | 1040582,534 | -431574,634 | 2616,033 | FONDO  |
| 9   | 1040581,587 | -431574,394 | 2616,013 | FONDO  |
| 10  | 1040580,885 | -431574,099 | 2616,020 | FONDO  |
| 11  | 1040580,015 | -431573,892 | 2616,056 | FONDO  |
| 12  | 1040579,219 | -431573,656 | 2616,165 | FONDO  |
| 13  | 1040578,696 | -431573,444 | 2616,133 | FONDO  |
| 14  | 1040578,684 | -431573,459 | 2616,406 | LAMI   |
| 15  | 1040578,010 | -431573,519 | 2617,102 | PN     |
| 16  | 1040576,546 | -431573,007 | 2617,781 | PN     |
| 17  | 1040574,969 | -431572,651 | 2618,355 | PN     |
| 18  | 1040572,159 | -431572,091 | 2618,664 | PN     |
| 19  | 1040569,433 | -431571,395 | 2618,509 | PN     |

*Ilustración 8 Conversión y cálculo de coordenadas Geográficas a planas cartesianas del Punto 2 Transecto 1*

Una vez procesada la información que se obtuvo de la estación total, se alimentó el software AUTOCAD-CIVIL 3D, el cual nos permitió realizar el perfil del transecto analizado.

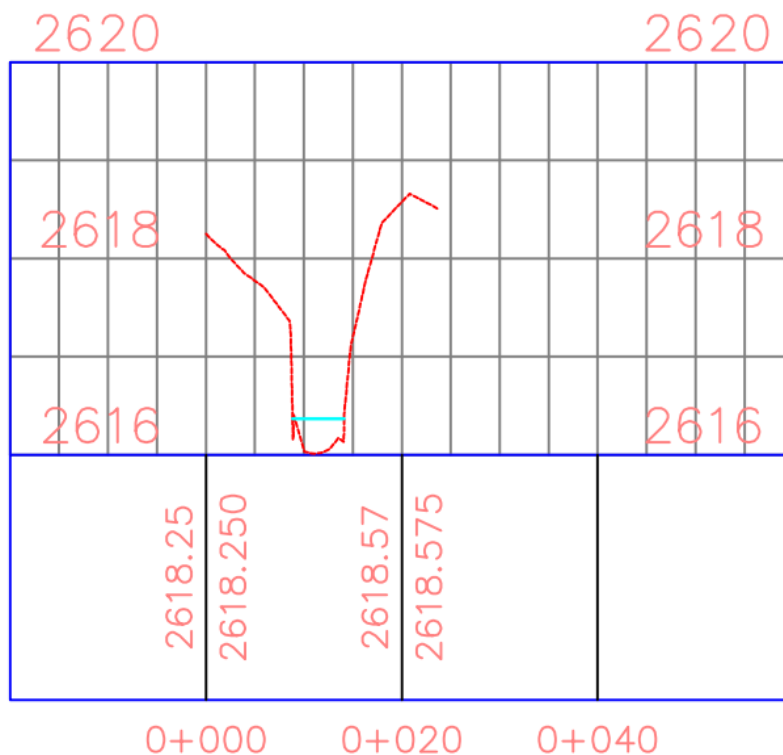


Ilustración 9 Perfil punto 2 transecto 1 con AUTOCAD-CIVIL 3D, elaboración propia.

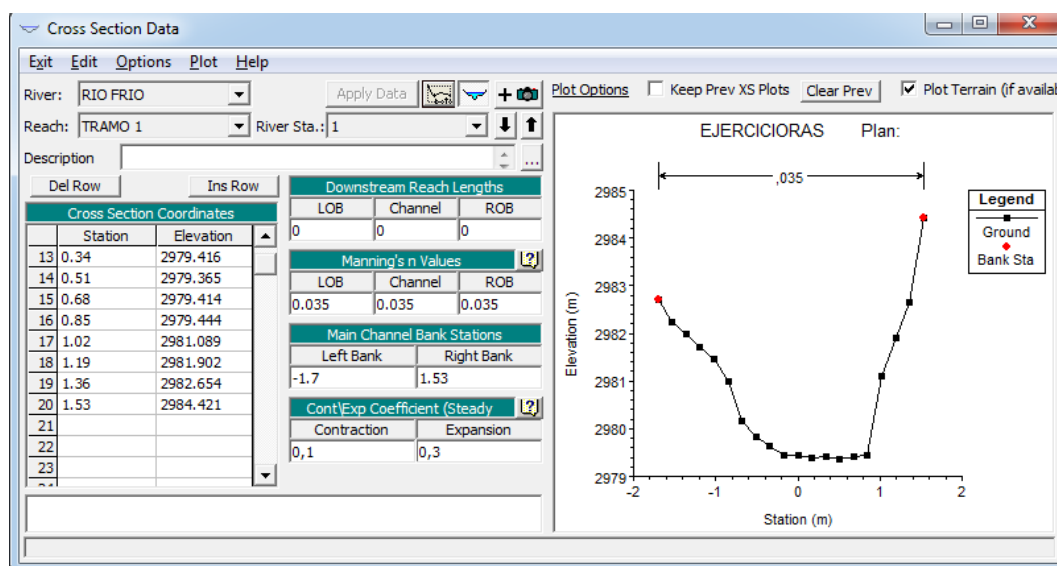


Ilustración 10 Modelamiento sección transversal Zipaquirá, elaboración propia.

## Punto 2 – Transecto 2

|    |    |       |       |                |        |                 |
|----|----|-------|-------|----------------|--------|-----------------|
| D1 | 19 | PN    | 1,550 | 7°11'32,0000"  | 22,448 | 93°47'19,0000"  |
| D1 | 20 | PN    | 1,550 | 74°57'50,0000" | 10,132 | 103°04'22,0000" |
| D1 | 21 | PN    | 1,550 | 75°26'12,0000" | 12,853 | 100°40'29,0000" |
| D1 | 22 | PN    | 1,550 | 76°09'46,0000" | 16,067 | 98°50'58,0000"  |
| D1 | 23 | PN    | 1,550 | 75°50'39,0000" | 17,995 | 98°53'00,0000"  |
| D1 | 24 | LAMI  | 1,800 | 77°05'22,0000" | 18,711 | 100°29'26,0000" |
| D1 | 25 | FONDO | 1,800 | 77°04'32,0000" | 18,699 | 101°08'39,0000" |
| D1 | 26 | FONDO | 1,800 | 77°10'02,0000" | 20,084 | 100°57'08,0000" |
| D1 | 27 | FONDO | 1,800 | 77°19'46,0000" | 21,081 | 100°34'53,0000" |
| D1 | 28 | FONDO | 1,800 | 76°53'20,0000" | 22,247 | 100°39'03,0000" |
| D1 | 29 | FONDO | 1,800 | 75°51'47,0000" | 23,224 | 99°29'47,0000"  |
| D1 | 30 | FONDO | 1,800 | 75°06'05,0000" | 24,322 | 98°57'24,0000"  |
| D1 | 31 | FONDO | 1,800 | 75°04'35,0000" | 25,188 | 98°17'41,0000"  |
| D1 | 32 | LAMI  | 1,800 | 74°58'15,0000" | 25,197 | 97°43'15,0000"  |
| D1 | 33 | PN    | 1,550 | 75°18'04,0000" | 25,592 | 93°51'56,0000"  |
| D1 | 34 | PN    | 1,550 | 74°59'32,0000" | 27,166 | 92°13'07,0000"  |
| D1 | 35 | PN    | 1,550 | 74°34'19,0000" | 29,844 | 91°51'05,0000"  |
| D1 | 36 | PN    | 1,550 | 73°59'33,0000" | 32,552 | 91°29'36,0000"  |

*Ilustración 11 Datos estación total punto 2 transecto 2, elaboración propia.*

|    |             |             |          |       |
|----|-------------|-------------|----------|-------|
| 20 | 1040587,800 | -431581,118 | 2617,700 | PN    |
| 21 | 1040586,770 | -431583,682 | 2617,611 | PN    |
| 22 | 1040585,657 | -431586,735 | 2617,520 | PN    |
| 23 | 1040584,827 | -431588,451 | 2617,213 | PN    |
| 24 | 1040584,953 | -431589,173 | 2616,335 | LAMI  |
| 25 | 1040584,968 | -431589,124 | 2616,128 | FONDO |
| 26 | 1040584,485 | -431590,408 | 2615,926 | FONDO |
| 27 | 1040584,166 | -431591,362 | 2615,871 | FONDO |
| 28 | 1040583,588 | -431592,360 | 2615,630 | FONDO |
| 29 | 1040582,818 | -431593,167 | 2615,910 | FONDO |
| 30 | 1040582,085 | -431594,069 | 2615,955 | FONDO |
| 31 | 1040581,710 | -431594,887 | 2616,108 | FONDO |
| 32 | 1040581,650 | -431594,908 | 2616,357 | LAMI  |
| 33 | 1040581,555 | -431595,484 | 2618,267 | PN    |
| 34 | 1040580,773 | -431596,901 | 2618,940 | PN    |
| 35 | 1040579,481 | -431599,261 | 2619,028 | PN    |
| 36 | 1040578,060 | -431601,593 | 2619,144 | PN    |

*Ilustración 12 Conversión y cálculo de coordenadas Geográficas A planas cartesianas del Punto 2 transecto 2, elaboración propia.*

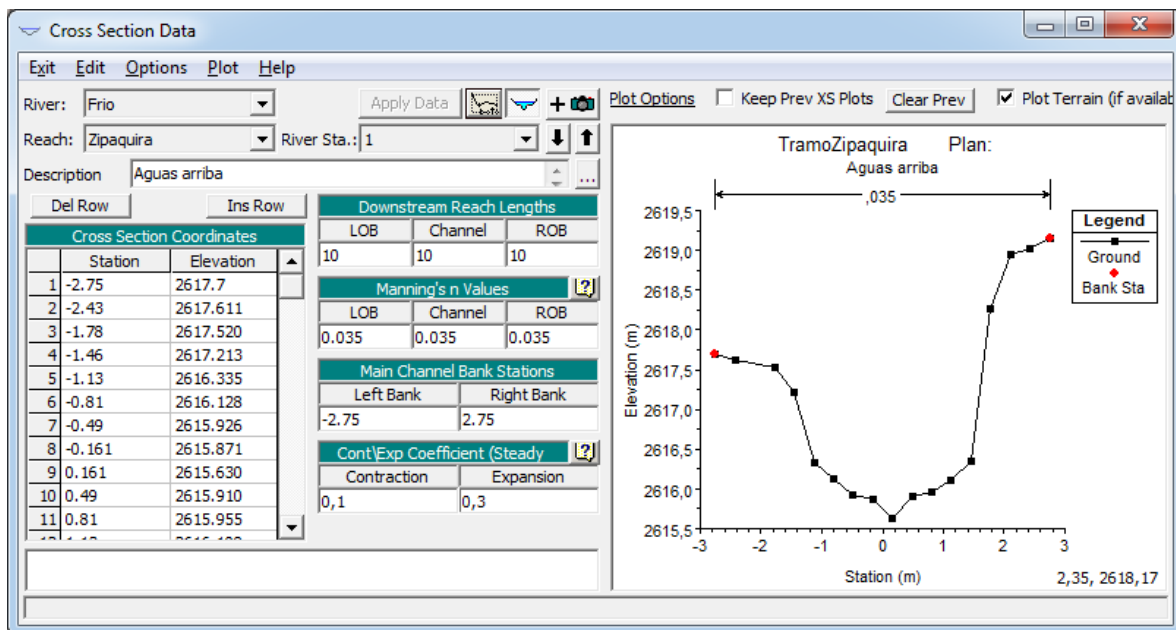


Ilustración 13 Modelamiento sección transversal 2 Tabio, elaboración propia.

Una vez procesada la información que se obtuvo de la estación total, se alimentó el software AUTOCAD-CIVIL 3D, el cual nos permitió realizar el perfil del transecto analizado.

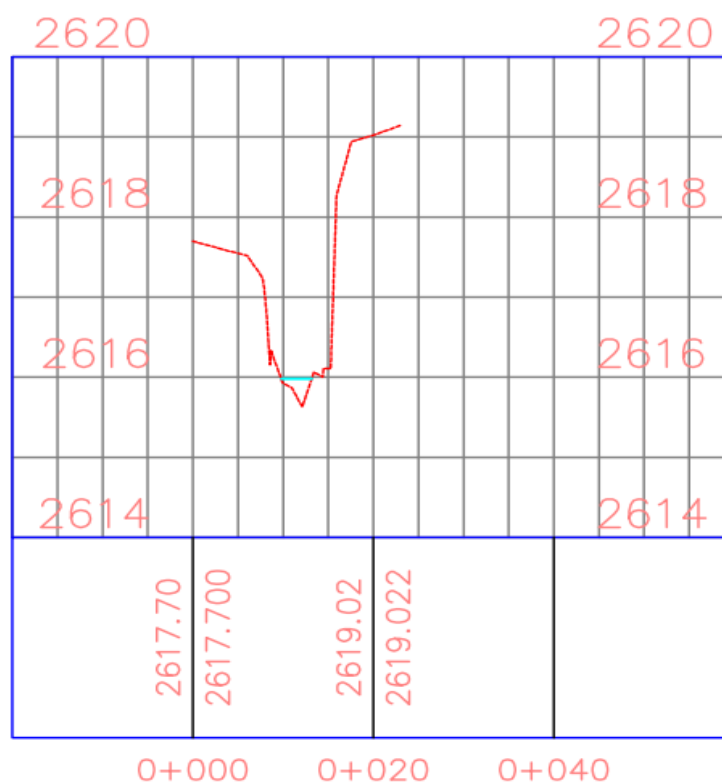


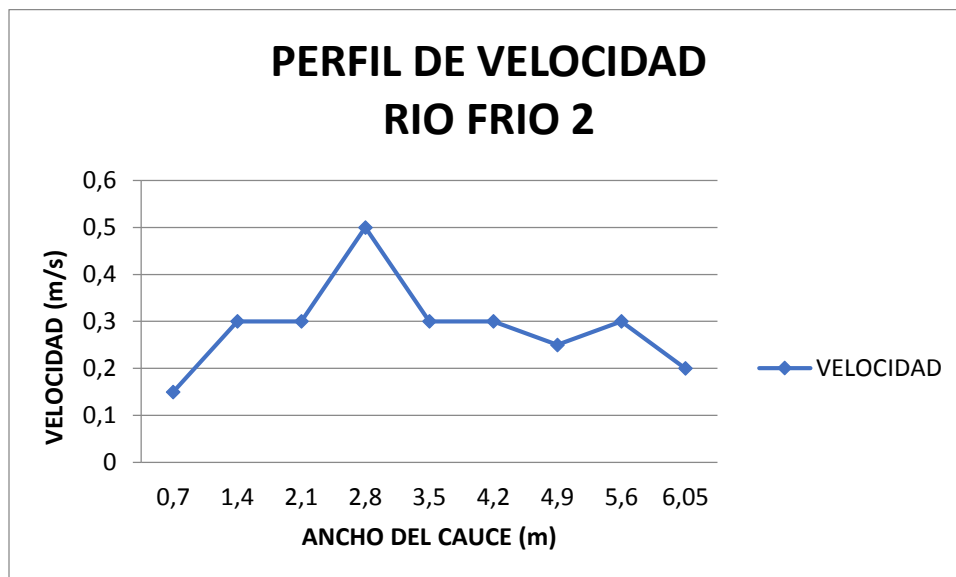
Ilustración 14 Perfil punto 2 transecto 2 con AUTOCAD-CIVIL 3D, elaboración propia.

En este punto se realizó la toma de velocidades a una profundidad aproximada del 60% con respecto a la profundidad del tramo. Las muestras se realizaron con ayuda de un correntómetro, el cual arrojaba los datos en m/s, por lo que no fue necesario realizar ningún tipo de conversión.

| TRAMO 2 ANCHO= 5,5 m |                 |                      |                 |
|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Ancho(m)             | Profundidad (m) | Profundidad toma (m) | Velocidad (m/s) |
| 0,7                  | 0,29            | 0,17                 | 0,15            |
| 1,4                  | 0,32            | 0,19                 | 0,3             |
| 2,1                  | 0,28            | 0,17                 | 0,3             |
| 2,8                  | 0,34            | 0,20                 | 0,5             |
| 3,5                  | 0,41            | 0,25                 | 0,3             |
| 4,2                  | 0,49            | 0,29                 | 0,3             |
| 4,9                  | 0,48            | 0,29                 | 0,25            |
| 5,6                  | 0,35            | 0,21                 | 0,3             |
| 6,05                 | 0,19            | 0,11                 | 0,2             |

Tabla 6 Toma de velocidades con correntómetro, elaboración propia.

Una vez procesada la información, se realiza la gráfica del perfil de velocidad propio de este transecto analizado.



*Ilustración 15 Grafica perfil de velocidades transecto 2, elaboración propia.*



*Ilustración 16 Toma de datos de topo batimetría y velocidades transecto 2, elaboración propia.*

**Punto 3**  
**Punto 3 – Transecto 1**



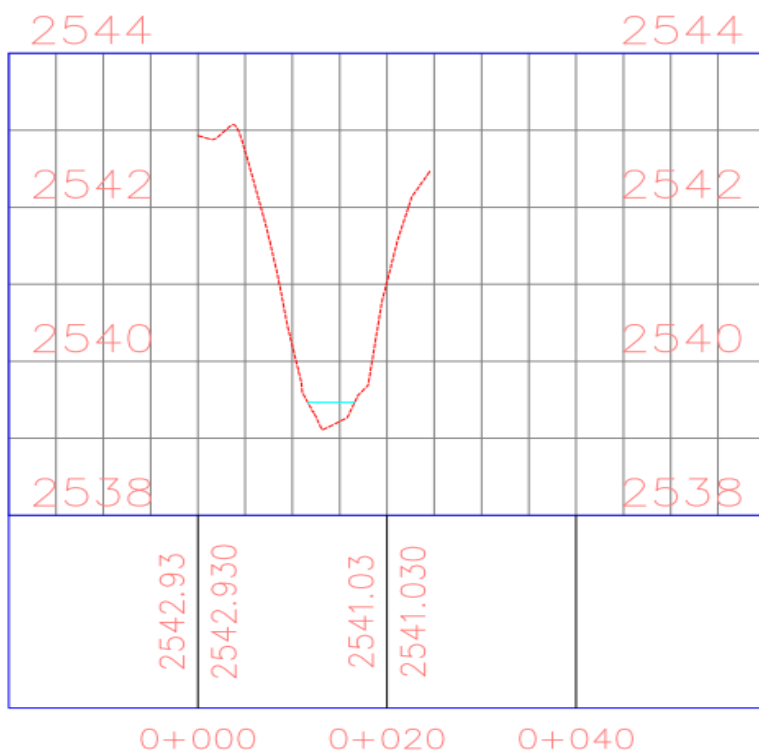
| Point From | Point To | Code  | Reflector Heig... | Horizontal Circle | Slope Distance... | Zenith Angle   |
|------------|----------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| D1         | D1 SAZ   | DELTA | 1,550             | 0°00'00,000"      | 37,152            | 87°07'25,000"  |
| D1         | 1        | PN    | 1,550             | 333°47'56,000"    | 3,998             | 89°38'45,000"  |
| D1         | 2        | PN    | 1,550             | 319°49'10,000"    | 2,443             | 90°52'26,000"  |
| D1         | 3        | PN    | 1,550             | 204°33'05,000"    | 1,690             | 105°23'10,000" |
| D1         | 4        | PN    | 1,550             | 187°57'58,000"    | 3,291             | 110°26'38,000" |
| D1         | 5        | PN    | 1,550             | 182°07'45,000"    | 4,578             | 112°45'31,000" |
| D1         | 6        | PN    | 1,550             | 180°46'35,000"    | 5,877             | 114°55'06,000" |
| D1         | 7        | PN    | 1,550             | 177°14'31,000"    | 7,399             | 115°28'55,000" |
| D1         | 8        | LAMI  | 1,550             | 176°43'04,000"    | 7,442             | 115°25'26,000" |
| D1         | 9        | FONDO | 1,550             | 177°28'55,000"    | 7,521             | 116°06'01,000" |
| D1         | 10       | FONDO | 1,550             | 177°55'43,000"    | 8,674             | 114°17'10,000" |
| D1         | 11       | FONDO | 1,550             | 178°35'59,000"    | 9,601             | 113°16'32,000" |
| D1         | 12       | FONDO | 1,550             | 177°55'57,000"    | 10,577            | 110°41'04,000" |
| D1         | 13       | FONDO | 1,550             | 177°20'44,000"    | 12,042            | 107°34'21,000" |
| D1         | 14       | FONDO | 1,550             | 177°10'47,000"    | 13,059            | 104°49'14,000" |
| D1         | 15       | LAMI  | 1,550             | 176°25'05,000"    | 14,039            | 103°13'38,000" |
| D1         | 16       | PN    | 1,550             | 177°01'15,000"    | 15,238            | 98°05'05,000"  |
| D1         | 17       | PN    | 1,550             | 176°47'03,000"    | 16,837            | 94°29'50,000"  |
| D1         | 18       | PN    | 1,550             | 176°23'16,000"    | 18,261            | 92°25'24,000"  |
| D1         | 19       | PN    | 1,550             | 175°20'34,000"    | 20,172            | 91°13'56,000"  |

Ilustración 17 Datos estación total punto 3 transecto 1, elaboración propia.

| ID  | NORTE       | ESTE        | ALTURA   | NOMBRE |
|-----|-------------|-------------|----------|--------|
| D1  | 1031553,263 | -429508,329 | 2543,126 | DELTA  |
| SAZ | 1031596,898 | -429387,901 | 2590,125 | DELTA  |
| 1   | 1031556,145 | -429505,558 | 2542,929 | PN     |
| 2   | 1031555,381 | -429507,111 | 2542,867 | PN     |
| 3   | 1031553,395 | -429509,953 | 2542,456 | PN     |
| 4   | 1031552,624 | -429511,346 | 2541,754 | PN     |
| 5   | 1031551,973 | -429512,349 | 2541,133 | PN     |
| 6   | 1031551,515 | -429513,364 | 2540,428 | PN     |
| 7   | 1031550,688 | -429514,492 | 2539,721 | PN     |
| 8   | 1031550,615 | -429514,507 | 2539,709 | LAMI   |
| 9   | 1031550,685 | -429514,572 | 2539,595 | FONDO  |
| 10  | 1031550,303 | -429515,660 | 2539,336 | FONDO  |
| 11  | 1031550,057 | -429516,545 | 2539,110 | FONDO  |
| 12  | 1031549,559 | -429517,505 | 2539,168 | FONDO  |
| 13  | 1031548,857 | -429518,930 | 2539,268 | FONDO  |
| 14  | 1031548,384 | -429519,972 | 2539,564 | FONDO  |
| 15  | 1031547,814 | -429520,862 | 2539,692 | LAMI   |
| 16  | 1031547,393 | -429522,227 | 2540,761 | PN     |
| 17  | 1031546,669 | -429523,765 | 2541,584 | PN     |
| 18  | 1031545,979 | -429525,057 | 2542,132 | PN     |
| 19  | 1031544,876 | -429526,670 | 2542,470 | PN     |

Ilustración 18 Conversión y cálculo de coordenadas Geográficas a planas cartesianas del Punto 3 transecto 1, elaboración propia.

Una vez procesada la información que se obtuvo de la estación total, se alimentó el software AUTOCAD-CIVIL 3D, el cual nos permitió realizar el perfil del transecto analizado.



*Ilustración 19 Perfil punto 3 transecto 1 con AUTOCAD-CIVIL3D, elaboración propia.*

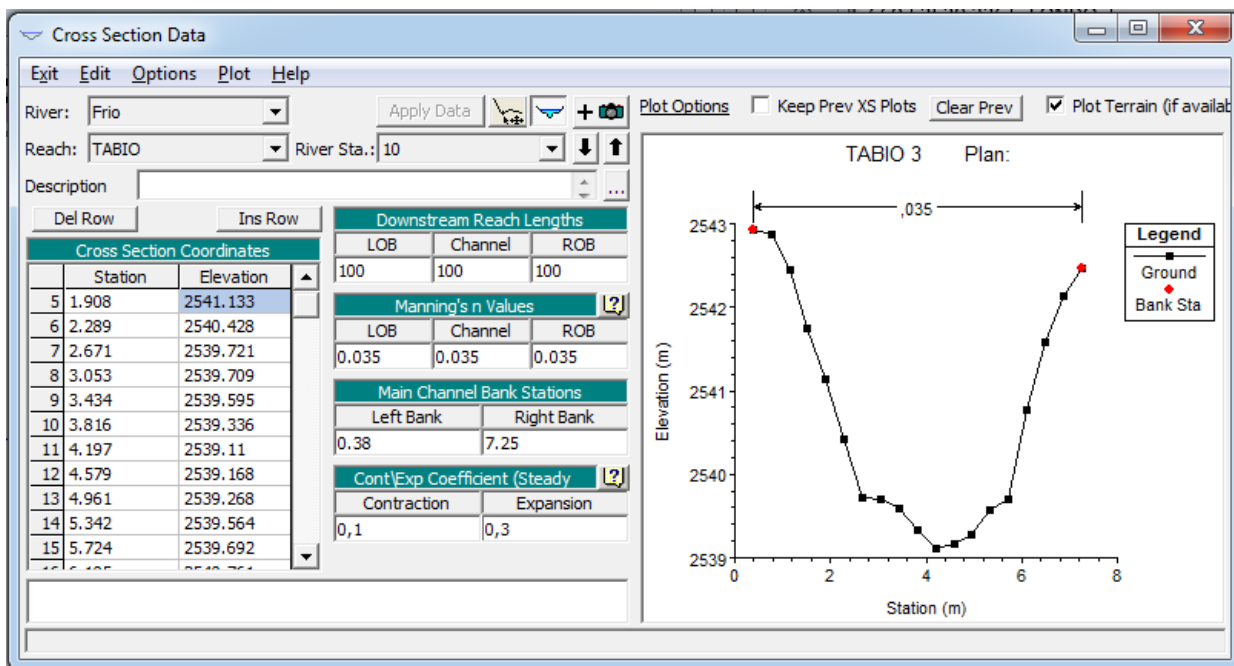


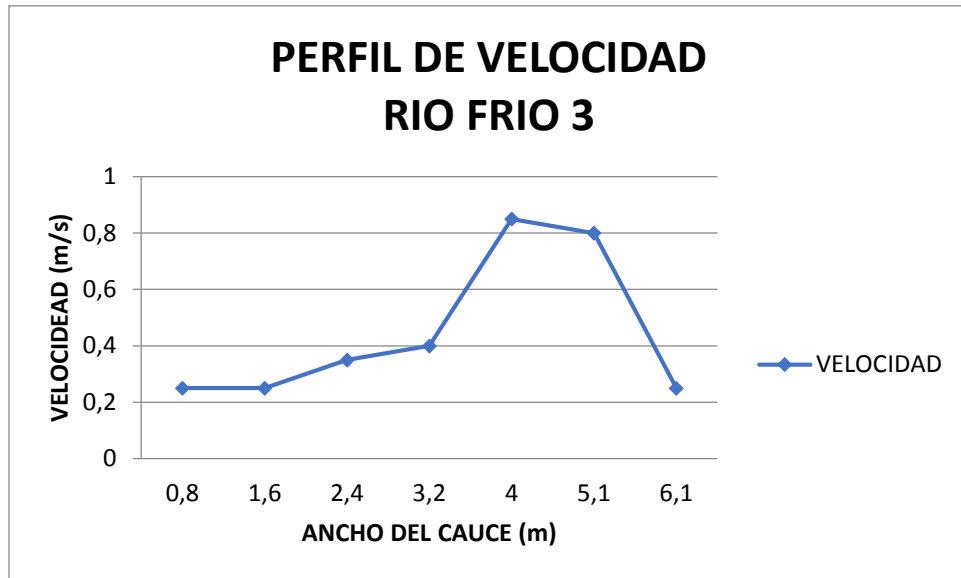
Ilustración 20 Modelamiento sección transversal 3 Chía, elaboración propia.

En este punto se realizó la toma de velocidades a una profundidad aproximada del 60% con respecto a la profundidad del tramo. Las muestras se realizaron con ayuda de un correntómetro, el cual arrojaba los datos en m/s, por lo que no fue necesario realizar ningún tipo de conversión.

| TRAMO 3 ANCHO= 7,25 m |                 |                      |                 |
|-----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Ancho(m)              | Profundidad (m) | Profundidad toma (m) | Velocidad (m/s) |
| 0,8                   | 0,9             | 1,50                 | 0,25            |
| 1,6                   | 0,15            | 0,25                 | 0,25            |
| 2,4                   | 0,36            | 0,60                 | 0,35            |
| 3,2                   | 0,37            | 0,62                 | 0,4             |
| 4                     | 0,19            | 0,32                 | 0,85            |
| 5,1                   | 0,26            | 0,43                 | 0,8             |
| 6,1                   | 0,27            | 0,45                 | 0,25            |

Ilustración 21 Toma de velocidades con correntómetro, elaboración propia.

Una vez procesada la información, se realiza la gráfica del perfil de velocidad propio de este transecto analizado.



*Ilustración 22 Grafica perfil de velocidades transecto 3, elaboración propia.*



*Imagen 4 Topo batimetría transecto 3, elaboración propia.*



*Imagen 5 transecto 3, elaboración propia.*

Una vez obtenida la información de precipitación, gradientes de velocidad en los transectos y datos de topo batimetrías realizadas en la salida de campo, se procede a recolectar información de la relación precipitación-escorrentía propia de los 3 transectos estudiados.

El número de curva de escorrentía es un modelo determinístico conceptual propuesto por el Soil Conservation Service, que busca estimar la precipitación neta producto de precipitaciones de altos valores de intensidad, a partir de características del suelo como la cobertura vegetal, su uso y tratamiento.

La clasificación de los suelos se realiza a través de las siguientes tablas, en donde el rango esta entre 0-100, siendo 0 el suelo más permeable, tomando como ejemplo una sub base cuyo tamaño mínimo efectivo fuese una grava no pasante del tamiz No. 4 utilizado como material drenante-aportante y 100 el suelo menos permeable, tomando como ejemplo una calle pavimentada en óptimas condiciones.

| Grupo | Descripción                                                                                                                    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A     | Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.                                                   |
| B     | Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.                                                               |
| C     | Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con alto contenidos de arcilla. |
| D     | Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.              |

*Tabla 7 Numero de curva CN, fuente Soil Conservation Service.*

| Descripción del uso de la tierra                                   |                                                           | Grupo hidrológico del suelo |    |    |    |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|----|----|----|
|                                                                    |                                                           | A                           | B  | C  | D  |
| Tierra Cultivada                                                   | Sin tratamientos de conservación                          | 72                          | 81 | 88 | 91 |
|                                                                    | Con tratamientos de conservación                          | 62                          | 71 | 78 | 81 |
| Pastizales                                                         | Condiciones pobres                                        | 68                          | 79 | 86 | 89 |
|                                                                    | Condiciones óptimas                                       | 39                          | 61 | 74 | 80 |
| Vegas de ríos                                                      | Condiciones óptimas                                       | 30                          | 58 | 71 | 78 |
| Bosques                                                            | Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas             | 45                          | 66 | 77 | 83 |
|                                                                    | Cubierta buena                                            | 25                          | 55 | 70 | 77 |
| Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc. | Óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más    | 39                          | 61 | 74 | 80 |
|                                                                    | Condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75% | 49                          | 69 | 79 | 84 |
| Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)                   |                                                           | 89                          | 92 | 94 | 95 |
| Distritos industriales (72% impermeables)                          |                                                           | 81                          | 88 | 91 | 93 |
| Residencial                                                        | Tamaño de 1/8 acre o menos y 65% impermeable              | 77                          | 85 | 90 | 92 |
|                                                                    | Tamaño de 1/4 acre y 38% impermeable                      | 61                          | 75 | 83 | 87 |
|                                                                    | Tamaño de 1/3 acre y 30% impermeable                      | 57                          | 72 | 81 | 86 |
|                                                                    | Tamaño 1/2 acre y 25% impermeable                         | 54                          | 70 | 80 | 85 |
|                                                                    | Tamaño 1 acre y 20% impermeable                           | 51                          | 68 | 79 | 84 |
| Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.                   |                                                           | 98                          | 98 | 98 | 98 |
| Calles y carreteras                                                | Pavimentados con cunetas y alcantarillados                | 98                          | 98 | 98 | 98 |
|                                                                    | Grava                                                     | 76                          | 85 | 89 | 91 |
|                                                                    | Tierra                                                    | 72                          | 82 | 87 | 89 |

Tabla 8 Numero de curva CN, fuente Soil Conservatio Service.

Tomando como criterio base el modelo anteriormente expuesto para clasificar los suelos existentes en cada uno de los tramos seleccionados para el estudio de sus condiciones hidráulicas, procedemos a realizar la recolección de información de tipo de suelo con sus características a través del libro cuya autoría corresponde al IGAC **“ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA TOMO 4”**.

## CLASIFICACIÓN DE SUELO

### A. Parte alta de la subcuenca.

**CN: 68**

#### PERFIL No. AC-18

|                                                                |  |                          |                                         |
|----------------------------------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------------|
| Fecha: 27-05-99                                                |  |                          |                                         |
| Taxonomía: Aeric Endoaquepts                                   |  |                          |                                         |
| Símbolo: RLQa                                                  |  |                          |                                         |
| Localización Geográfica:                                       |  | Departamento: C/marca.   | Municipio: Zipaquirá                    |
| Sitio: Vía Nemocón – Cogua, Vereda La Granja, finca Ukhaidhir. |  |                          |                                         |
| Altitud: 2510 m.                                               |  |                          |                                         |
| Coordenadas Geográficas:                                       |  | Latitud 5°02'32'         | Longitud 73°57'51'                      |
| Fotografía aérea: 191                                          |  | Vuelo: C-2523            | Faja: 15.      Plancha: 209             |
| Paisaje: Planicie                                              |  | Tipo de relieve: Terraza |                                         |
| Relieve: Ligeramente plano                                     |  |                          | Pendiente: 2%                           |
| Material Parental: Depósito clástico hidrogénico               |  |                          |                                         |
| Clima ambiental: Frío y húmedo.                                |  |                          |                                         |
| Precipitación promedia anual: 1100 mm                          |  |                          |                                         |
| Temperatura promedia anual: 16°C.                              |  |                          |                                         |
| Clima edáfico: Isomésico, ácuico                               |  |                          |                                         |
| Drenajes: Interno: lento,                                      |  | Externo: lento,          | Natural: imperfectamente drenado        |
| Profundidad efectiva: Moderadamente profunda                   |  |                          | Limitada por: Nivel freático fluctuante |
| Horizontes diagnósticos: Epipedón: ócrico; Endopedón: cámbico. |  |                          |                                         |
| Uso actual: Ganadería intensiva.                               |  |                          |                                         |
| Vegetación natural: Talada.                                    |  |                          |                                         |
| Descrito por: J. Arévalo, C. Castro y E. Ávila.                |  |                          |                                         |

## DESCRIPCIÓN

- **00-12 cm (Ap):** Color en húmedo pardo grisáceo oscuro (10YR4/2); 10% de moteados color pardo amarillento oscuro (10YR3/6), poco contrastados, pequeños; textura arcillo limosa; estructura en bloques subangulares, fina y media, moderada; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa, ligeramente plástica; muchos poros muy finos y finos; muchas raíces muy finas y frecuentes finas a medias, vivas; frecuente actividad de macro organismos (lombriz); reacción fuerte al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; límite gradual y plano.
- **12-32 cm (AB):** Color húmedo gris oscuro (2.5Y 4/1); 35% de moteados color rojo amarillento (5YR 4/6), contrastados, medianos; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, fina y media, moderada; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa, ligeramente plástica; frecuentes poros finos y pocos medianos; pocas



raíces medias y frecuentes muy finas y finas, vivas; poca actividad de macro organismos; reacción ligera al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; limite claro y plano; pH: 5.8.

- **32-47 cm (Bw):** Color en húmedo pardo amarillento (10YR5/6); 35% de moteados color pardo grisáceo (2.5Y 5/2), contrastados, medianos; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, media y gruesa, débil; consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa, plástica, frecuentes poros muy finos y finos; frecuentes raíces finas y medias, vivas; limite difuso e irregular; pH: 5.0.
- **47-120 cm (C):** Color en húmedo pardo grisáceo (2.5Y5/2); 25% de moteados color pardo amarillento (10YR5/6), contrastados, medianos; textura arcillosa; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo firme, en mojado pegajosa, plástica; pocos pros muy finos y finos; pocas raíces muy finas y finas; pH: 5.3. (IGAC, 2000).

B. Parte media de la subcuenca.

CN: 62

#### PERFIL No. CU - 123

|                                                                            |               |                        |                                       |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------|---------------------------------------|
| Fecha: 29 – 10 - 80                                                        |               |                        |                                       |
| Taxonomía: Thaptic Hapludands                                              |               |                        |                                       |
| Símbolo: MLCd                                                              |               |                        |                                       |
| Localización Geográfica:                                                   |               | Departamento: C/marca; | Municipio: Tabio                      |
| Sitio: 2100 m al noroeste de Tabio                                         |               |                        |                                       |
| Altitud: 3000 m                                                            |               |                        |                                       |
| Coordenadas Geográficas:                                                   |               | Latitud 4°58'12'       | Longitud 74°08'01'                    |
| Fotografía aérea: 121                                                      | Vuelo: C-2520 | Faja: 12               | Plancha: 208                          |
| Paisaje: Montaña                                                           |               | Tipo de relieve: Loma  |                                       |
| Relieve: Moderadamente quebrado                                            |               |                        | Pendiente: 12%                        |
| Material Parental: Ceniza volcánica depositada sobre roca clástica arenosa |               |                        |                                       |
| Clima ambiental: Frio y húmedo                                             |               |                        |                                       |
| Precipitación promedio anual: 1.000-2.000 mm                               |               |                        |                                       |
| Temperatura promedio anual: 12 °C.                                         |               |                        |                                       |
| Clima edáfico: Isomésico, údico                                            |               |                        |                                       |
| Drenajes:                                                                  |               | Interno: medio,        | Externo: medio, Natural: bien drenado |
| Profundidad efectiva: Muy profunda                                         |               |                        |                                       |
| Horizontes diagnósticos: Epipedón: ócrico                                  |               |                        |                                       |
| Uso actual: Cultivos de papa                                               |               |                        |                                       |
| Limitantes del uso: Bajas temperaturas, fuertes vientos                    |               |                        |                                       |
| Vegetación natural: Chite, cargarocío, valeriana.                          |               |                        |                                       |
| Descrito por: L. Burgos.                                                   |               |                        |                                       |



## DESCRIPCIÓN

- **00-17 cm (Ap):** Color en húmedo (7.5YR 2/0); textura franca; estructura en bloques subangulares, fina, débil; consistencia en húmedo muy friable, en mojado no pegajosa, no plástica; abundantes raíces; abundante actividad de macro organismos; reacción violenta al NaF; limite abrupto, plano; pH: 4.4.
- **17-35 cm (C):** Color en húmedo amarillo pardusco (10YR6/8); textura no dispersa; sin estructura (grano suelto); consistencia en húmedo friable; reacción fuerte al NaF; limite abrupto, plano; pH: 5.5.
- **35-110 cm (Ab):** Color en húmedo negro (7.5YR2/0); textura arenosa franca; estructura en bloques subangulares mediana a gruesa, moderada; consistencia en húmedo muy friable, en mojado ligeramente pegajosa, ligeramente plástica; abundantes poros finos; reacción fuerte al NaF; limite difuso; pH: 4.8.
- **110-130 cm (2C):** Color húmedo gris muy oscuro (10YR3/1), con manchas negras (7.5YR2/0); textura arenosa franca; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa, plástica; abundantes pros finos; reacción fuerte al NaF; pH: 4.9. (IGAC, 2000).

CN: 39

**PERFIL No. AC-7**

|                                                                                                              |                                      |                        |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Fecha: 24-05-99                                                                                              |                                      |                        |                        |
| Taxonomía: Thaptic Hapludands.                                                                               |                                      |                        |                        |
| Símbolo: RLOa                                                                                                |                                      |                        |                        |
| Localización Geográfica:                                                                                     |                                      | Departamento: C/marca. | Municipio: Subachoque. |
| Sitio: Vía Subachoque – Tabio, aproximadamente a 300 m del río Subachoque, finca Girasoles, vereda Galdames. |                                      |                        |                        |
| Altitud: 2680 m                                                                                              |                                      |                        |                        |
| Coordenadas Geográficas:                                                                                     |                                      | Latitud 4°55'55"       | Longitud 74°09'53"     |
| Fotografía aérea: 120                                                                                        | Vuelo: C-2520                        | Faja: 12.              | Plancha: 227           |
| Paisaje: Planicie                                                                                            | Tipo de relieve: Plano de inundación |                        |                        |
| Relieve: Ligeramente plano                                                                                   |                                      | Pendiente: 2%.         |                        |
| Material Parental: Depósito de ceniza volcánica sobre arcilla lacustre.                                      |                                      |                        |                        |
| Clima ambiental: Frio y húmedo-transicional a seco                                                           |                                      |                        |                        |
| Precipitación promedia anual: 500-1500mm                                                                     |                                      |                        |                        |
| Temperatura promedia anual:14°C                                                                              |                                      |                        |                        |
| Clima edáfico: Isomésico, údico.                                                                             |                                      |                        |                        |
| Drenajes: Interno: medio,                                                                                    |                                      | Externo: lento,        | Natural: bien drenado. |
| Profundidad efectiva: Profunda                                                                               |                                      |                        |                        |
| Horizontes diagnósticos: Epipedón: úmbrico; Endopedón: cámbico.                                              |                                      |                        |                        |
| Uso actual: Pecuario (pasto kikuyo).                                                                         |                                      |                        |                        |
| Vegetación natural: Talada                                                                                   |                                      |                        |                        |
| Descrito por: E. Ávila.                                                                                      |                                      |                        |                        |

**DESCRIPCIÓN**

- **00-25 cm (Ap):** Color en húmedo negro (7.5 YR 2.5/1): textura arcillo limosa; estructura en bloques subangulares fina y media, moderada; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa, no plástica; frecuentes poros muy finos y finos y pocos medianos; muchas raíces muy finas y finas y frecuentes medias, vivas; mucha actividad de macro organismos (lombriz); reacción fuerte al NaF y ligera al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; limite gradual y plano; pH; 5.3.
- **25-75 cm (A2):** Color en húmedo negro (10YR 2/1); textura arcillo limosa; estructura en bloques subangulares media, moderada; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa, no plástica; frecuentes poros muy finos a finos; muchas raíces finas a medias, frecuentes muy finas, vivas; mucha actividad de macro organismos; reacción fuerte al NaF; limite claro y plano; pH: 4.8.

- **75-130 cm (Bw):** Color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 5/8) medianos, claros; textura arcillo limosa; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo firme, en mojado no pegajosa, no plástica; frecuentes poros muy finos y finos; frecuentes raíces finas y medias, pocas gruesas, vivas; frecuente actividad de macro organismos; reacción fuerte al NaF, limite abrupto y plano; pH: 5.5.
- **130-170 cm (C):** Color en húmedo gris (10 YR 6/1), 30% de moteados pardo fuerte (7.5 YR 5/8) medianos, claros; textura arcillo limosa; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo muy firme, en mojado muy pegajosa, muy plástica; pocos poros muy finos; reacción ligera al NaF; pH: 5.4. (IGAC, 2000).

#### C. Parte baja de la subcuenca.

CN: 62

|                                                                                                     |  |                          |                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------|-------------------------------------|
| Fecha: 08-08-78                                                                                     |  |                          |                                     |
| Taxonomía: Andic Dystrudepts                                                                        |  |                          |                                     |
| Símbolo: RLQa                                                                                       |  |                          |                                     |
| Localización Geográfica:                                                                            |  | Departamento: C/marca.   | Municipio: Cota                     |
| Sitio: Vereda El Noviciado, hacienda Obatá, 2 km adelante de Cota, carretera a Chía, margen derecha |  |                          |                                     |
| Altitud: 2600 m                                                                                     |  |                          |                                     |
| Coordenadas Geográficas:                                                                            |  | Latitud 4°50'36'         | Longitud 74°05'03'                  |
| Fotografía aérea: 049                                                                               |  | Vuelo: C-2520            | Faja: 14      Plancha: 227          |
| Paisaje: Planicie                                                                                   |  | Tipo de relieve: Terraza |                                     |
| Relieve: Ligeramente plano                                                                          |  |                          | Pendiente: 2%                       |
| Material Parental: Depósito clástico hidrogénico contaminado con ceniza volcánica                   |  |                          |                                     |
| Clima ambiental: Frío y húmedo-transicional a seco                                                  |  |                          |                                     |
| Precipitación promedia anual: 1000 mm                                                               |  |                          |                                     |
| Temperatura promedia anual:16°C.                                                                    |  |                          |                                     |
| Clima edáfico: Isomésico, údico.                                                                    |  |                          |                                     |
| Drenajes: Interno: medio,                                                                           |  | Externo: lento,          | Natural: moderadamente bien drenado |
| Profundidad efectiva: Profunda                                                                      |  |                          |                                     |
| Horizontes diagnósticos: Epipedón: úmbrico; Endopedón: cámbico                                      |  |                          |                                     |
| Uso actual: Cultivos de arveja                                                                      |  |                          |                                     |
| Vegetación natural: Talada                                                                          |  |                          |                                     |
| Descrito por: Comisión de suelos                                                                    |  |                          |                                     |

#### DESCRIPCIÓN

- **0-15 cm (Ap):** Color gris muy oscuro (10YR3/1); textura franca; estructura en bloques subangulares fina y median, débil; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa, no plástica; pocos

*poros finos, tubulares, discontinuos; escasos macro organismos; abundantes raicillas; fuerte reacción al NaF; limite gradual y ondulado; pH: 5.5.*

- **15-47 cm (A2):** *Color negro (10YR2/1) en húmedo; textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares, mediana, fuerte; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa, ligeramente plástica; frecuentes poros, finos; abundantes macro organismos y raicillas; fuerte reacción al NaF; limite abrupto, ondulado; pH: 5.3.*
- **47-90 cm (Bwl):** *Color pardo a pardo oscuro (10YR4/3) y pardo amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo; textura franco arenosa; estructura prismática mediana, moderada; consistencia en húmedo firme, en mojado pegajosa y plástica; abundantes poros finos y medios; presencia de crotovinas; abundantes macro organismos y raicillas; fuerte reacción al NaF; limite claro y ondulado; pH: 5.4.*
- **90-100 cm (2Ab):** *Color en húmedo variegado pardo (7.5YR5/2), gris (10YR5/1) y pardo amarillento claro (10YR6/4); textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares, fina, media y fuerte; consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y plástica; abundantes poros medios; ausencia de macro organismos; frecuentes raíces finas; ligera reacción al NaF; limite claro e irregular; pH:5.6.*
- **100-113 cm (2Cg1):** *Color en húmedo amarillo (10YR7/8) y gris claro (10YR7/1); textura arcillosa; sin estructura (masiva); consistencia extremadamente firme; frecuentes poros medios; limite abrupto; pH: 5.0.*
- **113-121 cm (2Cg2):** *Color amarillo pardusco (10YR6/8) y gris a gris claro (10YR6/1), este último se presenta recubriendo los poros radiculares; textura arcillosa; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo extremadamente firme, en mojado ligeramente pegajosa, ligeramente plástica; frecuentes poros medios; limite claro, plano: pH: 4.2.*

- **121-150 cm (2Cg3):** Color gris claro (10YR7/1); textura arcillosa; sin estructura (masiva); consistencia extremadamente firme, pegajosa, ligeramente plástica; frecuentes poros medios; pH; 4.2. (IGAC, 2000).

Los terrenos pertenecientes a la sub cuenca del río Frio se caracterizan por ser dedicados a una agricultura intensiva en clima seco y frío. Localizada en el altiplano cundinamarqués, la zona maneja temperaturas entre 12°C y 18°C con altitudes que oscilan entre los 2400 m.s.n.m. y 3500 m.s.n.m.

Los terrenos ubicados al noroccidente y norte de Bogotá D.C., en la rivera del río Bogotá, tienen altas probabilidades de inundación, resaltando afluentes como el Teusacá, Tunjuelito, Frio, Juan amarillo, Balsillas y Tibitó.

La sub cuenca se caracteriza por presentar topográficamente relieves montañosos en un porcentaje superior al de 60% del área total, con un claro predominio de relieves ondulados fuertemente ondulados a fuertemente quebrados y escarpados en gran parte de su entorno.

Se presentan dos zonas de relieve plano a ligeramente inclinado; la primera localizada en la parte norte de la sub cuenca aledaña al e del río frío y la segunda ubicada en la parte sur de la sub cuenca hacia la confluencia con el río Bogotá. Sobre esta última zona se ubica la zona urbana de la cabecera municipal de Chía.

Las zonas de relieve ondulado e inclinado constituyen el 13.1% de área y se localizan predominantemente en la parte central de la sub cuenca sobre el piedemonte en dirección nor-oriental, paralela a la dirección de drenaje del río Frio.

#### 7.1.2 Información Hidro Meteorológica

Se consultó la página de la CORPORACIÓN AUTÓNOMA DE CUNDINAMARCA, obteniendo información de precipitaciones mensuales, niveles máximos mensuales, precipitaciones máximas en 24 horas y caudales máximos mensuales de las estaciones pertenecientes a esta entidad. **(Las tablas de datos son aportadas como anexo).**

Así mismo, se consultaron las estaciones pertenecientes al IDEAM y se corrobora con el mapa de ubicación geográfica que facilita el IDEAM por su página oficial, a que corriente pertenece cada estación, concluyendo que la estación perteneciente al IDEAM y por la cual se procede a solicitar la información recolectada es “PANTANO REDONDO”.

La información fue solicitada vía correo electrónico al IDEAM, siendo suministrada aproximadamente 1 mes después de ser solicitada. **(Las tablas de datos son aportadas como anexo).**

### 7.1.3 Delimitación de la cuenca hidrográfica

Para realizar la delimitación de la hoya hidrográfica que corresponde al Rio Frio, se empleó el software Arc-GIS. El proceso de alimentación y modelación en el programa fue el siguiente.

#### 1. Dem 30 metros

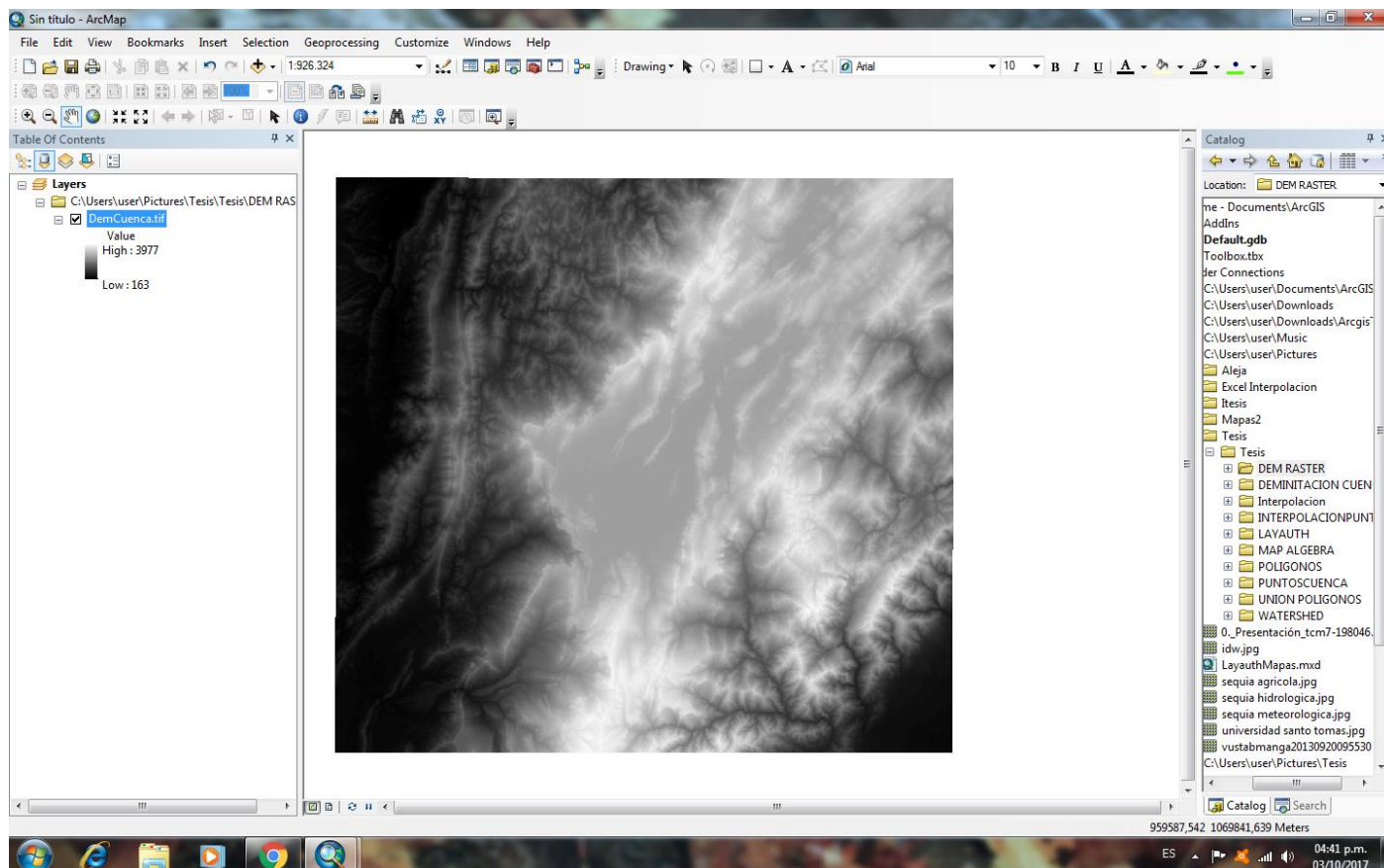


Imagen 6 Captura paso 1 Arc-GIS, elaboración propia.

#### 2. Fill Cuenca



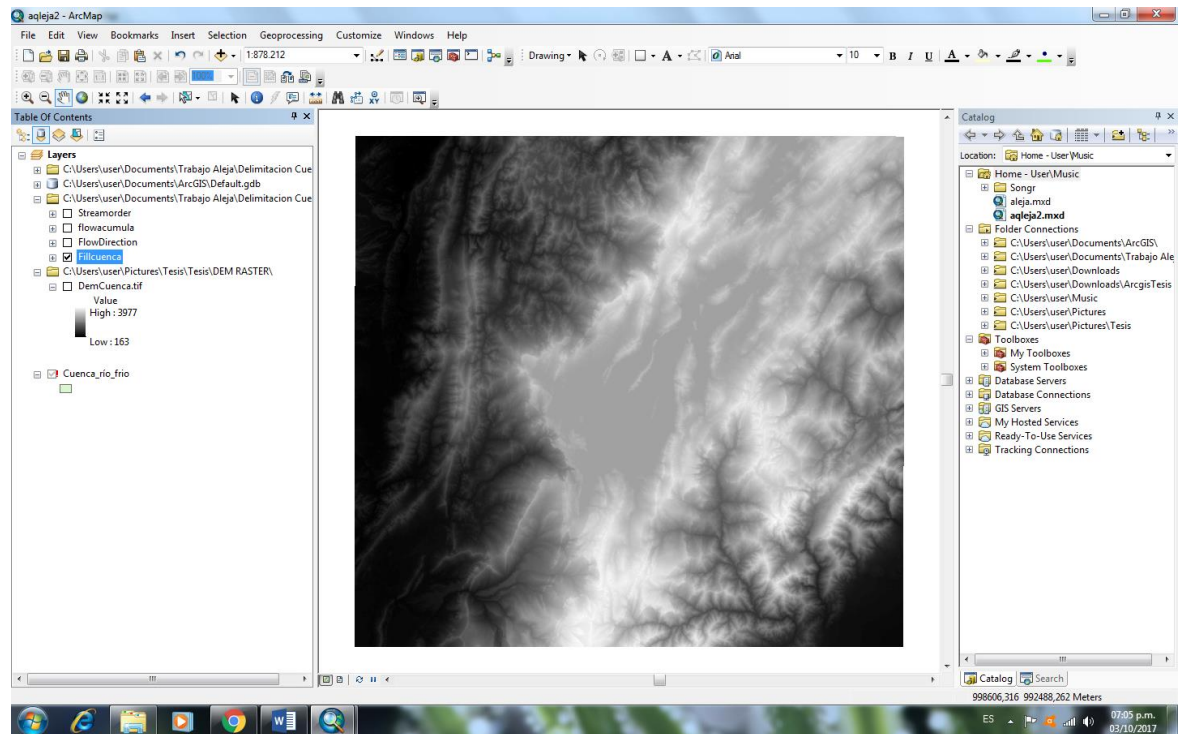


Imagen 7 Captura paso 2 Arc-GIS, elaboración propia.

### 3-Flow Direction

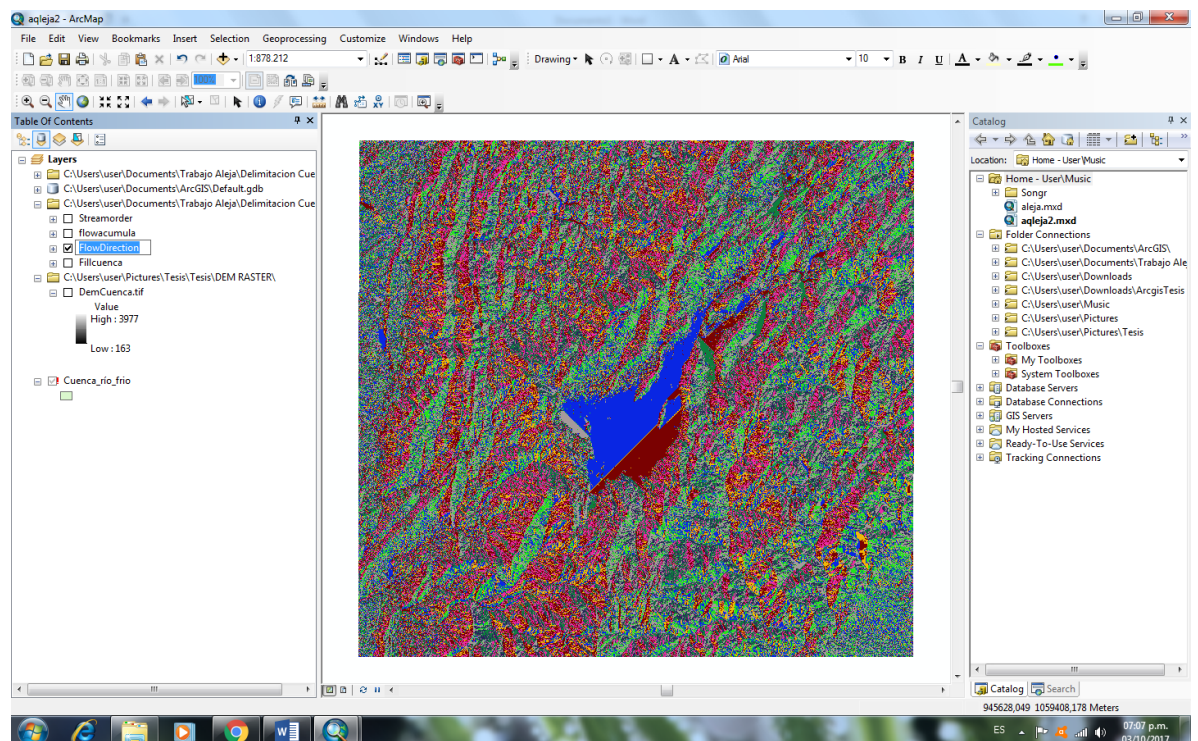


Imagen 8 Captura paso 3 Arc-GIS, elaboración propia.



#### 4. Flow accumulation

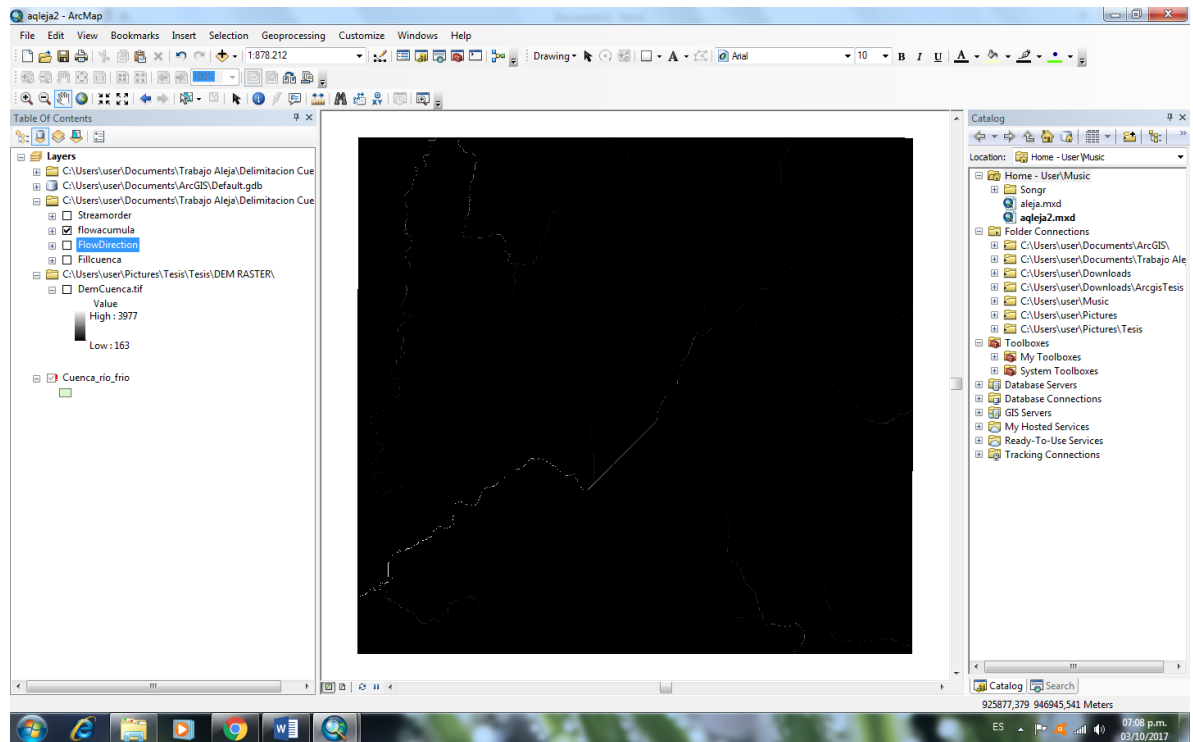


Imagen 9 Captura paso 4 Arc-GIS, elaboración propia.

#### 5. Raster calculator

Con el fin de crear una red de drenajes, tendrá que especificar un umbral para la cantidad de píxeles adyacentes que constituyen una corriente. Aquí vamos a especificar un valor límite de 100 píxeles de acumulación (si hay más de 100 píxeles que desembocan en él se parte de la red de corriente).

En la calculadora raster escribimos la expresión siguiente:

```
stream_Red = con([FlowAcc_flow1] > 100, 1)
```

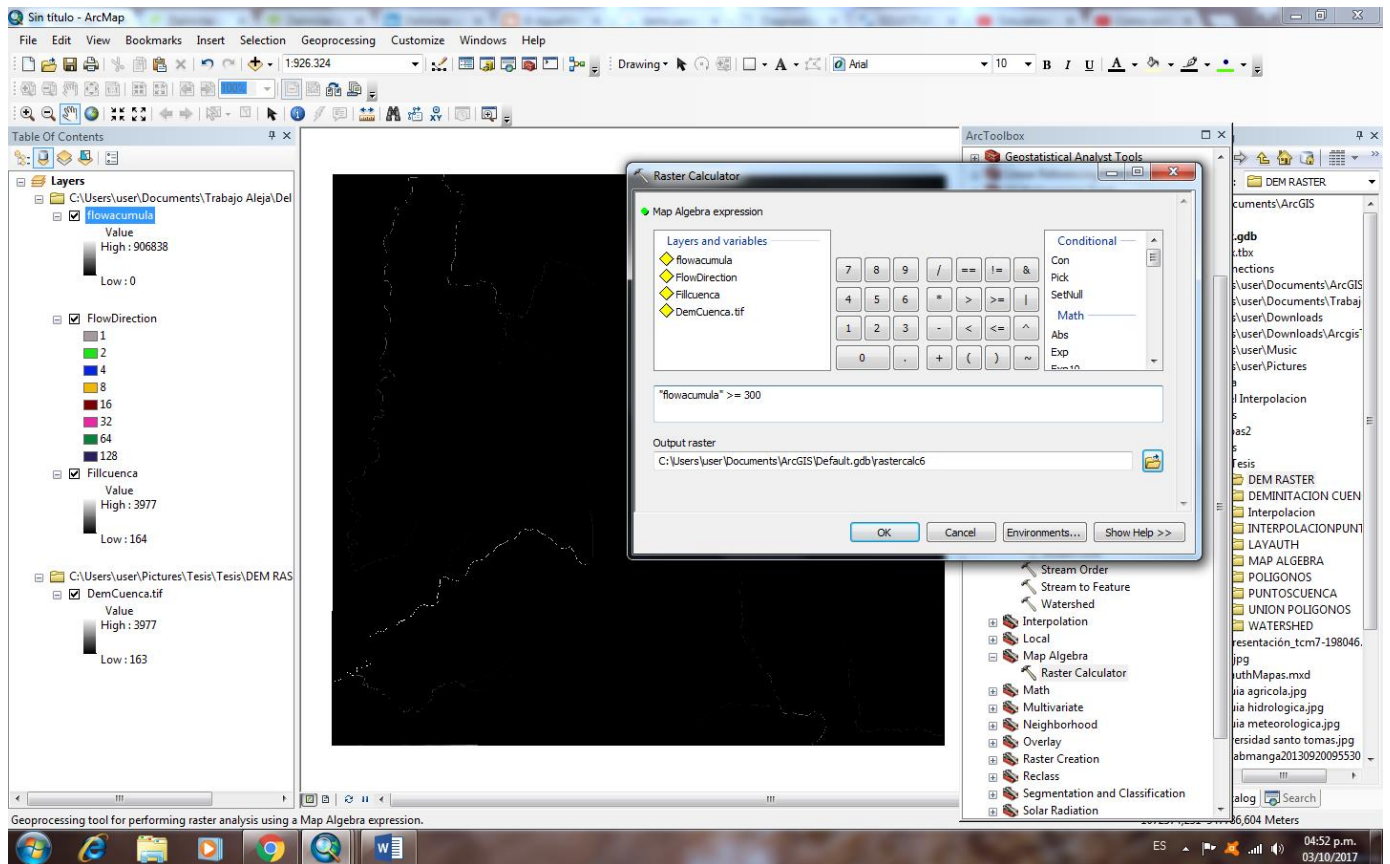


Imagen 10 Captura paso 5 Arc-GIS, elaboración propia.

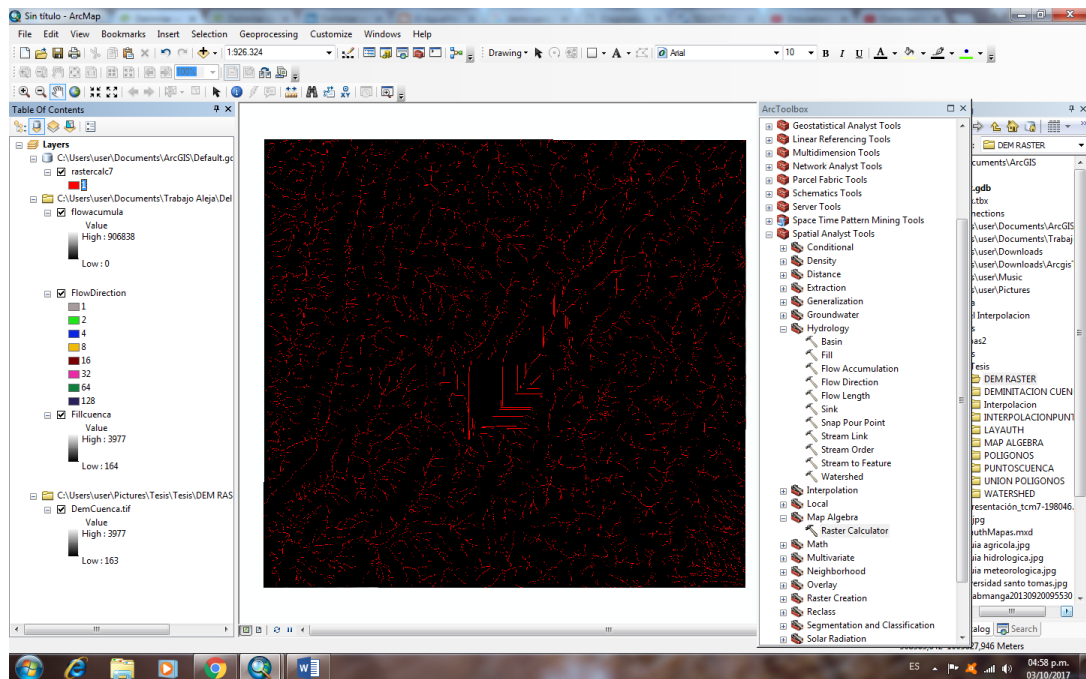
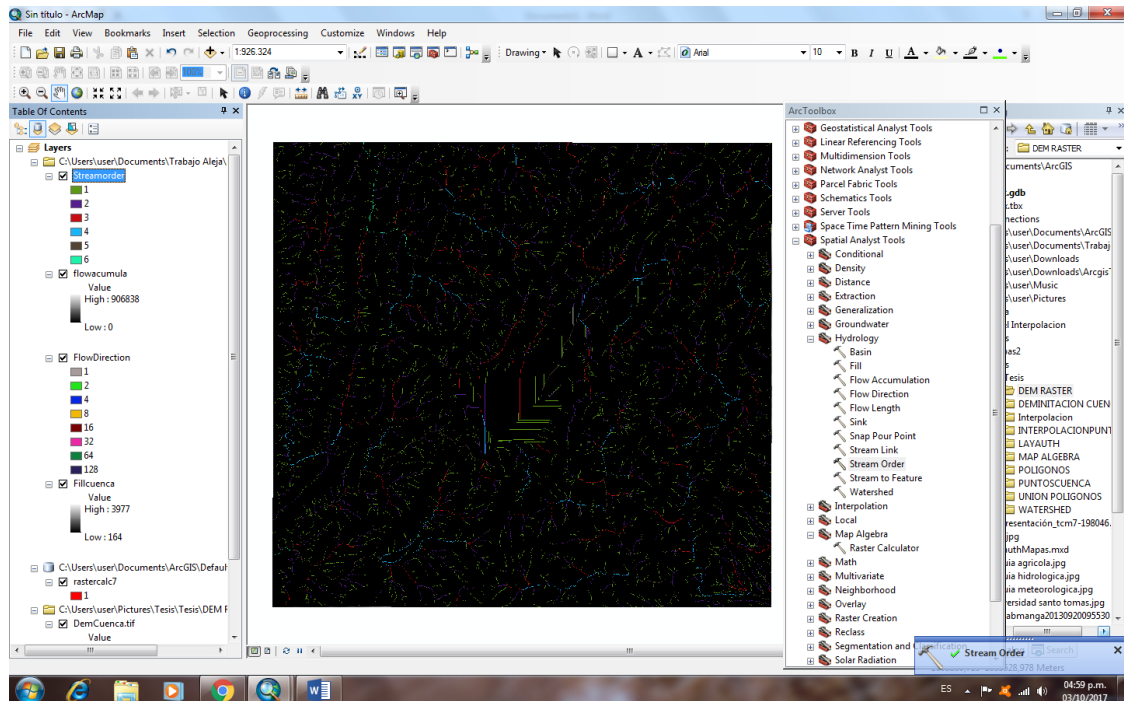


Imagen 11 Captura producto final paso 5 Arc-GIS, elaboración propia.

El orden de la corriente se incrementa cuando se cruzando dos drenajes del mismo orden.



Pág.50

7. El siguiente paso consiste en determinar el punto de desfogue o drenaje de la microcuenca, esto se puede hacer creando un shapefile tipo punto, luego interpolarlo con un modelo de elevación digital (DEM) para obtener sus coordenadas en tres dimensiones.

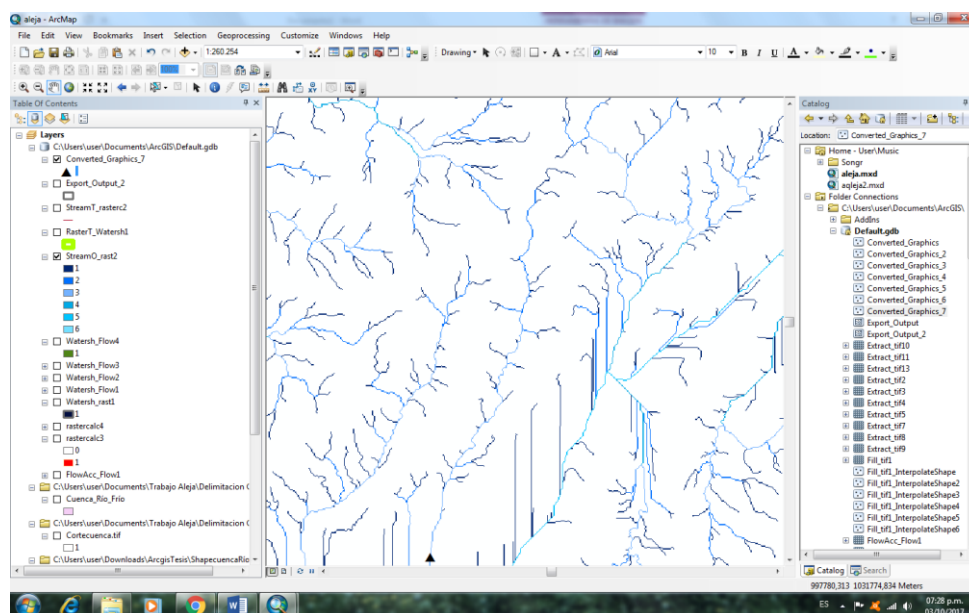


Imagen 13 Captura paso 7, elaboración propia.

8. Para culminar con la herramienta **Watershed**, usar el ráster creado con Flow Direction y el punto de desfogue interpolado.

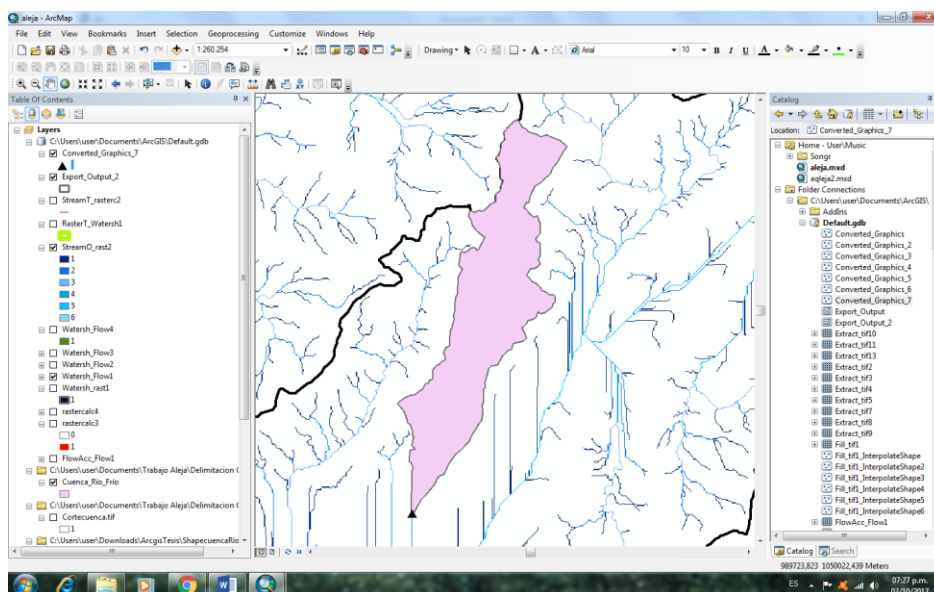


Imagen 14 Captura paso 8 Arc-GIS, elaboración propia.

9. Finalmente intersectamos el polígono con la red de drenaje Stream order.

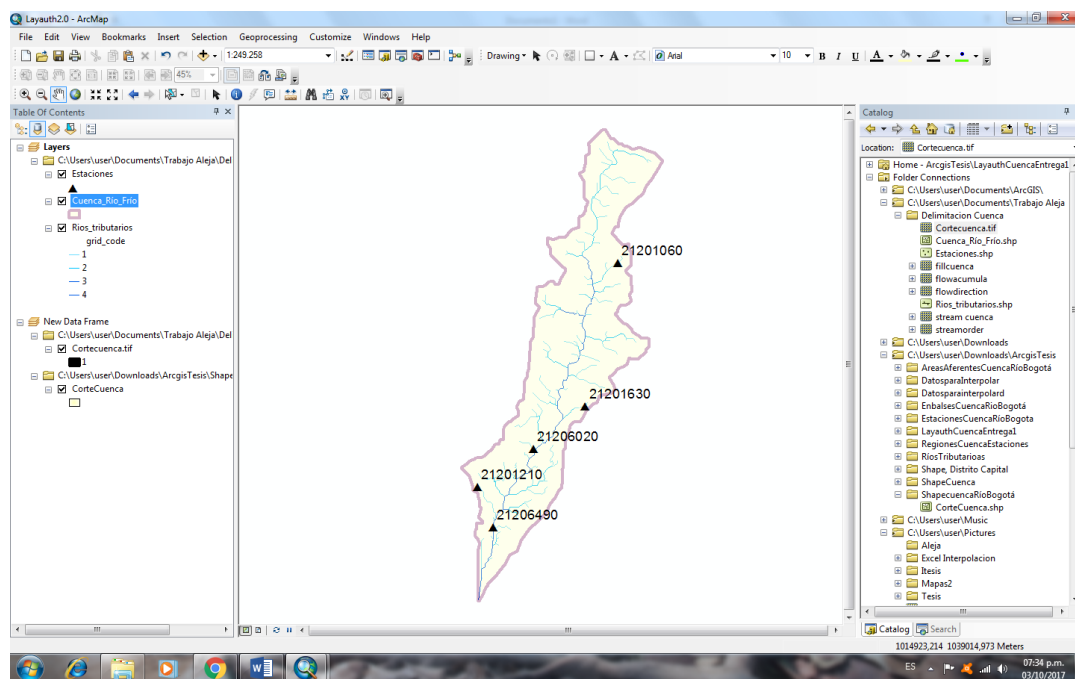


Imagen 15 Captura paso 9 producto final modelación en Arc-GIS, elaboración propia.

Adicional a esto, se corrobora que la delimitación haya sido efectuada correctamente con el estudio realizado por la CAR.

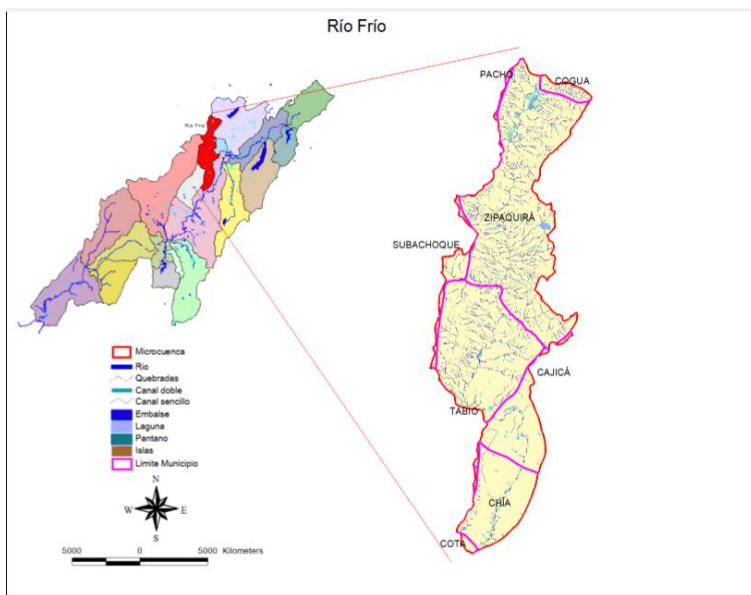


Ilustración 23 fuente: POMCAS, Río Frio, CAR.

#### 7.1.4.1 Jerarquización de la red fluvial

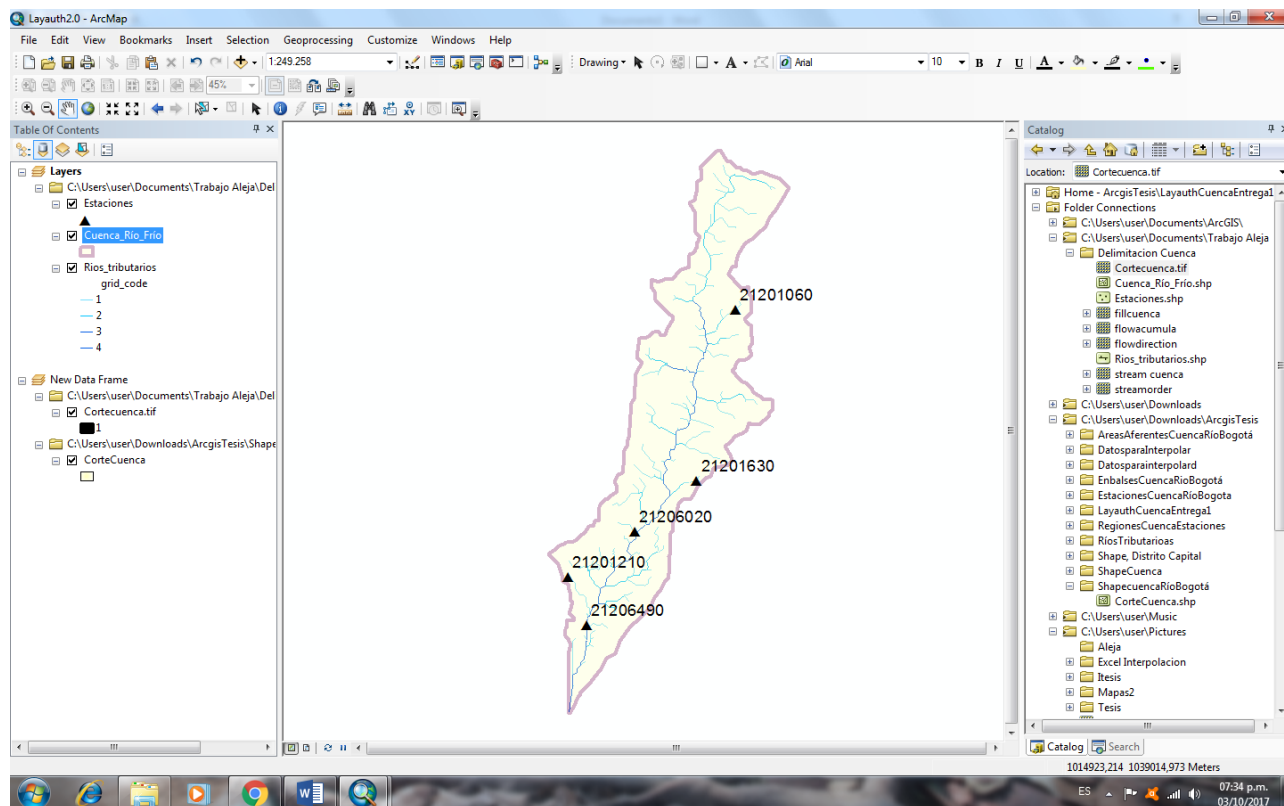


Ilustración 24: Delimitación de la cuenca y jerarquización fluvial con ArcGis, elaboración propia.



### 7.1.4 Delimitación y jerarquización de cauces de la Sub cuenca del rio Frio.

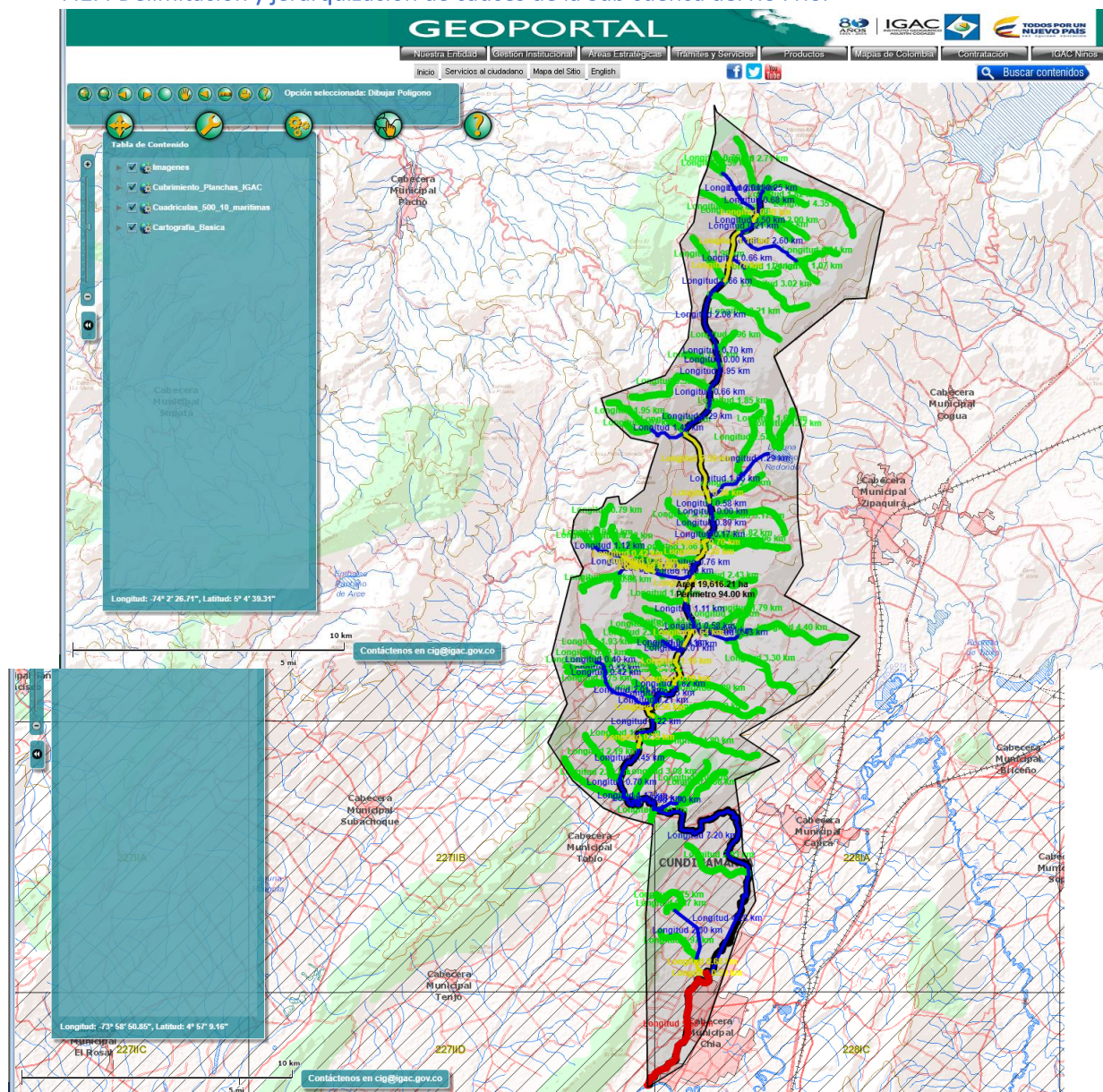


Imagen 16 Delimitación Sub cuenca rio Frio por medio del Geo portal IGAC, elaboración propia.

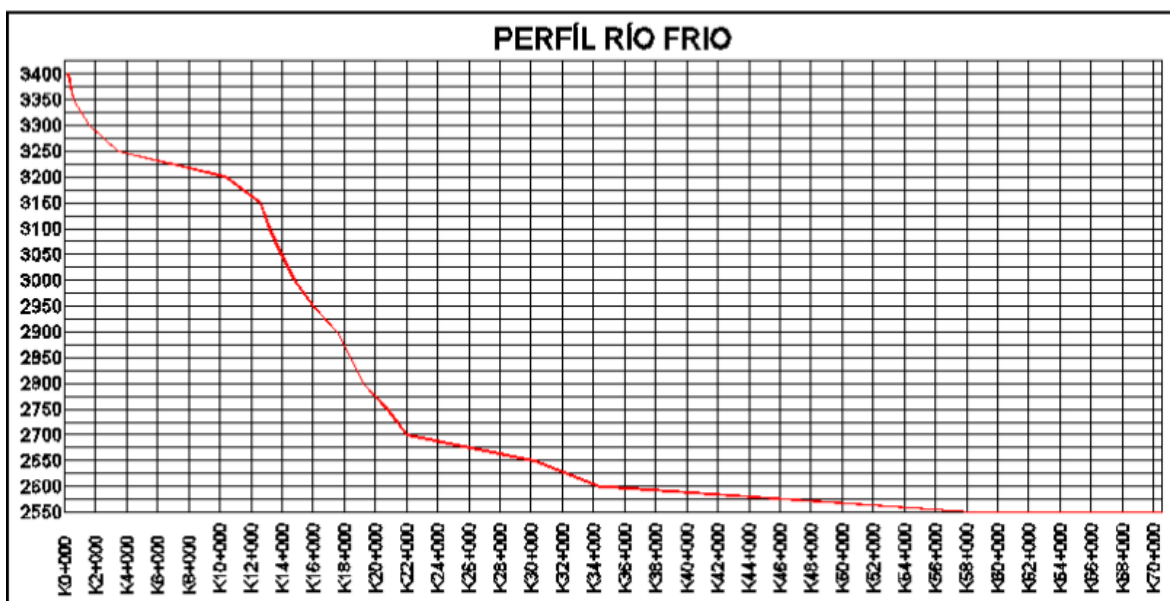
Del ejercicio anteriormente realizado podemos darle clasificación cuantitativa a los cauces propios de la sub cuenca del rio Frio, utilizando el método de Horton.

| CLASIFICACIÓN SEGÚN HORTON |               |                |
|----------------------------|---------------|----------------|
| Color                      | Clasificación | Longitud (mts) |
| Verde                      | 1             | 131830         |
| Azul                       | 2             | 51830          |
| Amarillo                   | 3             | 11880          |
| Rojo                       | 4             | 5580           |

*Tabla 9 Clasificación de Horton, elaboración propia.*

#### 7.1.4 Morfometria

Tomando información recopilada en el POMCAS de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, podemos conocer la relación entre pendiente y longitud de la sub cuenca del rio Frio.



*Ilustración 25, fuente POMCAS rio Frio, CAR.*



Gracias a la recopilación y determinación de datos tales como; Delimitación, características geomorfológicas de la sub cuenca, jerarquización de cauces, podemos darle las siguientes características cuantitativas a la sub cuenca del rio Frio.

| MORFOMETRIA CUENCA DEL RIO FRIO |               |           |                |
|---------------------------------|---------------|-----------|----------------|
| TIPO                            | LONGITUD (KM) | ÁREA (Ha) | PERÍMETRO (KM) |
| CAUCE PRINCIPAL                 | 47,12         | 19616,21  | 94             |
| CAUCES 1ER ORDEN                | 131,83        |           |                |
| CAUCES 2DO ORDEN                | 51,83         |           |                |
| CAUCES 3ER ORDEN                | 11,88         |           |                |
| CAUCES 4to ORDEN                | 5,58          |           |                |

Tabla 10 Jerarquización de cauces Sub cuenca del rio Frio, elaboración propia.

| ANCHO (KM) | FACTOR DE FORMA DE HORTON (Kf) | COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc) | DENSIDAD DE DRENAJES ( $Km/Km^2$ ) | COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 4,16       | 0,08834959                     | 1,893282221                    | 1,02527451                         | 0,341554255                   |

Tabla 11 Morfometria Sub cenca del rio Frio, elaboración propia.

| TEMEZ<br>TIEMPO DE<br>CONCENTRACIÓN<br>(Horas) | V.T. CHOW<br>TIEMPO DE<br>CONCENTRACIÓN<br>(Horas) | KIRPICH<br>TIEMPO DE<br>CONCENTRACIÓN<br>(Horas) | RELACIÓN DE<br>ELONGACIÓN<br>(Re) | COTA<br>MAXIMA<br>(msnm) | COTA<br>MINIMA<br>(msnm) | PENDIENTE<br>(%) |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| 4,96                                           | 4,02                                               | 5,88                                             | 0,99966394                        | 3450                     | 2550                     | 1,91             |

Con los datos relacionados anteriormente podemos concluir que:

1. Interpretando el factor de forma de HORTON ( $K_f$ ), calculado y almacenado en la tabla 9, se puede concluir que la sub cuenca no tiene tendencia a concentrar escurrimiento producto de lluvias intensas, evitando así, formar fácilmente grandes crecidas.
2. De acuerdo al coeficiente de COMPACIDAD ( $K_c$ ) propuesto por Gravelius, se puede interpretar que la forma de la cuenca es de oval oblonga a rectangular oblonga, lo que ratifica lo interpretado con el factor de forma de HORTON ( $K_f$ ), pues tiene menores posibilidades de presentar avenidas torrenciales dada sus características fisiográficas.
3. La red de drenaje de la sub cuenca se puede catalogar como eficiente, pues se encuentra por encima del rango de 0,5 Km de drenaje por cada  $Km^2$  que tiene la cuenca.
4. Gracias a su abundancia en drenajes de 1er orden, la sub cuenca del rio frio cuenta con un bajo nivel de torrencialidad.
5. En promedio, la gota más lejana al punto de drenaje de la sub cuenca del rio Frio, se demora aproximadamente 4,96 horas desde la parte más alta de la sub cuenca hasta la parte baja de la misma.

## 8. ALIMENTACIÓN DE LOS MODELOS

Una vez procesados los datos obtenidos en la etapa de recolección de información, se procede a alimentar cada uno de los modelos necesarios.

Comenzamos por la alimentación del software HEC-RAS, el cual nos arrojará las zonas de inundación de la cuenca.

### 8.1 Nuevo proyecto, HEC-RAS.

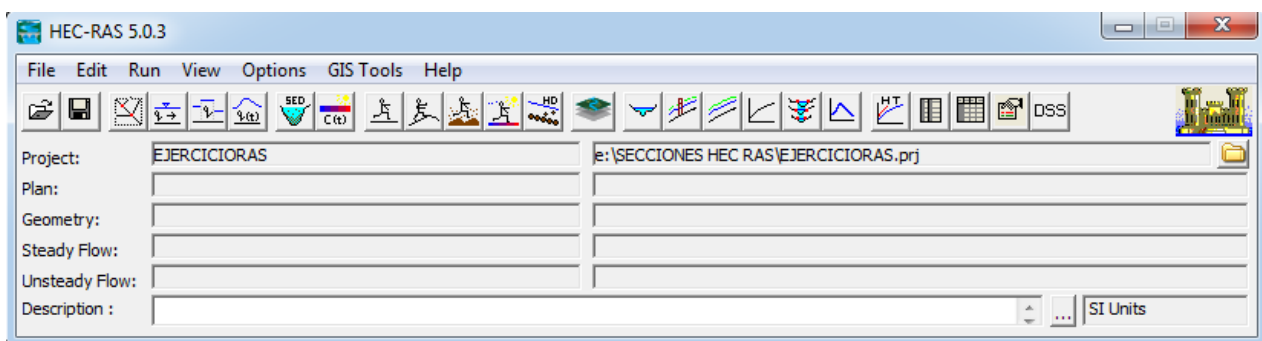


Ilustración 26 MODELAMIENTO HEC-RAS, elaboración propia.

#### 8.1.1 Tramo 1, área rural municipio de Zipaquirá parte alta de la sub cuenca.

El software pide realizar la creación del tramo sobre el cual se realizara el modelamiento de las zonas de inundación. Posteriormente, se alimenta el software con las características intrínsecas del tramo; Pendiente, secciones transversales, caudal (Periodos de retorno 20 años, 50 años y 100 años), número de curva.

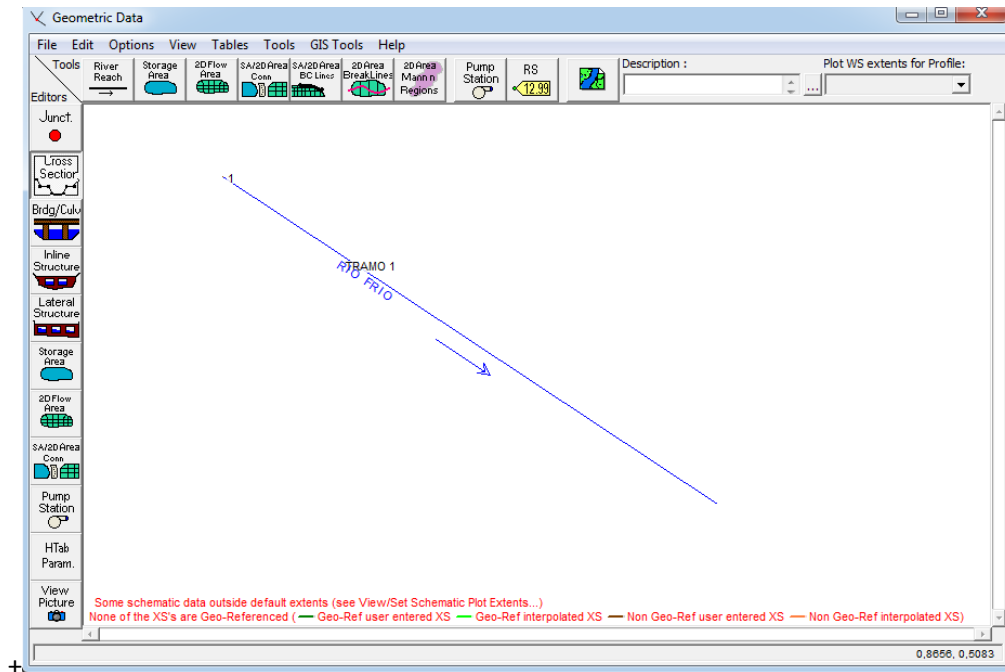


Ilustración 27 MODELAMIENTO HEC-RAS, elaboración propia.

### 8.1.2 Sección transversal.

Se requiere alimentar el software con los datos batimétricos adquiridos en la salida de campo, para la modelación del transecto seleccionado, asumiendo un tramo de 100 metros de longitud, en el que la primera sección transversal creada pertenece al transecto aguas debajo de este.

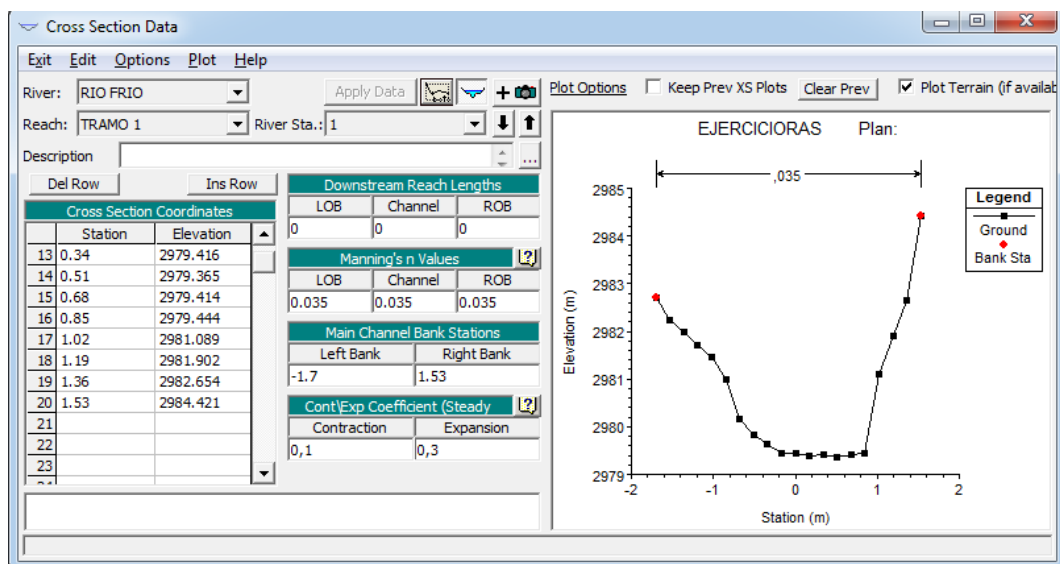


Ilustración 28 MODELAMIENTO HEC-RAS, elaboración propia.

Una vez elaborado el transecto aguas abajo del tramo, procedemos a crear un segundo transecto, para el cual se asumen las mismas características del transecto aguas abajo por la falta de datos para alimentar el software. Este transecto pertenece a la sección aguas arriba del tramo, asumiendo una pendiente del 20/1000.

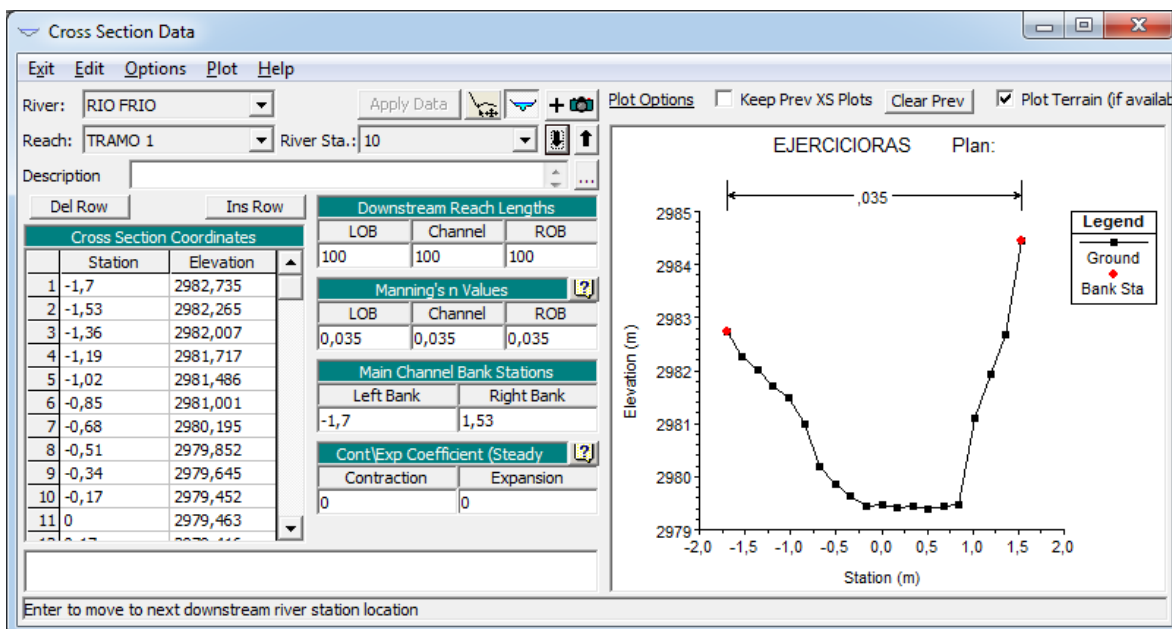


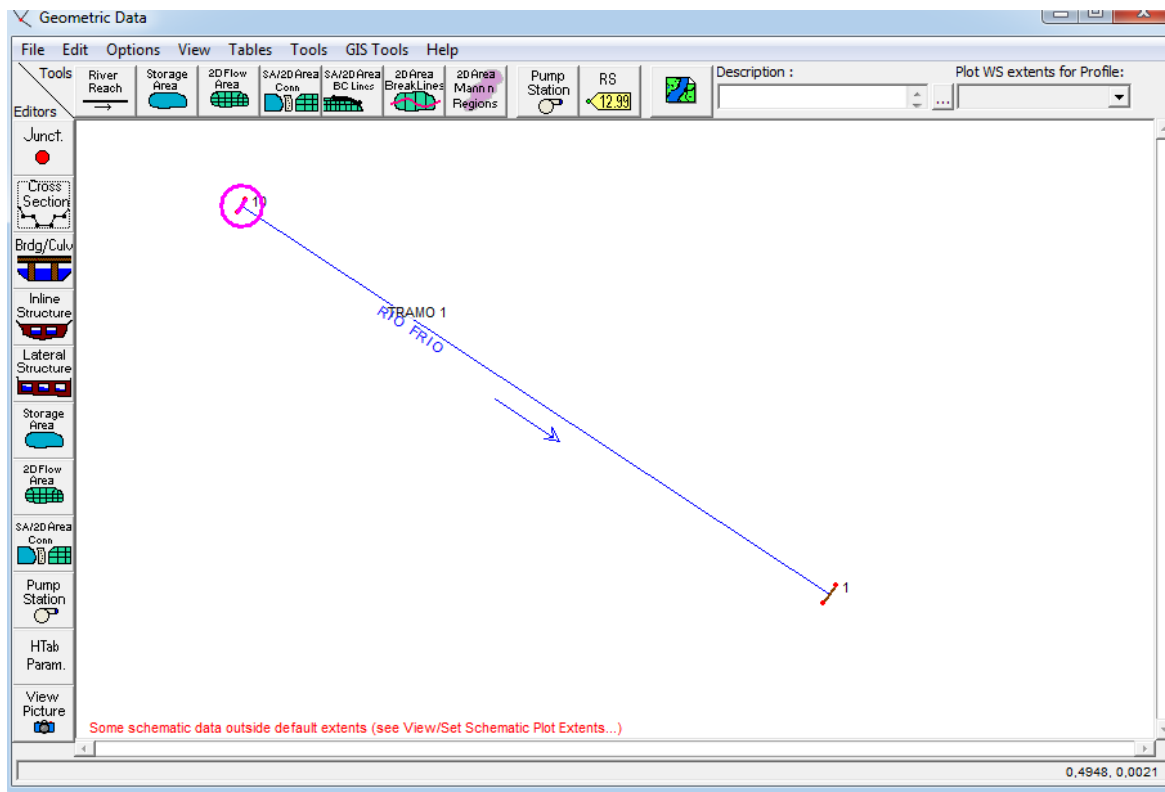
Ilustración 29 MODELAMIENTO HEC-RAS, elaboración propia.

Cabe resaltar que el valor asumido para el coeficiente de rugosidad de Manning, fue acatando la recomendación del libro “Hidráulica de Canales Abiertos” de VEN TE CHOW.

| TABLA 4.8 Valores del coeficiente de rugosidad $n$ (Chow, 1959) (continuación)                                                                                                       |        |        |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| Tipo de canal y descripción                                                                                                                                                          | Mínimo | Normal | Máximo |
| 1. Pasto densos, altos como la profundidad del flujo                                                                                                                                 | 0.050  | 0.080  | 0.120  |
| 2. Fondo limpio, arbustos en los lados                                                                                                                                               | 0.040  | 0.050  | 0.080  |
| 3. Igual, al más alto nivel del flujo                                                                                                                                                | 0.045  | 0.070  | 0.110  |
| 4. Arbustos densos, nivel alto                                                                                                                                                       | 0.080  | 0.100  | 0.140  |
| <b>D. Cursos naturales</b>                                                                                                                                                           |        |        |        |
| <b>D-1. Cursos menores (ancho superior al nivel de crecida &lt; 100 ft).</b>                                                                                                         |        |        |        |
| <b>a. Cursos en planicie</b>                                                                                                                                                         |        |        |        |
| 1. Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos                                                                                                                          | 0.025  | 0.030  | 0.033  |
| 2. Igual que arriba, pero más piedras y pastos                                                                                                                                       | 0.030  | 0.035  | 0.040  |
| 3. Limpio, curvado, algunos pozos y bancos                                                                                                                                           | 0.033  | 0.040  | 0.045  |
| 4. Igual que arriba, pero algunos pastos y piedras                                                                                                                                   | 0.035  | 0.045  | 0.050  |
| 5. Igual que arriba, nivel inferiores, más pendiente y sección inefectivas.                                                                                                          | 0.040  | 0.048  | 0.055  |
| Igual que 4, pero más piedras                                                                                                                                                        | 0.045  | 0.050  | 0.060  |
| 7. Tramos sucios, con pastos y pozos profundos                                                                                                                                       | 0.050  | 0.070  | 0.080  |
| 8. Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera y arbustos bajos.                                                                           | 0.075  | 0.100  | 0.150  |
| <b>b. Cursos en montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas sumergidos para niveles altos.</b> |        |        |        |
| 1. Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas                                                                                                                                        | 0.030  | 0.040  | 0.050  |
| 2. Fondo: cantos rodados con grandes rocas                                                                                                                                           | 0.040  | 0.050  | 0.070  |
| <b>D-2. Planicie crecida</b>                                                                                                                                                         |        |        |        |
| <b>a. Pasturas, sin arbustos</b>                                                                                                                                                     |        |        |        |
| 1. Pastos cortos                                                                                                                                                                     | 0.025  | 0.030  | 0.035  |
| 2. Pastos altos                                                                                                                                                                      | 0.030  | 0.035  | 0.050  |

Tabla 12 Valores del coeficiente de rugosidad  $n$ , CHOW 1959.

Hecho esto, el tramo queda con sus secciones aguas arriba y aguas abajo definidas.



*Ilustración 30 MODELACIÓN HEC-RAS, elaboración propia.*

Ahora se procede a interpolar las secciones creadas a lo largo del cauce, asumiendo distancia entre sí de 10 metros, dándole así un transecto característico constante al tramo 1.

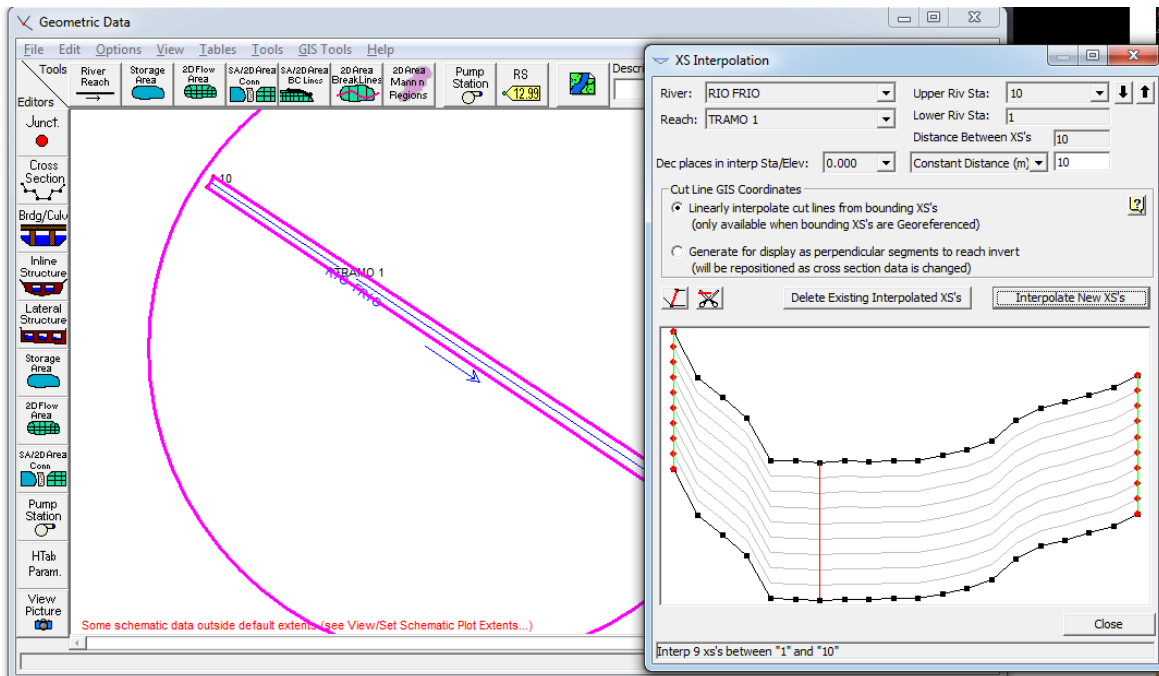


Ilustración 31 MODELACIÓN HEC-RAS, elaboración propia.

Una vez interpoladas las secciones transversales a lo largo del tramo, este queda definido de la siguiente forma.

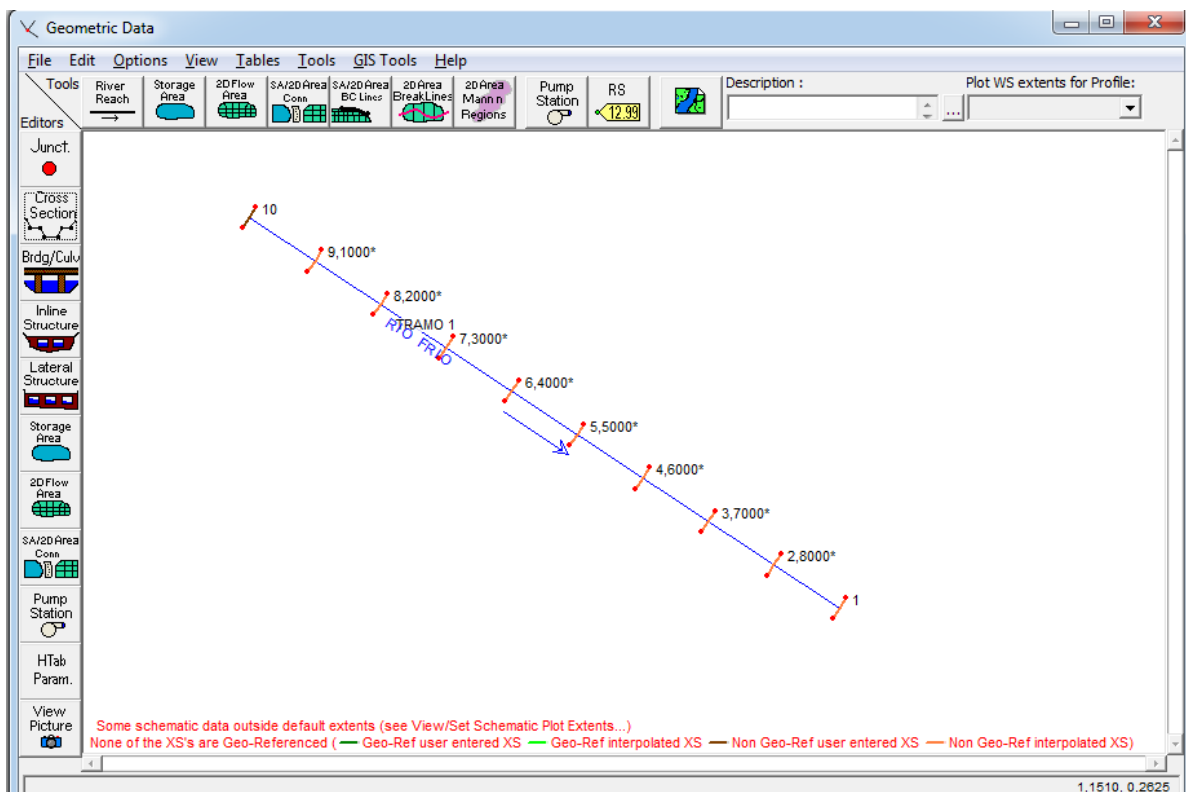


Ilustración 32 MODELACIÓN HEC-RAS, elaboración propia.



Después de adjudicarle las características geométricas al tramo, se procede con la alimentación de las condiciones hidráulicas del tramo. Comenzamos referenciando los periodos de retorno que queremos modelar en el software (20 años, 50 años y 100 años).

Steady Flow Data

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): 3 Reach Boundary Conditions ... Apply Data

Locations of Flow Data Changes

River: RIO FRIO Add Multiple...

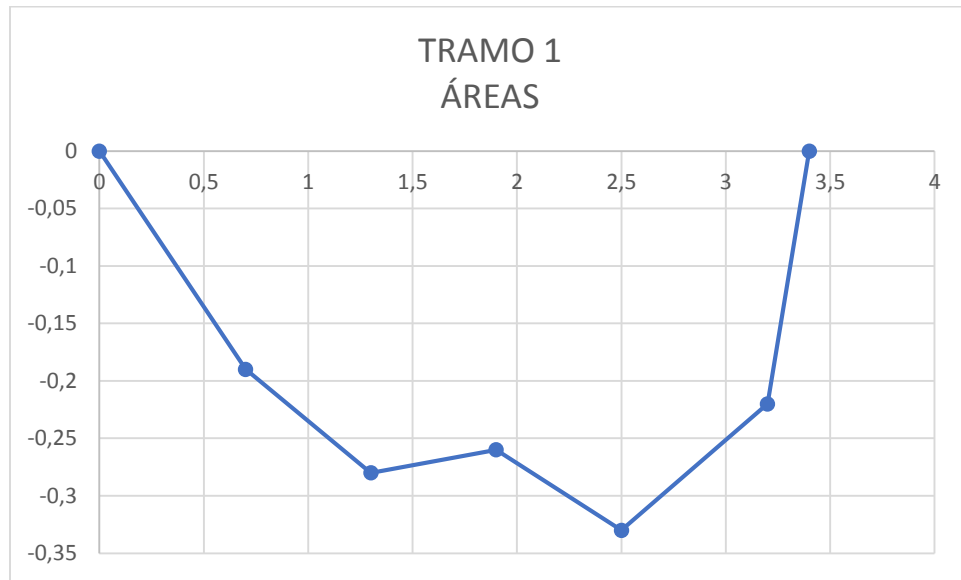
Reach: TRAMO 1 River Sta.: 10 Add A Flow Change Location

| Flow Change Location |         |    | Profile Names and Flow Rates |            |             |
|----------------------|---------|----|------------------------------|------------|-------------|
| River                | Reach   | RS | RETORNO 20                   | RETORNO 50 | RETORNO 100 |
| 1 RIO FRIO           | TRAMO 1 | 10 |                              |            |             |

Enter to edit the boundary conditions

Para realizar una adecuada alimentación del Hec-RAS, se determinó con anterioridad los caudales propios de cada sección analizada, a través de la sumatoria de las áreas y el promedio de las velocidades del aforo realizado en la salida de campo.

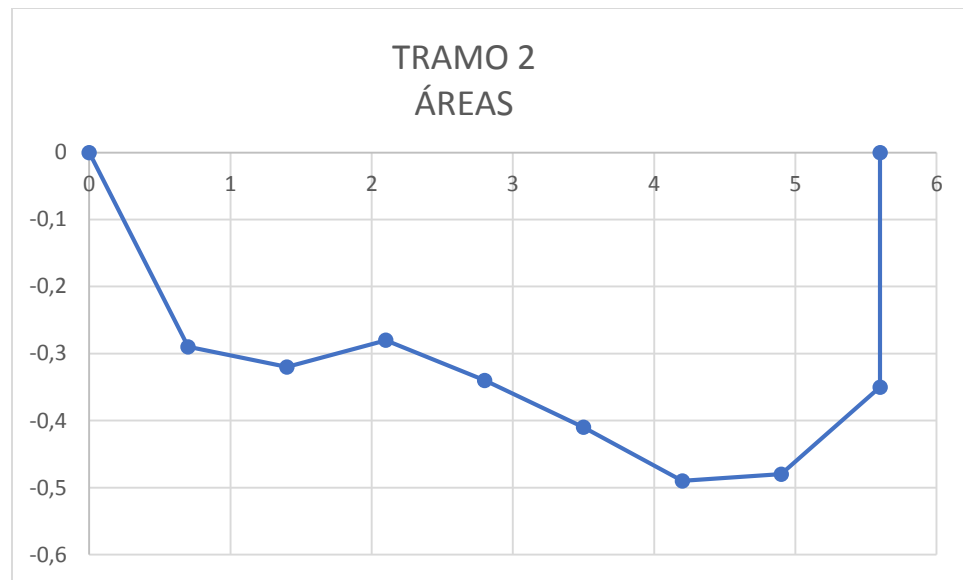
A continuación se realiza un bosquejo del perfil comprendido entre el lecho y la lámina de agua de cada uno de los tramos aforados.



Suma total áreas =  $0.784 \text{ m}^2$

Promedio Velocidades =  $0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

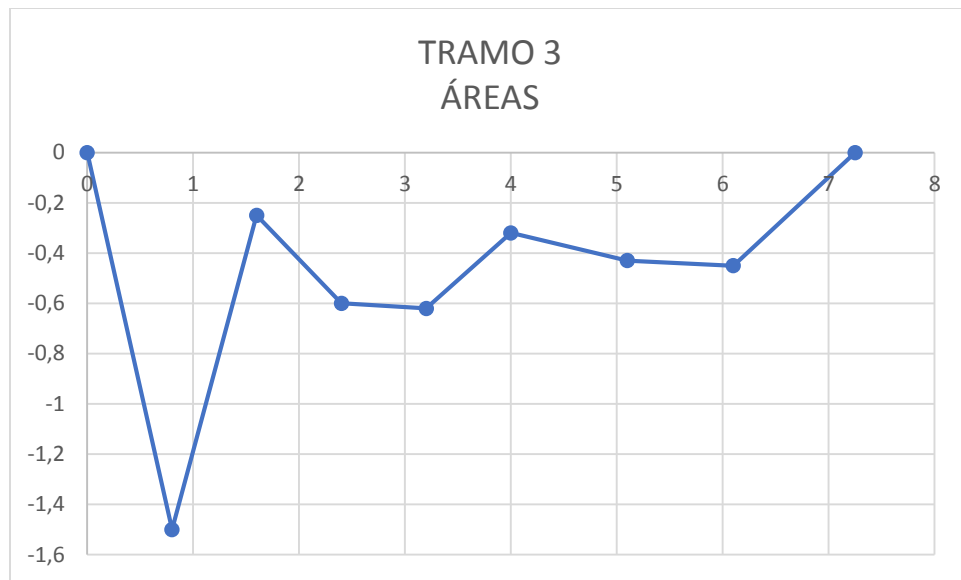
Caudal aforado =  $0.1568 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$



• Suma total áreas =  $1.95 \text{ m}^2$

Promedio Velocidades =  $0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Caudal aforado =  $0.585 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$



Suma total áreas =  $3.62 \text{ m}^2$

Promedio Velocidades =  $0.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Caudal aforado =  $1.63 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Una vez obtenidos estos datos, se termina de alimentar el sistema y se corre de acuerdo a los periodos de retorno seleccionados para analizar.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- IGAC. (2000). *ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACION DE TIERRAS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA TOMO 1*. Bogotá D.C.: IGAC.
- IGAC. (2000). *ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACION DE TIERRAS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA TOMO 2*. Bogotá D.C.: IGAC.
- IGAC. (2000). *ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACION DE TIERRAS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA TOMO 3*. Bogotá D.C.: IGAC.
- IGAC. (2000). *ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACION DE TIERRAS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA TOMO 4*. Bogotá D.C.: IGAC.
- INVIAS. (2009). *MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS*.
- Jimenez, J. F. (2000). MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. *CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA*, 2-5.
- Ltda, C. E. (2006). Planeacion Ecologica Ltda.
- IGAC. (2000). MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS CLASES TEXTURALES DE LOS SUELOS.
- UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. (2015). EVALUACIÓN TEMPORAL DEL MÉTODO NÚMERO DE CURVA DE ESCORRENTÍA EN UNA HOYA HIDROGRÁFICA SUB-URBANA A TRAVÉS DE MODELOS ARIMA: ESTUDIO DE CASO QUEBRADA LA VIEJA.
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. (2017). MODELACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE INUNDACIÓN, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, DEL RÍO FRÍO A LA ALTURA DEL MUNICIPIO DE CHÍA.
- VEN TE CHOW-DAVID R. MAIDMENT-LARRY W. MAYS. (1994). HIDROLOGÍA APLICADA
- ALLEN BATEMAN. (2007). HIDROLOGÍA BÁSICA Y APLICADA.
- GERMAN MONSALVE SAENZ. (1999). HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA.

- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. (2016). ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO EN LA ZONA BAJA DE LA CUENCA DEL RIO FRÍO EN EL MUNICIPIO DE CHÍA.
- IDEAM. (1976-2016). SISTEMA DE INFORMACIÓN, HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN.
- CAR. (2016). SISTEMA DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA E HIDROLÓGICA.

## 10. ANEXOS

- 1 Catálogo red de estaciones hidrometeorológicas de la C.A.R.
- 2 Mapa ubicación geográfica de las estaciones jurisdicción de la C.A.R.
- 3 Resumen de estaciones de la jurisdicción de la C.A.R “Valores máximos mensuales de caudales ( $\frac{m^3}{s}$ )”.
- 4 Información recolectada de las estaciones de la jurisdicción de la C.A.R “Valores máximos mensuales de caudales ( $\frac{m^3}{s}$ )”, pertenecientes a la cuenca del río frío.
- 5 Resumen de estaciones de la jurisdicción de la C.A.R “Valores máximos mensuales de niveles ( $cm$ )”.
- 6 Información recolectada de las estaciones de la jurisdicción de la C.A.R “Valores máximos mensuales de niveles ( $cm$ )”, pertenecientes a la cuenca del río frío.
- 7 Resumen de estaciones de la jurisdicción de la C.A.R “Valores totales mensuales de precipitación ( $mm$ )”.

- 8 Información recolectada de las estaciones de la jurisdicción de la C.A.R “Valores totales mensuales de precipitación (*mm*)”, pertenecientes a la cuenca del río frío.
- 9 Resumen de estaciones de la jurisdicción de la C.A.R “Valores totales mensuales de precipitación, máxima en 24 horas (*mm*)”.
- 10 Información recolectada de las estaciones de la jurisdicción de la C.A.R “Valores totales mensuales de precipitación, máxima en 24 horas (*mm*)”, pertenecientes a la cuenca del río frío.
- 11 Información recolectada de la estación PANTANO REDONDO de la jurisdicción del IDEAM “Valores totales mensuales de precipitación (*mm*)”, pertenecientes a la cuenca del río frío.

