

DEFINICIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN MEDIANTE EL USO DEL MODELO DE
SIMULACIÓN HEC-RAS EN UN TRAMO DE CAÑO GRANDE, BARRIO EL RUBÍ –
VILLAVICENCIO

EDIER ANDRES CHILITO RINCON

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2018

DEFINICIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN MEDIANTE EL USO DEL MODELO DE
SIMULACIÓN HEC-RAS EN UN TRAMO DE CAÑO GRANDE, BARRIO EL RUBÍ –
VILLAVICENCIO

EDIER ANDRES CHILITO RINCON

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesor

Ing. JAIR ESTEBAN BURGOS CONTENTO
Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2018

Autoridades Académicas

P. JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMANCA, O.P.

Rector General

P. MAURICIO ANTONIO CORTES GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ARTURO RESTREPO RESTREPO, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. FERNANDO CAJICA GAMBOA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDRES SIERRA TOBON

Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano de Facultad

JAIR ESTEBAN BURGOS CONTENTO

Director Trabajo de Grado

JUAN JOSÉ NIETO BERNAL

Jurado

VERÓNICA DUQUE PARDO

Jurado

Villavicencio, Mayo 2018

Dedico este trabajo de grado primordialmente a Dios, a la Virgen María y a Santo Tomás de Aquino quienes me guiaron espiritualmente con fé hacia la culminación de mis estudios en los momentos más intensos. A mi señora madre quien me apoyo económicamente en este proceso educativo y a todos los docentes que estuvieron involucrados en mi formación académica apoyándome de manera intelectual, tanto de Colombia como de México y Perú.

Agradecimientos

Agradezco de forma muy cordial a mi anterior asesora del trabajo de grado Carolina Cubillos y a mi actual asesor Esteban Burgos por su apoyo en este proceso. A la decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental, Natalia Mosquera por su trabajo y gestión para el crecimiento de nuestra facultad y por ende a la adquisición de elementos que fueron de ayuda en la toma de datos del presente trabajo. A todos mis amigos, compañeros y familiares que creyeron en mí en cada momento de mi formación académica hasta la culminación de mi carrera profesional.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	14
Introducción	15
1. Planteamiento del Problema	16
1.1. Descripción del Problema	16
1.2. Formulación en torno al problema	17
2. Objetivos.....	18
2.1. Objetivo General	18
2.2. Objetivos Específicos.....	18
3. Justificación	19
4. Alcance del Proyecto	21
5. Antecedentes	22
6. Marco de Referencia	27
6.1. Marco Teórico	27
6.2. Marco Conceptual	28
6.3. Marco Legal	29
7. Metodología	31
7.1. Tipo de Estudio	31
7.2. Factor de Diseño.....	31
7.3. Variables de Respuesta.....	32
7.4. Unidad de Evaluación	32
7.5. Procedimiento Metodológico	33
7.5.1. I Parte. Obtención de la información.....	33
7.5.2. II Parte. Procesamiento de la información.....	35
7.5.3. III Parte. Información resultante.....	40
7.6. Tamaño de la Muestra	41
7.7. Análisis y Presentación de Datos	41
7.8. Diagrama de Flujo.....	41

8. Resultados	42
8.1. I Parte. Obtención de la Información	42
8.1.1. Cálculo de caudales.	42
8.1.2. Relación de precipitaciones.	54
8.1.3. Geometría del terreno.	55
8.2. II Parte. Procesamiento de la Información	59
8.2.1. Ejecución de ARC-GIS y HEC-GeoRAS.....	59
8.2.2. Ejecución de HEC-HMS.	60
8.2.3. Ejecución de HEC-RAS.	69
8.3. III Parte. Información Resultante	74
8.3.1. Generación del mapa.	74
8.3.2. Generación de recomendaciones.	77
Conclusiones	79
Recomendaciones	80
Referencias Bibliográficas	81
Anexos	88

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Casas ribereñas afectadas	20
Figura 2. Zona de estudio.....	21
Figura 3. Esquema para el levantamiento batimétrico.....	32
Figura 4. Esquema para el levantamiento topográfico.....	34
Figura 5. Clasificación de suelos	36
Figura 6. Diagrama de flujo	41
Figura 7. Análisis del movimiento del cauce.....	44
Figura 8. Calculo de áreas en AutoCAD	45
Figura 9. Zona de estudio en época de sequía	46
Figura 10. Gaviones en la sección 2	50
Figura 11. Polígonos de Thiessen en la cuenca	55
Figura 12. DEM erróneo de la zona de Estudio.....	56
Figura 13. Curvas de Nivel de Villavicencio.....	56
Figura 14. Curvas de nivel a 1m y archivo TIN de la zona de estudio	57
Figura 15. DEM de la zona de estudio.....	57
Figura 16. Puntos topográficos digitalizados.....	58
Figura 17. Archivo TIN con topografía de la zona de estudio.....	59
Figura 18. Ejecución de datos en Hec-GeoRAS	60
Figura 19. Herramienta Hec-GeoRAS.....	60
Figura 20. Delimitación de la cuenca de Caño Grande con sus redes hídricas	61
Figura 21. Área total de la cuenca de Caño Grande	61
Figura 22. Digitalización de polígonos en Google Earth.....	62
Figura 23. Elementos requeridos por los números de curva	63
Figura 24. Longitud de Caño Grande en la cuenca.....	64
Figura 25. Cálculos de la estación SENA.....	65
Figura 26. Curvas IDF de la estación SENA	65
Figura 27. Hietogramas con diversos periodos de retorno para la estación SENA	66

Figura 28. Componentes del software HEC-HMS.....	68
Figura 29. Hietograma suministrado.....	67
Figura 30. Cuenca de Caño Grande con la zona de control.....	67
Figura 31. Resumen global de resultados	68
Figura 32. Hidrograma de crecida	68
Figura 33. Resultados del punto de control	69
Figura 34. Geometría de la zona de estudio en Hec-RAS	70
Figura 35. Asignación de pendiente.....	71
Figura 36. Proceso de interpolación de caudales	72
Figura 37. Análisis del flujo.....	74
Figura 38. Computación de datos	73
Figura 39. Proceso de inundación desde la geometría.....	74
Figura 40. TIN de la zona de inundación.....	74
Figura 41. Profundidades de las zonas inundables	75
Figura 42. Mapa de inundación	76
Figura 43. Asentamientos con riesgo de inundación	77
Figura 44. Zonas sin riesgo de inundación	78

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Normatividad	30
Tabla 2. Número de curva.....	36
Tabla 3. Coeficiente de Manning.....	39
Tabla 4. Recolección de datos	42
Tabla 5. Áreas calculadas	46
Tabla 6. Resultado de caudales	52
Tabla 7. Relación área- caudal.....	53
Tabla 8. Datos de estaciones meteorológicas	54
Tabla 9. Calculo del número de curva de la cuenca	63
Tabla 10. Calculo del coeficiente de Manning	70

Lista de Gráficas

	Pág.
Gráfica 1. Áreas sección 7	47
Gráfica 2. Áreas sección 6	47
Gráfica 3. Áreas sección 5	48
Gráfica 4. Áreas sección 4	48
Gráfica 5. Áreas sección 3	49
Gráfica 6. Áreas sección 2	49
Gráfica 7. Áreas sección 1	50
Gráfica 8. Áreas sección 0	51
Gráfica 9. Relación de áreas y caudales de los tramos de estudio	53

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Cambios de la Zona de Estudio en los años.	88
Anexo 2. Datos de campo.	89
Anexo 3. Gráficas de cálculo de áreas.	97
Anexo 4. Precipitaciones proporcionadas por el IDEAM.	101
Anexo 5. Datos Históricos de la Estación Meteorológica SENA.	102
Anexo 6. Datos del levantamiento topográfico.	103
Anexo 7. Cálculos de curvas IDF.	106
Anexo 8. Datos de cálculos para hietogramas.	107
Anexo 9. Video.	107

Resumen

Las precipitaciones son un fenómeno natural, el cual no se debe pasar desapercibido cuando se presenta en grandes cantidades, ya que como efecto se generan inundaciones que afectan en aspectos socio-económicos a los diferentes asentamientos que se encuentran al margen de los ríos o caños que son propensos a esto. Los llanos orientales son terrenos expuestos a este tipo efectos debido a la geomorfología que los representan, por ello se debe tener clara una posible definición del área que puede llegar a ser afectada por este tipo de fenómeno.

Para la obtención de áreas de inundación en el barrio el Rubí de la ciudad de Villavicencio se procedió a medir los caudales de Caño Grande a su paso por el barrio ya mencionado, esto se realizó durante un periodo de 6 meses en el cual se levantaron los datos batimétricos y velocidades del cuerpo hídrico en campo. Una vez obtenidos estos datos, junto con otra información como los registros de precipitaciones en el área de estudio durante el tiempo seleccionado, los archivos DEM (Modelo de Elevación Digital) del área de estudio, y herramientas tecnológicas para procesar estos datos como lo es el software ArcGIS para el caso de los registros de precipitaciones para elaborar los Polígonos de Thiessen, AutoCAD para la determinación de las áreas de las secciones transversales de la microcuenca, y el HEC-RAS para procesar el archivo DEM junto con los datos tomados en campo se generaron las áreas de inundaciones que se presentan en el barrio el Rubí. Una vez obtenida esta información se procederá a informar a la comunidad mediante una serie de recomendaciones representadas en mapas donde se indican dichas zonas para evitar posibles riesgos de inundaciones en la comunidad del barrio y comunicar a las autoridades competentes para el respectivo desarrollo del ordenamiento ambiental de la microcuenca.

Palabras Clave: Inundaciones; Polígonos de Thiessen; Hec-RAS; Modelo de Elevación Digital (DEM).

Introducción

El barrio El Rubí ubicado en la ciudad de Villavicencio del departamento del Meta se ha visto afectado en diversas ocasiones a causa de las inundaciones que se han presentado en los asentamientos aledaños a Caño Grande debido a las fuertes precipitaciones en la zona, a raíz de esto se ha decidido realizar un respectivo estudio del área en la que se presentan mayormente estas inundaciones para así poder determinar una definición del terreno que posiblemente se encuentre en riesgo de inundación al momento de generarse el desbordamiento del cauce del caño.

El cálculo de caudales es un proceso fundamental en la determinación de esta área ya que dependiendo del aumento de estos y de la geomorfología de zona de estudio, el área de inundación también se verá afectada; por ello se compararon con los datos de precipitaciones generadas en el lapso de tiempo de la toma de datos determinando si estas precipitaciones actúan de forma directa en la zona de estudio o de forma indirecta en caso que no se involucren los factores espacio-tiempo con respecto a los caudales (Mora & Ochoa, 2016).

Los mapas que señalan zonas de inundación son de gran importancia en el aspecto social ya que las personas que se encuentran en riesgo son previamente alertadas para que puedan tomar medidas al respecto, protegiendo así sus bienes personales y permitiéndoles tener una base sólida para la gestión de apoyo y solución de esta problemática ante las autoridades que les compete este tema en la región (Torres, 2017).

1. Planteamiento del Problema

1.1. Descripción del Problema

En la ciudad de Villavicencio se generan precipitaciones en la mayoría de meses del año, pero los más altos niveles de estas se encuentran entre los meses de Marzo a Junio ocasionando así varias inundaciones en los barrios aledaños a los ríos y caños (Climate-Data.org, 2016). Al determinar zonas afectadas por fenómenos de inundación es necesario emplear diversas herramientas que ayuden a precisar un resultado más confiable, para ello se deben analizar los caudales que rigen la fuente hídrica mediante levantamientos propios de campo y los fenómenos meteorológicos que se llevan a cabo en la atmosfera como las precipitaciones. De esta manera, procesando esta información mediante un software confiable poder llegar a obtener resultados observables para identificar las zonas que se encuentren en un posible riesgo de inundación.

Una de las problemáticas ambientales que se relacionan con las inundaciones y que involucra a Villavicencio son los asentamientos ilegales más conocidos como invasiones, esto se debe a que miles de personas llegan cada año a la ciudad en busca de oportunidades edificando sus residencias en lugares cercanos a fuentes de agua ignorando la ronda hídrica establecida por el plan de ordenamiento territorial (Planeación, 2015), generando a su vez tala de árboles que sirven como control natural del cauce en ríos y caños, modificando los caudales de las fuentes hídricas mediante vertimientos de aguas residuales y de residuos sólidos, conllevando así a aumentar las probabilidades de inundaciones en estas zonas (Tiempo, 2013). Presentándose esto junto a fuertes precipitaciones se generan alertas por inundación en zonas aledañas a estas fuentes dejando familias damnificadas y cientos de daños económicos en dichos asentamientos (El Tiempo, 2016).

El estudio de las inundaciones del presente proyecto va dirigido a la población que habita al margen de Caño Grande en el barrio el Rubí – Villavicencio; para así poder establecer las posibles áreas de riesgo en las que se ven involucrados los habitantes de esta zona, generando de este modo alertas tempranas que ayuden a prevenir incidentes futuros en cuanto inundaciones (Ver Anexo 1).

1.2. Formulación en torno al problema

¿Cómo varían los caudales de Caño Grande en 8 tramos del mismo, como insumos para determinar las zonas inundables durante un periodo de 6 meses en el barrio el Rubí de la ciudad de Villavicencio?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Definir las potenciales zonas de inundación de caño grande en el barrio el Rubí de Villavicencio mediante el uso de un modelo del programa HEC-RAS para establecer las respectivas zonas de riesgo en el ordenamiento ambiental de la microcuenca.

2.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar los caudales en el tramo de estudio y compararlos con los datos de precipitaciones obtenidos por el IDEAM.
- Generar el mapa de zonas de inundación mediante el resultado del modelo HEC-RAS para establecer las posibles áreas de riesgo.
- Realizar formulación de recomendaciones para la prevención de los riesgos de inundación.

3. Justificación

Las fuertes precipitaciones en el departamento del Meta y en la ciudad de Villavicencio han ocasionado inundaciones que han dejado cientos de afectados. Este fenómeno ha traído consecuencias desfavorables a varias comunidades de la ciudad entre ellas el barrio el Rubí, ya que ha ocasionado el desbordamiento de Caño Grande en ocho ocasiones aproximadamente desde el año 2012 entre los meses de Marzo a Junio en las zonas ribereñas al caño a causa de las altas precipitaciones, esta problemática se ha presentado más de una vez dejando diversas familias afectadas siendo casi la mitad población infantil (Extra, 2017). Debido a esto es importante realizar estudios que evalúen el caudal de este tipo de fuentes hídricas para así poder predecir las posibles zonas de inundación en comunidades aledañas como es el caso del barrio el Rubí.

En esta ubicación existe ausencia de información secundaria con respecto a los caudales específicamente de la zona de estudio, por lo tanto, el trabajo realizado apoyará a futuras investigaciones que se realicen en la misma zona, ya que tendrán datos históricos con los cuales puedan comparar la información futura.

La gestión social, es uno de los principales contribuyentes al resultado de estos casos de inundación, ya que por medio de una información pertinente sobre las causas y efectos que tiene este fenómeno en un lugar específico las entidades responsables pueden tomar medidas de prevención para evitar posibles riesgos hacia la comunidad vulnerable. Para contribuir con esta información se realizaron los mapas que definen tales zonas de inundación, y así utilizar estos como insumos para complementar los registros históricos de las estas entidades encargadas.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Villavicencio, para los caños se debe establecer una ronda hídrica de 30 metros a cada lado referenciados en la cota máxima de inundación, de los cuales los primeros 20 metros son destinados para la respectiva protección hídrica y los restantes 10 metros para recreación (Zuluaga & Garcia, 2015). Esta información no se ve referenciada en el presente estudio, ya que entre los datos recolectados se encontraron márgenes hasta de 2 metros de distancia a construcciones entre las cuales la mayoría de estas ya

se encontraban en un mal estado debido a las inundaciones que se presentaron con anterioridad (Figura 1).



Figura 1. Casas ribereñas afectadas, tomada por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Con base en esto se busca complementar el ordenamiento ambiental de la microcuenca en estudio con información actualizada para un respectivo análisis y discusión sobre los riesgos que se generan en estas zonas y que afectan directamente a la sociedad de dicho barrio.

4. Alcance del Proyecto

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en el Caño Grande, justo antes de desembocar en el río Ocoa y en el paso por el barrio el Rubí (Figura 2). Donde habitan alrededor de 3000 personas con una estructura vial en estado de trocha en la comuna 8 de la ciudad de Villavicencio-Meta (Meta, 2016). Pretendiendo así llegar a determinar las posibles áreas de inundación que afectan directamente la zona urbana, ayudando al ordenamiento ambiental de la microcuenca y realizando respectivas recomendaciones para la comunidad perjudicada.

La duración del proyecto está definida para un plazo de 6 meses de muestreo, desde el mes de Abril hasta el mes de Septiembre, haciendo levantamiento de datos 4 veces al mes. Los restantes 6 meses de Octubre a Marzo no serán tomados en cuenta en este proyecto de investigación en cuanto a la toma de datos de campo, pero solicitaron los respectivos registros de precipitaciones para generar una relación lógica con los analizados.

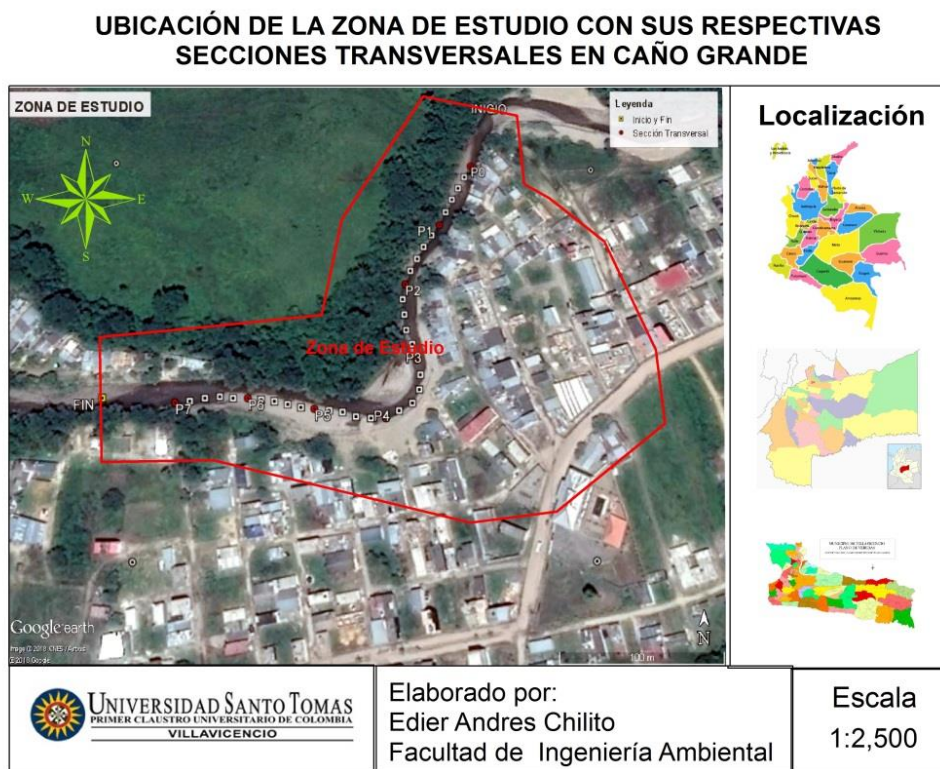


Figura 2. Zona de estudio, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

5. Antecedentes

El fenómeno de las inundaciones generadas por las diferentes fuentes hídricas es presentado en muchos lugares del mundo, lo cual obliga a realizar un respectivo estudio para poder identificar las posibles causas y lugares futuros donde se va a presentar dicho fenómeno.

En el año 2014 se realizó un respectivo estudio en la Amazonía Boliviana debido a las constantes inundaciones que se presentan allí, para esto se empleó una simulación bidimensional 2D mediante el modelo HEC-RAS versión 5 generando mediante esta información con respecto a, la profundidad del agua, la velocidad del flujo y una variación temporal de la inundación. Al igual que en el presente proyecto, en este estudio se utilizó un modelo de elevación digital (DEM) para así poder identificar la respectiva zona geográfica a analizar, para llevar a cabo la simulación de inundación en el río Mamoré (Moya. V, Kure. S, Udo. K, 2016). Al igual es importante la definición del modelo que se desea emplear al momento de querer realizar una simulación de inundaciones; por ende, se deben comparar entre varios modelos para poder así llegar a escoger el indicado dependiendo del objetivo del estudio y de las variables que se deseen analizar. En España se llevó a cabo un proyecto en el cual se realizó un ensayo comparativo entre los modelos unidimensional HEC-RAS y bidimensional CARPA, esta es llevada a cabo para simular una posible rotura de una balsa y así identificar las zonas afectadas si se diera dicho suceso, obteniendo así que con un modelo 2D se obtiene una mejor simulación del flujo en lámina libre (Soler. J, Bladé. E, 2012). La zona de estudio tiene presente dicha característica y por ende aporta mayor confiabilidad a los datos obtenidos empleando un modelo bidimensional 2D pero usando HEC-RAS con una versión actualizada que ejecute dicho modelo. Desde un punto de vista económico, los costos que generan los daños tras haber ocurrido un fenómeno de inundación es otro factor relevante para la población afectada ya que el perder sus bienes aumenta la pobreza para ellos; aunque el objetivo del presente estudio, no se basa en calcular los costos de dichos daños, se tiene en cuenta un estudio publicado en el año 2013 en el cual se realiza una estimación de daños por inundación en el río Neka, para ello se utilizó el modelo HEC-FDA obteniendo un dato cuantitativo pero antes de esto se calcularon las posibles áreas de riesgo para diferentes periodos de retorno

mediante SIG, HEC-RAS Y HEC-GEORAS simulando así las condiciones hidráulicas de la inundación (Mohammadia. S, Nazarihaa. M, 2013).

En los fenómenos de inundación los terrenos de tipo llanura resultan ser los principales afectados, ejemplificando esto con un estudio de caso en el río Kabul en Pakistán, en el cual se desarrollaron una serie de mapas de llanuras inundables mediante la aplicación del modelo HEC-RAS encontrando que en la mayor parte de la zona inundable se practica la agricultura (Muhammad. S, Faizan. A, Tariq. U, Khurram. S, 2015); relacionándose directamente con el proyecto ya que este también tiene como fin ayudar a planificar la zona indicada en cuanto a las diferentes medidas de mitigación según las zonas de riesgo. Por otro lado, los planes de gestión son elementales para situaciones de emergencia por riesgo de inundación, y para poder generarlos se necesita de un estudio previo con modelos adecuados para obtener información con un mayor grado de confiabilidad, un estudio generado en el río Plutón se empleó el modelo HEC-RAS para identificar las áreas de inundación trazando mapas junto a la extensión HEC-GEORAS, calculando así los posibles hogares y edificios que se verían afectados. El estudio principal de este proyecto también busca generar las posibles zonas de riesgo mediante mapas, ya que muy cerca a la fuente hídrica en la que se está llevando a cabo el proyecto se ubica un pequeño porcentaje de la población de la zona viéndose así posiblemente afectada en caso de inundación (Iosub. M, Minea. I, Oana. H, 2015). Es de gran importancia tener en cuenta una respectiva zonificación al momento de tratar con inundaciones, ya que nos indican que puntos se consideran de riesgo y cuales no para así mismo poder realizar un respectivo plan de gestión de cuencas. En el año 2015 se realiza un estudio con este mismo objetivo, en el cual zonifican el riesgo de inundación usando el modelo HEC-RAS, al igual que en el presente proyecto para la ejecución de este modelo se requiere el uso de un coeficiente de rugosidad y el más apropiado para este tipo de estudio es el de Manning; ya que este es usado para cálculos de escurrimiento en un canal abierto (Golshana. M, Jahanshahia. A, 2016).

En el río Baraolt al centro de Rumania se realizó un mapa de riesgo de inundación con la herramienta hidroinformática HEC-RAS, para este estudio se emplearon 36 secciones transversales y se ejecutaron datos de entrada como la ubicación de las secciones transversales, los datos topográficos de las secciones transversales y la rugosidad del lecho del río (Beilicci. R, 2014). A diferencia del proyecto actual en el Caño Grande se ejecutaron 8 secciones transversales,

esto depende del alcance del proyecto y de la distancia que se planea dejar entre cada sección transversal para así obtener una mayor confiabilidad en los resultados. El estudio de las precipitaciones son importantes al momento de pronosticar inundaciones para así poder llegar a generar alertas tempranas; en este caso se presenta un estudio en el río Zaza en Cuba donde se obtiene un modelo que representa las lluvias mediante una modelación en el software HEC-HMS (Rodríguez. Y, 2015). Aunque este modelo es confiable y aporta en cierto modo al proyecto mediante expectativas que se pueden obtener a través de sus resultados, actualmente se tiene destinado realizar el modelo de precipitaciones mediante Polígonos de Thiessen la herramienta Arc-GIS. Los Polígonos de Thiessen son una herramienta fundamental para poder establecer una distribución espacial de precipitaciones en zonas donde no se cuenta con datos específicos de estaciones pluviométricas, un estudio que fue realizado en el año 2006 es tomado en cuenta para el presente proyecto ya que este muestra una estimación de la precipitación media en la cuenca del río Quito en el departamento del Choco mediante Polígonos de Thiessen (Cordoba, Zea, & Murillo, 2006), donde abarca todo el tema sobre estos polígonos de forma completa para así, con esta información poder avanzar en el proyecto actual pero elaborando el mapa de polígonos mediante la herramienta Arc-GIS. Los usos de diferentes softwares ayudan a complementar un estudio realizado ya que ejecutan ordenes distintas que a su vez se pueden relacionar para poder obtener un nuevo resultado relevante, como es el caso de un proyecto realizado en Rumania donde se estudian las inundaciones del arroyo Baranca utilizando la herramienta HEC-RAS y así simultáneamente mediante la extensión de Arc-GIS denominada HEC-GEORAS generan mapas para realizar planes de gestión apropiados para evitar posibles riesgos (Haliuc. A, 2012).

Los fenómenos naturales como las altas precipitaciones han sido una de las causas de inundaciones, en lo largo del territorio Colombiano durante los últimos años se han presentados en diferentes zonas del país inundaciones que han causado pérdidas económicas o muertes, entre ellas la ciudad de Bogotá, Medellín y Putumayo (Peña. C, Mora. C, 2016). Por lo tanto, se identificaron cuáles son las áreas de inundación de la cuenca mediante el software HEC-RAS. Lo cual nos ayuda a comprobar que por medio del software HEC-RAS se pueden obtener como resultado de los niveles máximos de agua en las zonas de inundación.

Por lo cual se puede realizar un análisis hidráulico mediante una modelación, para comprobar las diferentes condiciones que presenta el cauce de los canales y sus zonas de riesgo de desbordamientos (Díaz, J. & Vargas, B, 2013). demostrando que en este siglo se ha hecho un gran avance sobre los modelos numéricos dando como resultado simulaciones de 2D y 3D en el programa HEC-RAS los cuales son confiables al momento de predecir y prevenir desastres naturales (Erasmio. A , Battikk. M, Castillo. C, Mendoza. A, Poveda. J, 2015). Donde se debe también tener en cuenta en algunas ocasiones que el porcentaje de error sea menor al 10% valor que es aceptables para este tipo de modelación; por lo tanto el resultado de estos modelos fue la superficie libre de agua asociada a una condición de caudal impuesto que puede cambiar durante su recorrido (Universidad de Antioquia, 2003), todo ello corroborando los criterios que debemos tener en cuenta para nuestro estudio del caño grande.

Donde se debe también tener en cuenta es la metodología de como analizar las zonas de riesgo de inundaciones. El cual presenta los problemas desde el análisis hidrológico e hidráulico, para de ese modo obtener una cartografía de la zona en donde se presenta las inundaciones; empleando una herramienta que nos ofrece el software Arc-GIS (Cruz., 2012). Donde también se pueden generar estudios de grandes terrenos afectados por estas inundaciones o zonas de cultivos (Cartaya. S, 2016). Para poder identificar y zonificar las áreas de mayor probabilidad de inundación se pueden también unificar por medio de los software como son Arc-GIS Y HEC-RAS, donde se tiene en cuentas unos datos históricos y trabajos en campo para modelarlo en HEC-GeoRAS y después HEC-RAS; para realizar de ese modo una comparación en los dos resultados obtenidos en los software (Romo, 2015); el cual nos muestra una manera de desarrollar una modelación en zonas de alta probabilidad de inundación por medio de georreferenciación del sitio y subiendo los datos a Arc-GIS, Donde se tuvieron en cuenta las precipitaciones, caudal fluvial, actividades antrópicas, datos espaciales y características del medio ambiente; para de ese modo obtener las zonas de inundación de esos predios (Naveiras, 2014) y así poder simular las de recurrencia de la cuenca que se desea estudiar y su probabilidad de inundación en un futuro (Asedes Dragados, 2015). Por último, se presentó las recomendaciones para la prevención de alguna catástrofe en las áreas de alto riesgo de inundación de caño grande (Ortega, 2015).

En el año 2016 se realizó un modelamiento de zonas de inundación en el río Chicamocha en el departamento de Boyacá, en el cual utilizaron diversos software entre los cuales están el HEC-RAS, HEC-GeoRAS y ArcGIS y resaltan a los fenómenos climáticos como los principales factores en la modelación. Al igual que el presente proyecto se usaron estas herramientas anexando el software HEC-HMS para el cálculo de caudales máximos (Mora & Ochoa, 2016). En otro estudio por el departamento de Cundinamarca en río Frio se realizó una modelación hidrológica para estudiar una inundación presentada en el municipio de Chía, en este se procesan datos de precipitaciones históricas juntos con caudales proporcionados de una estación para así generar los periodos de retorno en diferente años (Torres, 2017).

El barrio el Rubí presenta áreas con condición de riesgo por inundación generado por las altas precipitaciones según el Plan Ordenamiento Territorial en el municipio de Villavicencio elaborado en el año 2015, con un nivel alto de amenaza debido a la gran vulnerabilidad de exposición con los elementos del medio. Inundaciones y desbordamientos son periódicos en esta zona afectando directamente asentamientos ribereños ubicados en las llanuras de inundación (Zuluaga & Garcia, 2015).

6. Marco de Referencia

6.1. Marco Teórico

Para la identificación de las zonas de inundaciones de un río existen diferentes métodos, los cuales se han elaborado en distintos lugares del mundo por ejemplo, uno de ellos se puede representar por datos obtenidos de entidades públicas tales como la precipitación y DEM encontrados en plataformas que tienen al alcance satélites con la capacidad de levantar datos topográficos de diferentes zonas del mundo; los cuales se introducen al software para empezar a modelarlos y obtener las zonas de inundación (Díaz, J. & Vargas, B, 2013).

En algunas metodologías que se han elaborado sobre estos estudios, se han basado en datos numéricos que se han representados en modelos 1D o 2D sobre mapas del lugar de estudio, “para obtener un conocimiento cuantitativo de procesos físicos en general y de flujos hidrodinámicos en particular. El uso de este modelo proporciona información sobre variables relevantes como la variación del caudal, variación de presiones” (Erasmó. A , Battikk. M, Castillo. C, Mendoza. A, Poveda. J, 2015).

Para la presentación de estos datos obtenidos se han encontrado un enlace o unión de dos softwares que son ArcGIS y HEC-RAS dando como resultados en físicos como son mapas mostrando cual es el área de inundación, interpolando los datos obtenidos en HEC-RAS a ArcGIS y montar algunos Polígonos de Thiessen sobre el mapa para ver cuáles son los puntos críticos que presenta más precipitación sobre la cuenca (Romo, 2015).

Entre los métodos numéricos para generar predicciones de inundaciones se encuentran el unidimensional en el cual se tienen en cuenta elementos básicos de la cuenca de estudio como el flujo del río y las secciones transversales cumpliendo así algunas hipótesis para poder llevar a cabo la modelación, en el método bidimensional se tiene en cuenta una malla representando así las llanuras de inundación y la topografía del terreno, y en el modelo tridimensional siendo éste menos común que el resto, se utilizan distintos tipos de discretización espacial. Un programa libre para

este tipo de método es el Flow3D (Erasmó. A , Battikk. M, Castillo. C, Mendoza. A, Poveda. J, 2015)

Las curvas de intensidad duración frecuencia (IDF) son relevantes para el estudio de las precipitaciones, ya que con estas se pueden analizar diferentes periodos de tiempo en los que se presentan estos fenómenos ya sea en niveles bajos o altos, así mismo la información tratada se puede procesar para precisar la obtención de resultados cuando se analizan inundaciones en zonas determinadas (Brown, Gallardo, & Valdés, 2013).

En diversas ocasiones es conveniente el estudio de precipitaciones máximas, como en la estimación de avenidas. Determinando el mayor valor de precipitación en un periodo de retorno establecido, siendo este el intervalo medio dado en años en el que un valor extremo supera un valor 'x'. Analizando este periodo para procesarlo dependiendo del estudio que se esté ejecutando (UPM, 2015).

6.2. Marco Conceptual

Los riesgos ambientales son probabilidades de que se generen daños producidos por factores del entorno, ya sean propios de la naturaleza o provocados por el ser humano. Los daños que pueden producirse por factores del entorno, ya sean propios de la naturaleza o provocados por el ser humano. La actividad productiva o económica y la ubicación geográfica son cuestiones que pueden dejar a una persona o a un grupo de individuos en una situación de riesgo ambiental (Pérez, 2015).

Uno de esos hechos se pueden presentar por medio de las inundaciones, que son fenómenos naturales que se desarrolla en las zonas planas, respondiendo al comportamiento o su recorrido de las cuencas, teniendo en cuenta la ubicación del cauce, el tipo de clima que presenta las zonas afectadas por estos procesos naturales, y sus características de la cuenca; por lo cual la humanidad se ha adaptado a los cambios que ha presentado la naturaleza a lo largo de los tiempos, en algunas de ellas se han aprovechado para su beneficio como se presenta en la india o china, los cuales utilizan los cauces para los cultivos de arroz, son garantía de agua y posibilidades de pesca y navegabilidad para facilitar el intercambio comercial y cultural (Fierro, 2012).

Pero en la actualidad ya estos fenómenos se toman como riesgos ambientales hacia la comunidad, los cuales se pueden clasificar por medio de la frecuencia e intensidad que varían los reboses de grandes ríos que se expande a miles de kilómetros o incluso a pequeñas inundaciones por desbordes de causas secundarios (Fierro, 2012).

“Los desastres son eventos que ocurren en la mayoría de los casos en un momento inesperado, causando sobre las poblaciones y los territorios pérdidas de vida, materiales o afectación severa sobre el medio ambiente existente. El origen del desastre radica en al menos tres factores: exposición intensa a un fenómeno natural, por acción de las personas, o ser consecuencia de alguna falla técnica en algún sistema de producción industrial” (Fierro, 2012).

Según lo mencionado, este fenómeno se presenta en una zona de la ciudad de Villavicencio llamada el barrio Rubí, así mismo ha causado desbordamientos en varias ocasiones las cuales han generado grandes pérdidas económicas como de vidas humanas. Debido a esto se realizó un acuerdo en el cual se estipula el área de prohibición de construcción en un rango de 30 metros al cada lado del caño (Tiempo, 2015).

Se han desarrollado diferentes metodologías que predicen las zonas más propensas a sufrir estos fenómenos, por medio de software tales como HEC-RAS o ArcGIS en los cuales tienen en cuenta las siguientes variables para su modelación, precipitación, caudales, DEM, levantamientos topográficos, puntos GPS, entre otros (Grupo TYC GIS Formación, 2017) (Sigsa, 2017).

6.3. Marco Legal

Colombia se ha acogido a las diferentes reuniones internacionales sobre el medio ambiente, en el cual se ha desarrollado una infinidad de decretos, leyes o normas sobre el cuidado, manejo, vigilancia y prevención a cualquier circunstancia que vaya ocurrir, como lo es el decreto- ley 2811/1974 el cual nos habla sobre los recursos naturales renovables y protección del medio ambiente, en el cual se desprende una rama que se basa en la prevención de riesgos y atención de desastres regida por el decreto 919/1989; teniendo como base la constitución política de Colombia del 1991 la cual en el artículo 79,80 y 366 hablan sobre el derecho de gozar un ambiente sano, sobre el manejo de los recursos para un desarrollo sostenible y obtener bienestar general para sus ciudadanos.

Por lo cual en el decreto 879/1998, se reglamentan las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital, sin dejar a un lado los planes de ordenamiento territorial. a la mano de este decreto se la Ley 388 de 1997, el cual asegura los asentamientos humanos ante los riesgos naturales; dejando en claro que en algunas zonas del país se han desarrollado acuerdos para proteger los cuerpos de agua mediante la prohibición de construcción de infraestructuras aledañas al cauce, con una medida dependiendo la magnitud del cuerpo hídrico por ejemplo en el caño grande se firmó el acuerdo 068/1994 que estableció que a 100 metros del cauce del río Ocoa y a 30 metros del caño Grande no pueden ser ocupados por viviendas.

Tabla 1. Normatividad

Ley / Decreto	Descripción
Decreto-Ley 2811 del 74	Código de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente
Decreto 1541 de 1978	De las aguas no marítimas» y parcialmente la Ley 23 de 1973. Normas relacionadas con el recurso agua. Dominio, ocupación, restricciones, limitaciones, condiciones de obras hidráulicas, conservación y cargas pecuniarias de aguas, cauces y riberas
Decreto 2857 de 1981	Se reglamenta la parte XIII, Título 2°, Capítulo III del Decreto - Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas y se dictan otras disposiciones.
Ley 46 de 1988	Se reglamenta la creación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
Decreto 919 de 1989	Se crea el Sistema nacional de prevención y Atención de Desastres, aclarado sus funciones, responsabilidades y financiación
Constitución Política de Colombia -1991 Congreso de Colombia	Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Artículo 366. El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado.
Ley 152 de 1994	Ratifica el principio de sustentabilidad ambiental como principio de actuación de las autoridades de planeación y la necesidad de los planes de ordenamiento territorial de los municipios.
Acuerdo 068 de 1994	Estableció que a 100 metros del cauce del río Ocoa y a 30 metros del caño Grande no pueden ser ocupados para proteger los cuerpos de agua.
Ley 388 de 1997	Mejorar la seguridad de los asentamientos humanos ante los riesgos naturales
Decreto No 879 del 13 de Mayo de 1998	Por el cual se reglamentan las disposiciones referentes al Ordenamiento del Territorio Municipal y distrital y a los Planes de Ordenamiento Territorial.
Decreto 1504 de 1998	Por el cual se reglamenta el manejo del espacio público en los planes de ordenamiento territorial
Decreto 93 de 1998	Definición de objetivos, principios, estrategias de la Política Nacional de Prevención y Atención de Desastres
Decreto 1729 de 2002	Por el cual se reglamenta la parte VIII, título 2, capítulo III del Decreto - Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas.

NOTA: Descripción de la normatividad jurídica en cuencas hidrográficas y Gestión de riesgo, por Edier Andrés Chilito rincón, 2018

7. Metodología

7.1. Tipo de Estudio

La investigación realizada se enfoca en un estudio no experimental ya que es de observación y muestreo donde se registran los datos dados sin que las variables de estos puedan ser manipuladas. Como es el caso de los caudales obtenidos que son naturales del propio caño donde en el área de estudio no existen vertimientos considerables que puedan modificar esta información.

Para este caso no se considera necesario realizar un pre-muestreo, ya que los datos tomados son de una fuente hídrica con información variable y el tamaño de la muestra fue estipulado partiendo de la zona de inundación ya presentada con anterioridad.

7.2. Factor de Diseño

Este factor se enfoca en el efecto de los caudales sobre los límites máximos y mínimos de inundación en 8 tramos establecidos en Caño Grande a su paso por el barrio el Rubí en la ciudad de Villavicencio.

Los niveles establecidos para este caso se establecen como continuos, ya que las velocidades y niveles de profundidad son únicas en cada sección del tramo y por ende no se pueden replicar.

Un caso independiente de un nivel dado en el factor de diseño se da en una sección del tramo establecido, ya que es único dentro de lo que se está comparando. Para la distribución de dichos casos, se cubrió un rango de 350 mts en total los cuales están divididos cada 50 mts para obtener un total de 8 secciones, las cuales a su vez se dividirán transversalmente cada metro para así determinar la cobertura hídrica y sus diferentes variables en cada punto.

7.3. Variables de Respuesta

Para el caso de los caudales se asignan las variables de respuesta en m^3/s , donde se da el área de la sección en m^2 y posteriormente se multiplica por la velocidad del mismo en m/s .

Se hizo el respectivo uso de un molinete siendo este un recurso proporcionado por la Universidad Santo Tomás para así en cada una de las 8 secciones del tramo tomar mediciones de las velocidades colocando estacas en cada orilla uniéndolas con una cuerda respectivamente nivelada para trazar un corte transversal y dividiendo este corte por partes cada metro; así mismo, en estas divisiones del corte transversal mediante el uso de una mira topográfica se realizó la respectiva batimetría midiendo la distancia del fondo del cauce al espejo de agua y del fondo del cauce a la cuerda de referencia nivelada ubicada en la parte superior del espejo de agua (Figura 3).

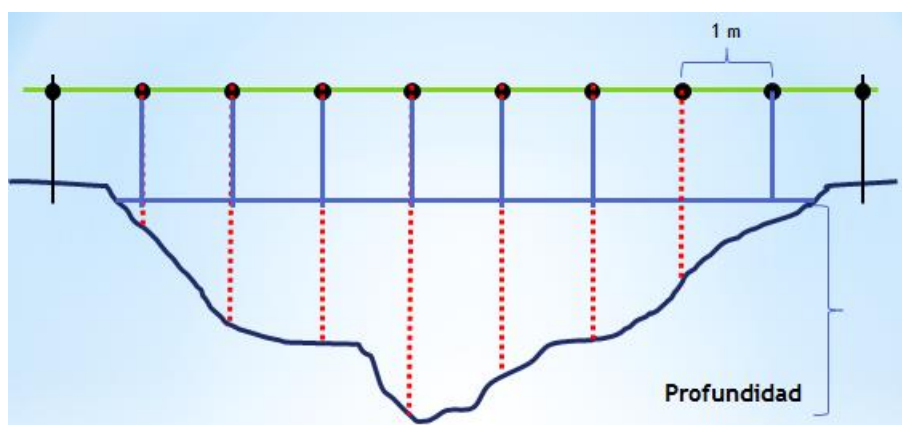


Figura 3. Esquema para el levantamiento batimétrico, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

7.4. Unidad de Evaluación

La respectiva unidad de evaluación es dada por un punto en el cuerpo de agua del tramo, siendo su delineación natural y consiste en el corte transversal del río cada 50 mts hasta completar una totalidad de 350 mts, este punto se establece en cada corte transversal.

Para las submuestras, cada corte transversal está dividido de a 1 m hasta cubrir la totalidad de la cobertura hídrica. Entre 5 y 20 submuestras por sección transversal dependiendo de su longitud.

7.5. Procedimiento Metodológico

7.5.1. I Parte. Obtención de la información.

7.5.1.1. Cálculo de caudales.

Para la realización de este estudio y considerándolo de tipo cuantitativo, se escogió un tramo de Caño Grande referenciado en el barro el Rubí, el cual tiene una extensión de 350 mts, seleccionando el tramo del cauce basado en las inundaciones que han ocurrido con anterioridad, siendo este tramo dividido cada 50 mts partiendo del punto 0 para un total de 8 secciones a estudiar. Así mismo cada sección se divide transversalmente 1 mts tomando en cada división una respectiva medición de velocidades con el molinete y niveles de profundidad en la batimetría con una mira topográfica para calcular el área mediante el uso del software AutoCAD, así mismo se multiplicarán estos resultados para la obtención de los caudales. La sección transversal se hará clavando dos estacas en cada lado de la sección y cruzando una cuerda respectivamente nivelada que tendrá las divisiones de cada metro (Rojas, 2006).

$$\text{Velocidad} \times \text{Área} = \text{Caudal}$$

(Rojas, 2006)

Estos datos de caudal se tomarán 1 vez a la semana, por lo general cada viernes durante un periodo de 6 meses empezando en el mes de abril para un total de 24 semanas.

7.5.1.2. Relación de precipitaciones.

Luego de tener los datos, se procedió a gestionar con el IDEAM la información secundaria de precipitaciones de los 6 meses estudiados para ejecutarlos en el programa Arc-GIS mediante la creación de Polígonos de Thiessen para obtener así las precipitaciones específicas del área de estudio; para esto se tuvieron en cuenta las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio entre las cuales estaban la estación del SENA, Unillanos y Acacias.

7.5.1.3. Geometría del terreno.

Se generó un archivo DEM a partir de información secundaria en páginas web como Earth Explorer o UAF (Alaska Satellite Facility), al analizar esta información se determinó que no era pertinente para el estudio debido a la escasa información del terreno así que se procedió a solicitar información de curvas de nivel en formato shapefile con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) el cual se procesó por medio de ARC-GIS para la obtención del archivo DEM, examinándolo se encontró que no se producía información específica de la cuenca para la ejecución del modelo así que se tomó la decisión de ir a campo y realizar un levantamiento topográfico de Caño Grande en la zona de estudio para posteriormente procesarlo juntos con el archivo DEM obtenido y así generar una geometría del terreno a modelar más confiable.

Para este levantamiento topográfico se utilizaron materiales como el GPS, una mira topográfica, una cuerda y un nivel. Se realizó dividiendo los 350 mts de longitud del cauce en cada 10 mts para un total de 36 secciones, cada sección se dividió transversalmente cada 2 mts hasta el tope máximo de cada orilla. Se georreferenció cada punto con el GPS mientras con la mira topográfica se tomaba la altura del terreno en cada división transversal teniendo en cuenta la cuerda nivelada (Figura 4).

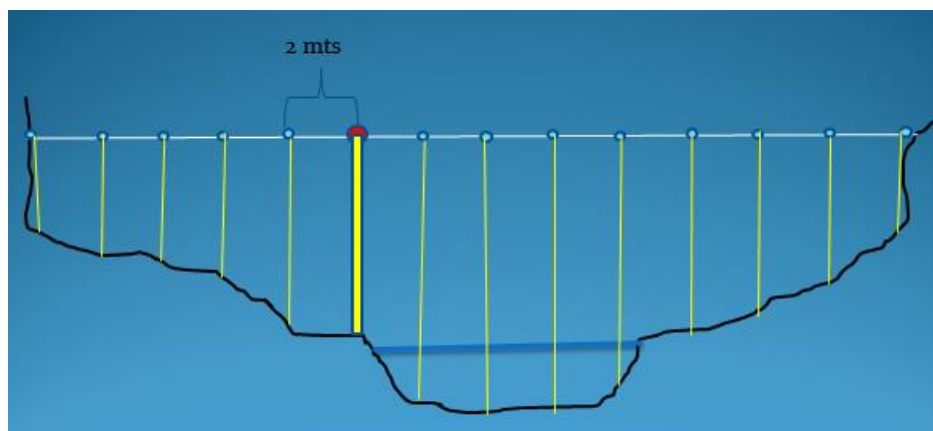


Figura 4. Esquema para el levantamiento topográfico, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

7.5.2. II Parte. Procesamiento de la información.

7.5.2.1. Ejecución de ARC-GIS y HEC-GeoRAS.

Una vez teniendo la geometría del terreno y siendo HEC-GeoRAS una extensión de del software HEC-RAS para simular el modelo desde ARC-GIS, se procedió a utilizar esta herramienta procesando la opción RAS Geometry creando así las diferentes capas como lo son el flujo longitudinal de Caño Grande en la zona de estudio, la orillas del caño, las posibles áreas de inundación y las secciones transversales. Teniendo esto en cuenta se le asignan los datos del terreno como la topología, la longitud y las elevaciones a las capas del caño, y a las secciones transversales los datos asignados de flujo del caño, longitudes, orillas y elevaciones.

Para la obtención de la capa de las posibles áreas de inundación se tuvieron en cuenta las zonas de menor altura en el archivo TIN del terreno generado en ARC-GIS y las imágenes históricas satelitales determinadas en Google Earth Pro (Ver Anexo 1), en las cuales se observa por donde corría el cauce natural de Caño Grande y como fue desviado en el transcurso del tiempo.

Finalmente se procedió a exportar desde HEC-GeoRAS la información generada para que esta pueda ser ejecutada desde el software HEC-RAS.

7.5.2.2. Ejecución de HEC-HMS.

Se utiliza este software para la obtención de un caudal pico en la zona de estudio, y para ello se requieren insumos como la delimitación de la cuenca, el número de curva, el área de la cuenca en Km², el hietograma del diseño, el tiempo de concentración, el tiempo de retardo, la longitud del caño y la pendiente del caño en la cuenca. Con base a estos insumos se ejecutan 4 componentes del software entre los cuales está el modelo de la cuenca, el modelo meteorológico, el control de especificaciones y los datos de series de tiempo.

Al ejecutar la opción modelo de la cuenca se importa el archivo shapefile de la delimitación de la cuenca junto con el shapefile de las fuentes hídricas, al tener esto se procedió a colocar el sitio donde se desea hacer el pronóstico del hidrograma de crecida que en este caso fue el final de la zona de estudio en aguas abajo con la herramienta Subbasin Creation Tool. En esta opción se

digita el área de la cuenca en Km², en método de pérdida se selecciona Numero de Curva SCS y en método de transformación Hidrograma Unitario SCS, esto se hace para que el programa permita agregar los insumos faltantes. El número de curva de la cuenca fue obtenido mediante la digitalización de todos los elementos de la cuenca y respectivo cálculo de área en cada uno de ellos, ésta área se multiplica por el número de curva de cada elemento el cual se obtiene clasificando el terreno de los elementos según la Imagen 5 y asignándole un valor según la Tabla 2 dependiendo de la clasificación escogida.

Los números de curva han sido tabulados por el Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Los valores de CN para varios tipos de uso de la tierra en estos tipos de suelos se dan en la tabla 5.5.2. Para una cuenca hecha de varios tipos de suelos y con diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN compuesto.

Figura 5. Clasificación de suelos, tomado de (Chow, 1994).

Tabla 2. Número de curva

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : 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 ²	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 ³ :				
Tamaño promedio del lote Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

NOTA: Elementos dados para la obtención del número de curva con sus respectivas clases de suelos, tomado de (Chow, 1994).

Al obtener el resultado de la multiplicación de los números de curva de cada elemento con el área de los mismos, se aplicó la siguiente formula

$$(\sum \text{Números de Curva de Elementos} \times \text{Área de Elementos}) \div (\text{Área Total de la Cuenca})$$

(Chow, 1994)

De este modo se obtuvo el Número de Curva de la cuenca de Caño Grande que fue suministrado como insumo en este software. Así mismo, se suministra el tiempo de retardo pero para hallar éste se calculó el tiempo de concentración utilizando la fórmula de California Culverts Practice en la cual se establece lo siguiente

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

(Velez & Botero, 2011)

Dónde:

T_c= Tiempo de concentración.

L= Longitud del caño en metros.

H= Diferencia de cotas del caño en la cuenca, de la más alta hasta la cota donde se establece el punto de control en el programa.

Teniendo este tiempo de concentración se procedió a calcular el tiempo de retardo

$$T_r = 0.6 T_c$$

(Chow, 1994)

Dónde:

T_r= Tiempo de retardo.

T_c= Tiempo de Concentración.

Posterior a esto, se procedió a ejecutar el componente datos de series de tiempo en el cual se suministró la información del hietograma. Para hallarlo se seleccionó la estación meteorológica más adecuada según los cálculos realizados con Polígonos de Thiessen, de la cual se solicitó información histórica en el IDEAM para poder realizar las curvas IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia) mediante la siguiente ecuación

$$I = a \cdot \frac{T^b}{t^c} \cdot M^d \cdot N^e$$

(Vargas & Diaz, 2006)

Dónde:

a = 75.03

b = 0.17

c = 0.63

d = 0.12

e = $-0.23r^2 = 0.91$

N = Número de días con lluvia al año.

M = Promedio del valor máximo anual de precipitación diaria (mm).

T = Precipitación media anual (mm).

t = Tiempo.

Con base a estas mediante el método de bloques alternos se crean los hietogramas los cuales se generaron con periodos de retorno de 5, 10, 25 ,50 y 100 años, seleccionando así este último periodo para suministrar al programa. Dependiendo de esta información se digitó el intervalo de tiempo adecuado junto con la información de la fecha- hora de inicio y fin de las precipitaciones.

En el componente de modelo meteorológico se selecciona la opción hietograma especificado para precipitaciones y configuración por defecto para Replace Missing. En esta parte se incluye la el sitio de pronostico que se creó anteriormente con la herramienta Subbasin y se selecciona el hietograma suministrado para esta estación. Luego se especificó el formato de salida con el componente control de especificaciones donde se detallan los intervalos de tiempo en el que se desea el hidrograma, volviendo a digitar las fechas y horas establecidas con anterioridad. Finalmente al tener todos estos datos se seleccionó la opción computar y luego correr simulación para obtener los resultados del caudal pico, el hidrograma de crecida, el volumen de precipitación, el volumen de perdida y el volumen de escorrentía.

7.5.2.3. Ejecución de HEC-RAS.

Teniendo todos los insumos calculados se procedió a utilizar el software HEC-RAS del cual se utilizó la versión 4.2.1 que permite realizar la modelación en fuentes hídricas con caudales inconstantes gracias a la opción unsteady para cada componente del programa. Se importaron los datos de terreno que se habían exportado anteriormente en HEC-GeoRAS con el componente de

edición de datos geométricos, en esta opción también se agregó el coeficiente de rugosidad de Manning el cual se determinó empleando la siguiente tabla

Tabla 3. Coeficiente de Manning

Factor	Descripción del factor	Valor recomendado de n	Valor determinado de n
Material del fondo del cauce	Suelo fino	0.020	n ₁ =
	Roca	0.025	
	Arena o grava fina	0.024	
	Grava gruesa	0.028	
Irregularidad del fondo del cauce	No hay irregularidades	0.000	n ₂ =
	Irregularidades menores	0.005	
	Irregularidades moderadas	0.010	
	Irregularidades severas	0.020	
Cambio de secciones transversales	Gradual	0.000	n ₃ =
	Ocasional	0.005	
	Muchos cambios	0.010 a 0.015	
Obstrucciones o grandes bloques en el cauce	Ninguno	0.000	n ₄ =
	Menores	0.010 a 0.015	
	Apreciables	0.020 a 0.030	
	severos	0.040 a 0.060	
Vegetación en el cauce	Baja	0.005 a 0.010	n ₅ =
	Media	0.010 a 0.020	
	Alta	0.025 a 0.050	
	Muy alta	0.050 a 0.100	
n cauce recto = n ₁ + n ₂ + n ₃ + n ₄ + n ₅			
Meandros y trenzas	Menores (sinuosidad 1.0 a 1.2)	0.000	n ₆ =
	Apreciables (sinuosidad 1.2 a 1.5)	0.15 x n cauce recto	
	Severas (sinuosidad mayor de 1.5)	0.30 x n cauce recto	
n total del cauce = n ₁ + n ₂ + n ₃ + n ₄ + n ₅ + n ₆			

NOTA: Descripción de factores con su respectivo valor para hallar el coeficiente de Manning en el cauce, tomado de (Suarez, 2001).

Luego de esto se procedió a asignar los valores de los caudales en la opción edición de datos de flujo inconstantes, donde se estableció el valor de la pendiente del caño en la zona de estudio de la siguiente manera

$$(Cota \text{ Máxima} - Cota \text{ Mínima}) / \text{Longitud del cauce en la zona de estudio}$$

(Suarez, 2001)

Al igual se asignaron los respectivos caudales tanto los calculados a partir de la información primaria como el caudal pico que se calculó con HEC-HMS. Se estableció el tiempo de simulación por los 6 meses determinados en el tiempo de muestreo partiendo del mes de Abril hasta el Mes de septiembre, así mismo el caudal pico fue ubicado en el mes de Mayo basado en la información suministrada por el software HEC-HMS y por la información de precipitaciones proporcionada

por el IDEAM. Los intervalos de tiempo fueron asignados de un día y los datos faltantes fueron interpolados por la opción Interpolate Missing Values del mismo programa.

Finalmente ejecutamos la opción simulación de flujo inconstante donde se seleccionan los datos de geometría del terreno y datos de caudales anteriormente establecidos, se limita el tiempo de la simulación siendo este el mismo tiempo que se definió en los caudales y la configuración de la computación donde se establecen los diferentes intervalos de tiempo que se desean computar para ejecutar así este programa viendo los resultados en la opción Open RAS Mapper. Por último se exporto esta información con la opción Export GIS Data para ser previamente analizada en ARC-GIS y generar los mapas de inundación.

7.5.3. III Parte. Información resultante.

7.5.3.1. Generación del mapa.

El archivo anteriormente exportado queda en formato SDF por lo que procedemos a cambiarle el formato XML en la opción Import RAS SDF File de HEC-GeoRAS en ARC-GIS, luego de esto se procede a configurar las capas desde la opción Layer Setup asignando los datos del archivo exportado y el archivo TIN que se tiene de la geometría del terreno. Se importa el archivo desde la opción RAS Mapping para generar las capas que habíamos trabajado con HEC-RAS, finalmente se genera la superficie del agua desde la opción Water Surface Generation junto con el área de inundación en la opción Floodplain Delineation. A base de esta información se procede a crear el mapa de inundación de la zona de estudio

7.5.3.2. Generación de recomendaciones.

Posteriormente, junto con estos resultados se crearon mapas que explican detalladamente las áreas de riesgo a las que se involucra la comunidad del barrio el Rubí para tomar medidas preventivas evitando futuros desastres. El área real que se detalla en los mapas es de aproximadamente 70.000 m², por lo que se utiliza una la escala de 1:2500. Igualmente se proporciona esta información a las entidades competentes para un mejor desarrollo del ordenamiento ambiental de dicha microcuenca.

7.6. Tamaño de la Muestra

Teniendo en cuenta que son entre 5 a 20 submuestras por sección transversal y que son un total de 8 secciones; entonces, se cuenta con un tamaño de muestra que oscila entre 56 y 160 datos.

En la distribución de esfuerzo se tiene en cuenta un esfuerzo de 1 día a la semana durante 6 meses para la toma de caudales, teniendo así un total de 24 días invertido en todas las mediciones.

7.7. Análisis y Presentación de Datos

Se obtuvieron promedios de los datos de caudal de cada sección transversal para así mismo plasmarlos en gráficos de barras siendo así analizadas con mayor facilidad; al igual, se generaron gráficas para observar los valores promedios por cada mes para su posterior análisis. A estas gráficas generadas se les aplicará una respectiva desviación estándar (Varianza al cuadrado) para así medir el grado de dispersión de los datos. Los mapas finales de zonas de inundación serán presentados impresos a la comunidad afectada para tomar medidas con respecto al tema.

7.8. Diagrama de Flujo



Figura 6. Diagrama de flujo, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

8. Resultados

8.1. I Parte. Obtención de la Información

8.1.1. Cálculo de caudales.

8.1.1.1. Información Primaria.

Durante los meses de Abril a Septiembre se procedió a hacer la respectiva obtención de datos de campo directamente en la zona de estudio (Tabla 4), los tres últimos datos del mes de Abril fueron seguidos debido a que por temas administrativos la Universidad Santo Tomás no tenía disponible las herramientas para llevar a cabo el levantamiento de datos en las fechas establecidas y se debían cumplir con un total de cuatro datos por mes.

Tabla 4. Recolección de datos

Día\Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1						X
2			X			
3						
4						
5		X				
6						
7				X		
8					X	X
9			X			
10						
11					X	
12		X				
13						
14				X		
15						X
16			X			
17						
18					X	
19		X				
20						
21	X			X		
22						X
23			X			
24						
25					X	
26		X				
27						
28	X			X		
29	X					
30	X					
31						

NOTA: Cronograma de recolección de datos en campo para el levantamiento batimétrico, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Para la toma de estos datos y ver como se iba comportando el flujo del cauce en cuanto su dirección, se dejaron libres algunos metros hacia los lados del área húmeda de la sección transversal con un punto de inicio de 1,5 m hacia el costado de la izquierda (viendo hacia aguas arriba) debido a la corta distancia en la que se encontraba las casas aledañas y se procedió a hacer la respectiva batimetría. (Ver Anexo 2)



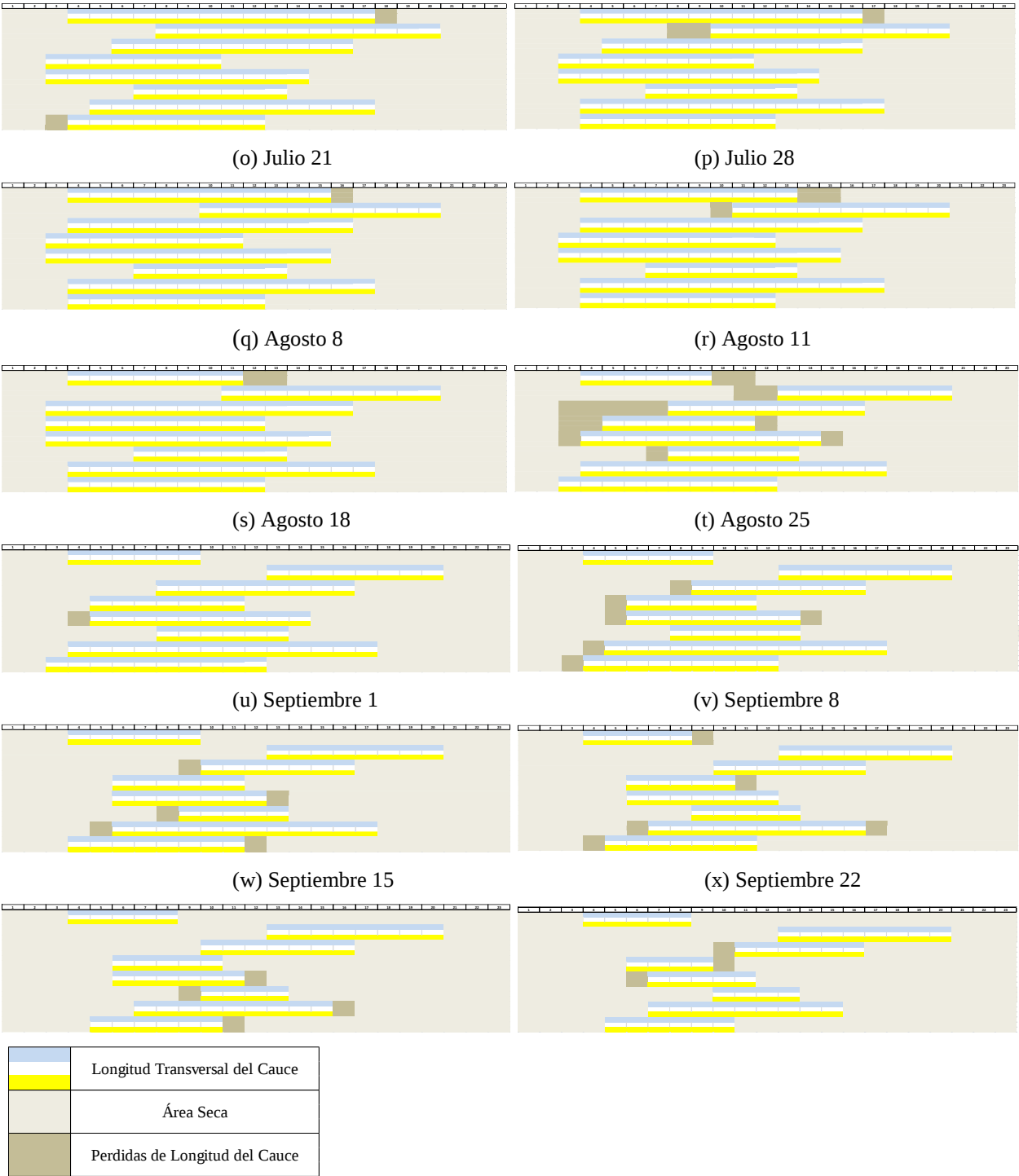


Figura 7. Análisis del movimiento del cauce, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Al iniciar la recolecta de información primaria se puede observar en el comportamiento del cauce que los niveles longitudinales del mismo eran altos comparados con el resto en el transcurso

del tiempo, así mismo fue disminuyendo notándose en secciones que iniciaron con una gran longitud pero que finalizaron con longitudes mínimas (Figura 7). Teniendo en cuenta que cada celda en la parte superior de la imagen equivale a 0,5m y que las secciones van de la 0 a la 7 en un orden ascendente de abajo hacia arriba, se observa que en mayo donde se presentaron mayor cantidad de precipitaciones (Ver Anexo 4) la longitud del cauce alcanza hasta los 10m en la sección transversal 6 (g), donde esta misma en septiembre que es época de precipitaciones bajas no sobrepasa los 4m (w). Así mismo se encuentra que las secciones 2 y 4 siendo las de menor longitud se mantienen en época seca con un mínimo de 2m (x) mientras el resto tienden a igualar su longitud hasta con una medida de 2,5m. La sección 7 fue una de las que mayor pérdida de longitud transversal tuvo ya que inicio con 6,5 m (a) y termino en 2,5m (x) con una reducción longitudinal de 4m; al igual llego a alcanzar los 9,5m para mayo (e) y su cambio de longitud según lo analizado en campo se debe a que al aumentarse, las profundidades de su costado derecho eran bajas lo que ocasionada una pérdida considerable de longitud al momento de disminuir el volumen de su cauce.

8.1.1.2. Determinación de áreas.

Una vez obtenidas las profundidades de cada sección se procede a determinar el área transversal del cauce en cada una de ellas, para esto se utiliza el software denominado AutoCAD en el cual se digitaliza las respectivas profundidades y se ejecuta la opción Medir- Área (Figura 8).

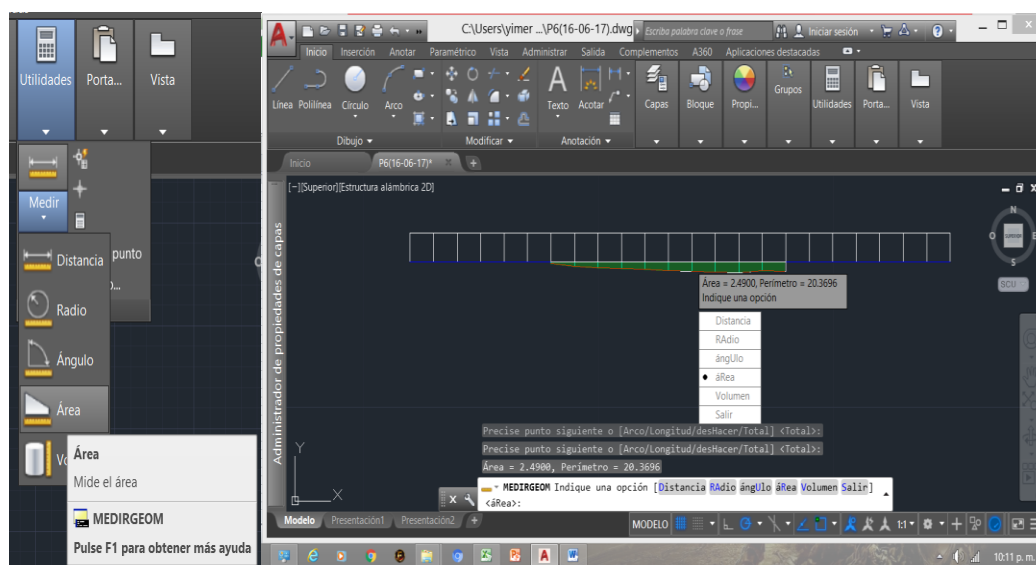


Figura 8. Calculo de áreas en AutoCAD, por Edier Andrés Chilto Rincón, 2018.

Este proceso se realiza con cada uno de las secciones tomadas y por cada fecha establecida en el muestreo. (Ver Anexo 3)

Tabla 5. Áreas calculadas

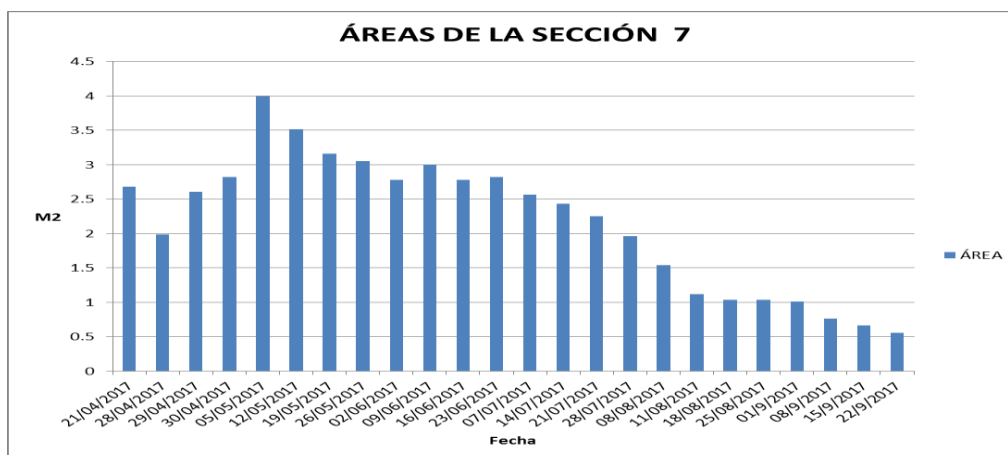
FECHA	ÁREAS EN M2 CALCULADAS EN AUTOCAD							
	SECCIÓN							
	7	6	5	4	3	2	1	0
21/04/2017	2.68	2.07	2.45	1.75	2.27	3.1	4.47	3.51
28/04/2017	1.98	1.81	1.97	2.2	1.48	2.25	3.28	2.25
29/04/2017	2.6	1.86	2.2	1.44	1.31	2.02	3.07	1.94
30/04/2017	2.82	1.88	1.85	2.26	1.76	2.13	3.99	2.93
05/05/2017	3.99	4	4.57	3.2	3.32	3.68	6.09	7.77
12/05/2017	3.51	2.36	3.36	2.81	2.77	2.39	4.85	3.66
19/05/2017	3.16	3.36	3.31	2.92	3.26	2.29	4.71	3.89
26/05/2017	3.05	2.94	3.12	2.7	3.43	2.51	4.53	3.26
02/06/2017	2.78	3.18	2.89	2.81	3.46	2.38	3.87	3.05
09/06/2017	3	2.84	2.82	2.77	3.55	2.75	3.97	3.01
16/06/2017	2.78	2.56	2.49	2.29	3.43	3.4	3.76	3.43
23/06/2017	2.82	2.3	2.53	2.18	3.3	3.32	3.31	3.17
07/07/2017	2.56	2.25	2.51	2.09	3.14	3.11	3.25	2.93
14/07/2017	2.43	1.88	2.47	2.2	2.89	2.8	3.29	2.77
21/07/2017	2.25	2.02	2.49	2.08	2.74	2.57	3.2	2.57
28/07/2017	1.96	1.82	2.57	2.2	2.52	2.34	2.68	2.32
08/08/2017	1.54	2.05	2.7	2.1	2.27	2.1	2.23	2.09
11/08/2017	1.12	1.41	1.53	1.4	1.95	1.7	2.06	2.38
18/08/2017	1.03	1.35	1.48	1.36	1.74	1.63	2.06	2.37
25/08/2017	1.03	1.27	1.25	1.11	1.36	1.53	1.92	2
01/9/2017	1.01	1.19	1.06	1.03	1.08	1.14	1.68	1.67
08/9/2017	0.76	1.01	0.94	0.86	1.02	1.03	1.16	1.37
15/9/2017	0.66	0.91	0.96	0.78	0.9	0.87	1.09	1.06
22/9/2017	0.55	0.9	0.73	0.65	0.78	0.79	0.93	1.08

NOTA: Resultados de los cálculos de áreas de las secciones transversales obtenidos en AutoCAD, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Según la tabla 5, Se obtuvieron un total de 192 datos de área procesando la información recolectada en campo, entre los cuales se logró determinar un gran cambio en el transcurso del tiempo y en diferentes épocas de Invierno y Sequía (Figura 9) que abarcaron el periodo en el que se llevó a cabo la obtención de la información primaria.

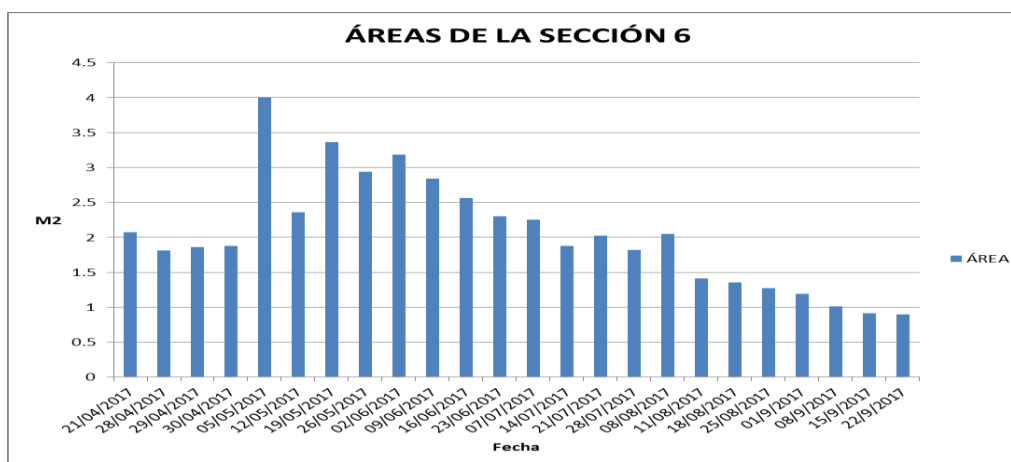


Figura 9. Zona de estudio en época de sequía, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.



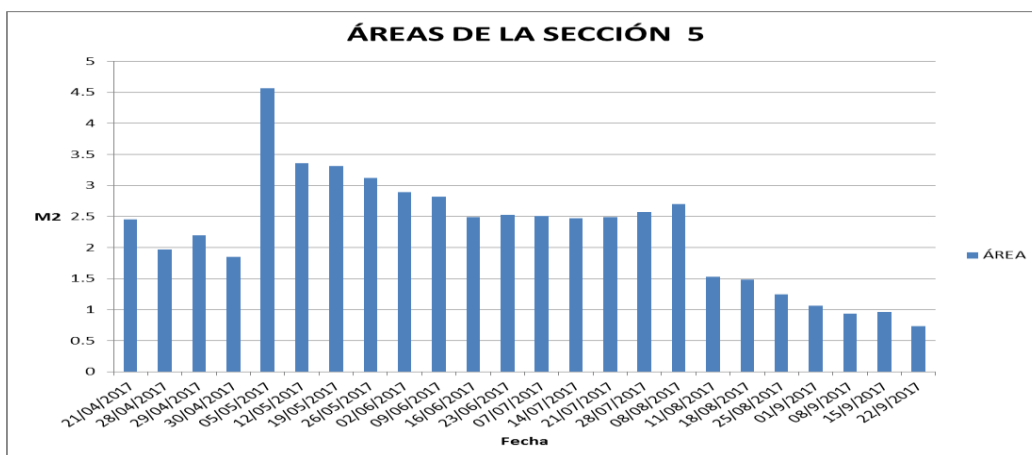
Gráfica 1. Áreas sección 7, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

En la gráfica 1 se puede observar un área máxima el día 05 de Mayo del 2017 debido al aumento de precipitaciones que se presentaron en ese día y su comportamiento en el transcurso de tiempo va sujeto a las precipitaciones presentadas en la cuenca.



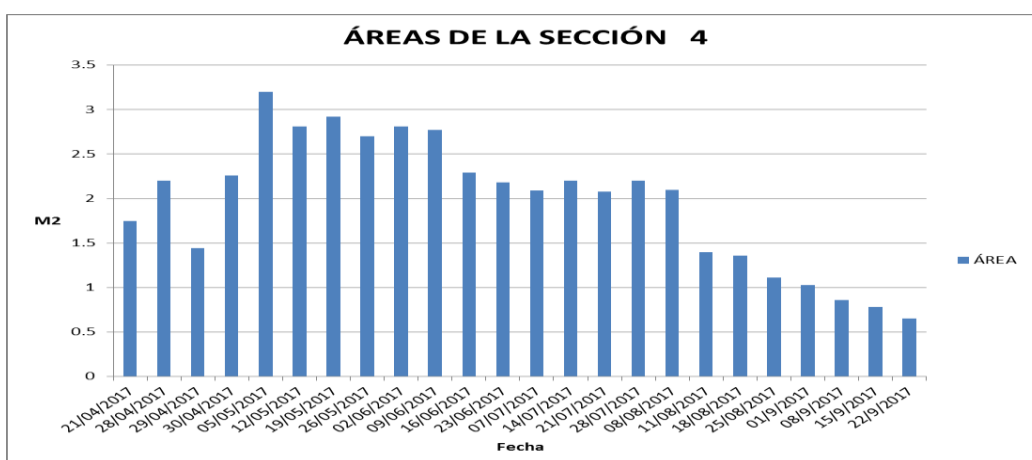
Gráfica 2. Áreas sección 6, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Según la gráfica 2, el área mínima se encuentra por debajo de 1 m^2 y se ve representada al final del muestreo, al igual desde el 21 de Julio su área empieza a descender gradualmente con excepción del área del 08 de Agosto que aumente en $0,68 \text{ m}^2$.



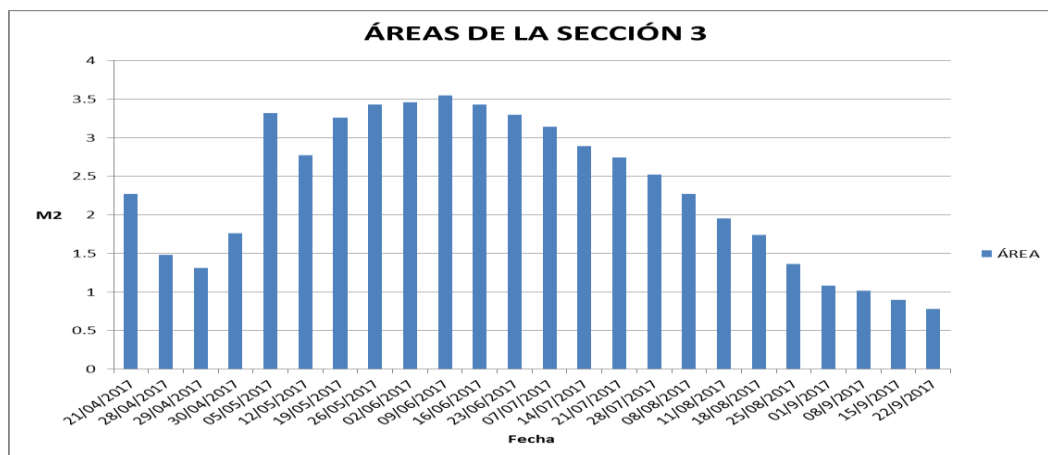
Gráfica 3. Áreas sección 5, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

El 05 de Mayo de la gráfica 3, presenta su máxima área alcanzado más del doble con una diferencia de $2,72 \text{ m}^2$ con respecto a la anterior, su área se mantiene casi estable durante un poco más de un mes desde el 16 de Junio hasta el 21 de Julio variando en un intervalo aproximado de $0,4 \text{ m}^2$.



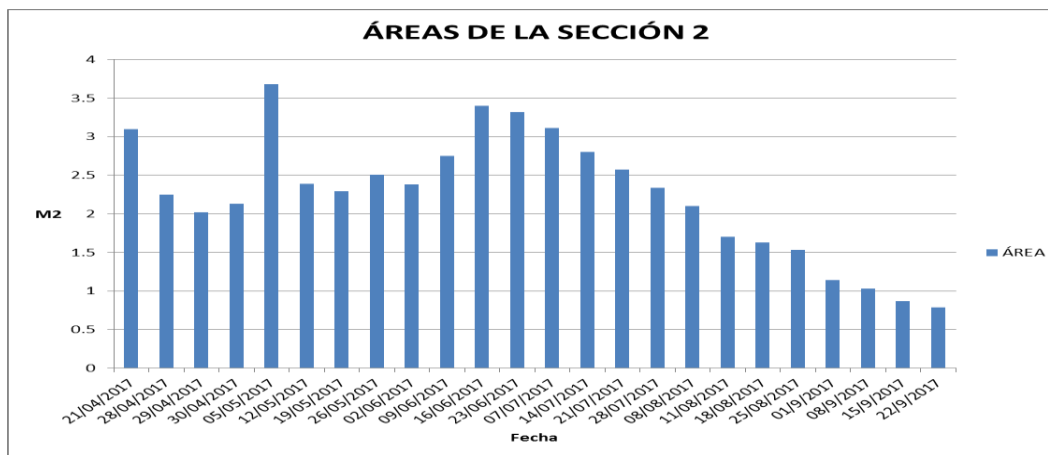
Gráfica 4. Áreas sección 4, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

En la gráfica 4 se muestra la sección que presentó una cantidad menor de área con respecto al resto de secciones transversales, esto se pudo observar en campo debido a su escasa profundidad y longitud. Inicia con un área de $1,75 \text{ m}^2$ cuando el áreas mínima no bajan de 0.6 m^2 y su área máxima no supera los $3,2 \text{ m}^2$.



Gráfica 5. Áreas sección 3, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

El comportamiento normal con respecto a las áreas de la sección reflejada en la gráfica 5 se ve representado en forma de una onda senoidal a excepción del 05 de Mayo cuando se presentaron fuertes precipitaciones que aumentó, llegando casi al valor máximo de área, el cual se encuentra en el día 09 de Junio siendo resaltado ante las demás secciones, ya que el valor máximo del resto se encuentra el 05 de Mayo.

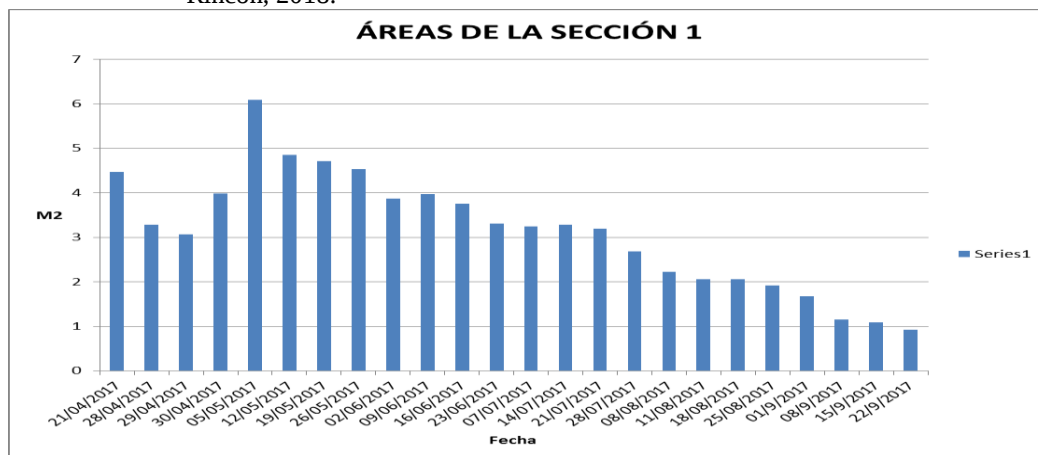


Gráfica 6. Áreas sección 2, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

A pesar de su corta longitud, la sección de la gráfica 6 presentaba por lo general mayor profundidad con respecto al resto de secciones y esto se debe a que a un costado de ella se veía afectado el cauce natural con la construcción de gaviones (Figura 10), lo que ocasionaba un aumento en la velocidad del flujo en esa área y por ende un mayor caudal.

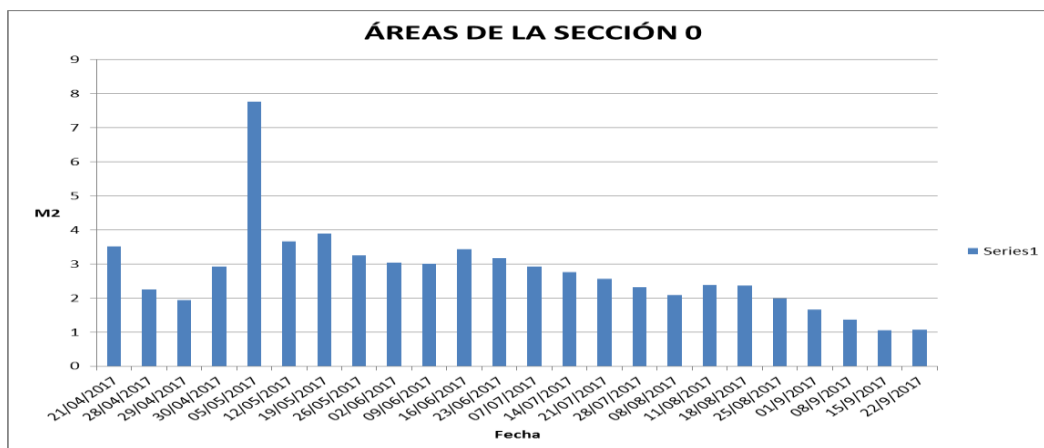


Figura 10. Gaviones en la sección 2, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.



Gráfica 7. Áreas sección 1, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

En la sección de la gráfica 7, observamos que su área mínima se encuentra por debajo de 1 m² y que al igual que el resto de secciones, esta área se ve presentada al finalizar el muestreo ya que en los datos y en los comportamientos de las precipitaciones se ve reflejado que este estudio se llevó a cabo en época de invierno y finalizó con época de sequía, aunque hayan sido 6 meses esta información en ambas temporadas se resalta para culminar el estudio.



Gráfica 8. Áreas sección 0, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Según la gráfica 8, esta sección llega a presentar un tope máximo de área por encima de los 7 m², siendo esta la mayor presentada en el periodo de recolección de datos con respecto al resto de secciones. Su comportamiento es muy variable viéndose también reflejado en campo al cambiar constantemente su longitud transversal.

8.1.1.3. Determinación de caudales.

Gracias a la información de velocidades obtenidas en campo y la de áreas calculadas, se logra obtener una serie de caudales mediante la fórmula $\text{Área} \times \text{Velocidad}$ obteniendo así resultados en m³/s.

Tabla 6. Resultado de caudales

FECHA	CAUDALES (M3/S)							
	SECCIÓN							
	7	6	5	4	3	2	1	0
21/04/2017	1.38	1.07	1.73	1.03	1.55	1.61	1.40	1.58
28/04/2017	0.73	0.74	0.84	2.69	0.81	0.84	0.71	0.71
29/04/2017	0.83	0.95	1.04	0.84	0.72	0.61	0.68	0.63
30/04/2017	1.09	0.71	1.31	1.36	1.09	0.72	1.00	0.95
05/05/2017	3.15	3.10	4.68	2.42	3.32	3.15	3.52	5.10
12/05/2017	2.14	1.32	2.80	2.63	3.03	1.88	2.01	2.27
19/05/2017	2.29	2.10	2.78	2.81	2.35	1.86	2.25	2.72
26/05/2017	1.67	1.97	2.65	2.09	2.48	2.09	1.81	1.47
02/06/2017	1.28	2.46	2.23	1.78	2.51	1.43	1.96	2.14
09/06/2017	1.55	2.06	2.26	1.79	2.60	1.97	1.76	1.91
16/06/2017	1.42	1.57	1.88	1.40	2.40	2.38	1.64	1.75
23/06/2017	1.50	1.36	1.82	1.17	2.09	2.18	1.43	1.36
07/07/2017	1.41	1.35	1.83	1.10	2.07	2.22	1.38	1.43
14/07/2017	1.46	1.25	1.63	1.17	1.78	1.92	1.53	1.26
21/07/2017	1.48	1.41	1.36	1.09	1.58	1.62	1.35	1.14
28/07/2017	1.18	1.37	1.25	1.21	1.26	1.40	1.00	0.93
08/08/2017	0.87	1.87	1.23	1.24	1.10	1.11	0.84	0.81
11/08/2017	0.65	1.11	0.63	0.84	0.82	0.82	0.74	0.83
18/08/2017	0.67	1.05	0.62	0.78	0.80	0.84	0.69	0.83
25/08/2017	0.60	0.86	0.47	0.61	0.53	0.61	0.71	0.69
01/9/2017	0.52	0.62	0.35	0.46	0.39	0.41	0.59	0.46
08/9/2017	0.30	0.44	0.26	0.34	0.32	0.25	0.34	0.35
15/9/2017	0.18	0.31	0.26	0.22	0.29	0.26	0.24	0.27
22/9/2017	0.10	0.29	0.19	0.21	0.27	0.20	0.22	0.27

NOTA: Caudales obtenidos en cada sección del cauce de estudio a partir de las fechas establecidas para el muestreo, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Los caudales durante el periodo de recolección de datos no superaron los 6 m³/s, teniendo los mayores caudales el 05 de Mayo con un máximo de 5,1 m³/s en el punto inicial de las secciones (Tabla 6). El resto de secciones ese día obtuvieron el caudal máximo del periodo de muestreo a excepción de la sección 4 que aunque obtuvo un caudal relativamente alto, no fue el máximo durante todo el proceso debido a su corta longitud y profundidades bajas. Así mismo este punto presenta una peculiaridad el 28 de abril ya que presentó un caudal máximo en ese día con respecto al resto de secciones, analizando los datos de áreas y velocidades se tiene que ese día aunque esta sección presentó un área normal, su velocidad promedio llegó hasta a triplicar datos de velocidades de las otras secciones. Llegando así a analizar su geomorfología se tiene que esta sección que queda antes de la sección 5 mirando hacia aguas arriba, se ubica en un meandro que forma el cauce donde probablemente ese día por cuestiones sedimentarias provocara aumento de velocidades para esa sección.

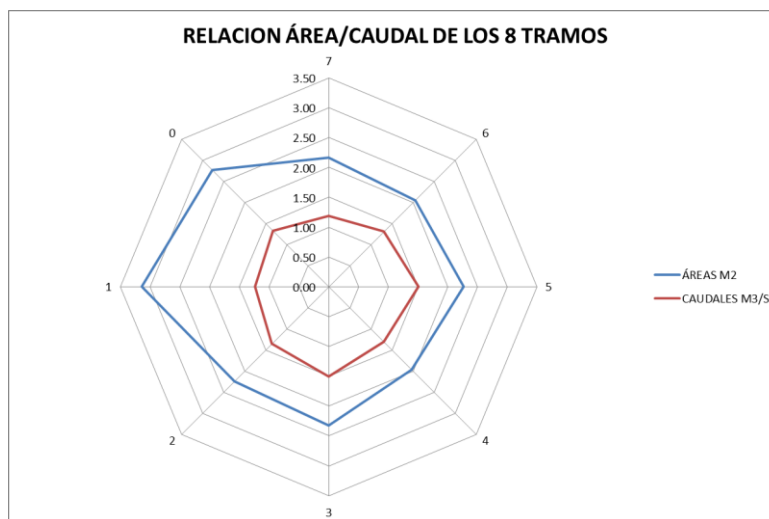
8.1.1.4. Relación área/caudal.

Tabla 7. Relación área- caudal

SECCIÓN	AREA (M2)	CAUDAL (M3/S)
7	2.17	1.19
6	2.05	1.31
5	2.26	1.50
4	1.97	1.30
3	2.32	1.51
2	2.24	1.35
1	3.14	1.24
0	2.77	1.33

NOTA: Relación entre los resultados promedios de áreas y caudales en cada sección, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Se promedian las áreas y caudales respectivos de cada sección para obtener así los datos dados en la tabla 7 y poder realizar un debido análisis de la relación que tienen las variables de área y caudal.



Gráfica 9. Relación de áreas y caudales de los tramos de estudio, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Según la gráfica 9, se puede determinar que a mayor área la velocidad va a ser menor y por ende al multiplicarse ésta con el área, su caudal resultará bajo. La primera característica se presenta en la sección 1 donde tiene un área de 3,14 m² superando este promedio al resto de secciones pero su caudal se encuentra entre los más bajos con 1,24 m³/s, la segunda característica se denota en la sección 4 donde presenta el área más baja con respecto a las otras secciones pero su caudal se encuentra entre el promedio inclusive superando caudales de áreas mayores.

8.1.2. Relación de precipitaciones.

Para este estudio se tuvieron en cuenta 3 estaciones meteorológicas con su respectiva información de precipitaciones dada en mm y así poder determinar la estación más influyente al realizar el respectivo análisis. Las estaciones escogidas fueron la del SENA, Unillanos y Acacias ya que estas formaban una triangulación a la zona de estudio brindando así unos datos más confiables.

La información de las 3 estaciones mencionadas fueron solicitadas al IDEAM para los meses del periodo de estudio y posteriormente se solicita la información de la estación que presenta mayor influencia para la realización de los hietogramas necesarios para la respectiva modelación. (Ver Anexo 4).

Tabla 8. Datos de estaciones meteorológicas

ID	ESTACIÓN	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	ALTITUD	UTM_X	UTM_Y	CORRIENTE	Ene
1	35010020	Acacias	Acacias	Meta	525	638771	440390	Acacias	114
2	35030030	SENA	Villavicencio	Meta	425	651700	455153	Guatiquía	80.9
3	35035070	Unillanos	Villavicencio	Meta	340	659112	449638	Guatiquía	50.8

Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
77	313	319	662	517	246	222	252	469	383
90.4	381.4	324.8	706.4	537.5	381.5	308.6	243.7	520.4	542.7
85.6	292.8	256.8	598.2	427.1	259.5	223	167.8	350.3	346.4

NOTA: Información de precipitaciones (mm) para las estaciones meteorológicas de Acacias, SENA y Unillanos, solicitado de (IDEAM, 2017).

Dados los datos de la tabla 8 como precipitaciones en mm, se tienen en cuenta los meses de abril a septiembre; periodo en el cual se realizó el respectivo estudio y se concluye que en las 3 estaciones se obtienen la máxima precipitación en el mes de mayo a partir del cual empiezan a disminuir periódicamente, así mismo en los datos obtenidos en el estudio se tiene que los caudales obtenidos en ese mes también son los máximos que se presentan relacionándose directamente dependiendo si las precipitaciones fueron directamente en la zona de estudio o aguas arriba. Al igual hay que recalcar que los vertimientos también son un factor elemental al momento del aumento de los caudales pero en la zona de estudio no se presentaban vertimientos relevantes ya que solo había vertimientos mínimos de aguas residuales provenientes directamente de las casas aledañas. Los caudales mínimos se presentaban en el mes de septiembre lo que también conlleva a relacionarse con las precipitaciones ya que en este mes se presentaban de forma escasa.

Al tener estos datos con las ubicaciones de cada estación se procede a realizar un proceso en ArcGIS en el cual se genera la cuenca de Caño Grande y por medio de los Polígonos de Thiessen se determina la estación con mayor influencia en la cuenca (Figura 11).

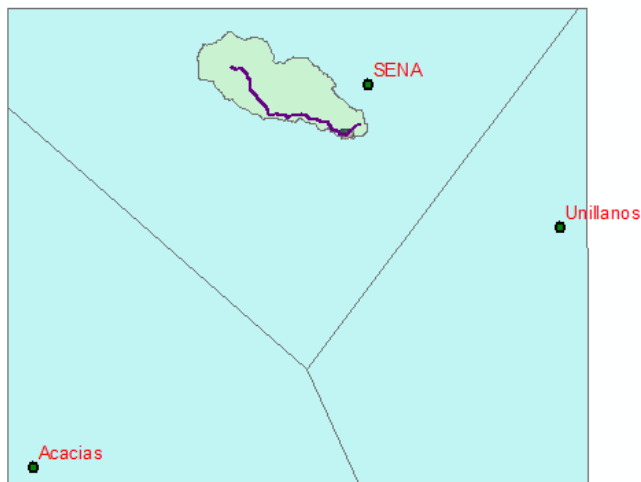


Figura 11. Polígonos de Thiessen en la cuenca, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

A base de esto se determina que la estación con mayor influencia en la cuenca es la del SENA, ya que cubre la mayor parte de esta y alcanza a tomar el inicio el Caño Grande con su respectiva desembocadura para así llevar a cabo el procedimiento en el cual se hallan los hietogramas los cuales suministraremos como insumo al programa Hec-HMS. Para ellos se inició otra solicitud al IDEAM pero esta vez especificando la estación SENA como fuente principal de datos históricos hasta de 30 años. (Ver Anexo 5)

8.1.3. Geometría del terreno.

8.1.3.1. Análisis y levantamiento topográfico.

Para poder analizar el terreno digitalmente se hizo uso de un DEM (Modelo Digital de Elevación) que cubriera la zona de estudio para lo cual se ingresó a información geoespacial por la página web de UAF (Alaska Satellite Facility) en el cual se accedió al satélite Alos Palsar para descargar el DEM, aunque esto ocasiono un inconveniente en el proyecto debido a que los archivos de elevación digital que proporciona dicho satélite nos brinda una información con un tamaño de

celda de 12,5m x 12,5m, ya que el área de estudio se encuentra en un terreno prácticamente plano por sus escasos cambios de altitud este tipo de archivo era erróneo para poder procesar la información (Figura 12). Lo mínimo para poder obtener unos resultados confiables en ese tipo de terreno es un DEM con un tamaño de celda de 2,5m x 2,5m.

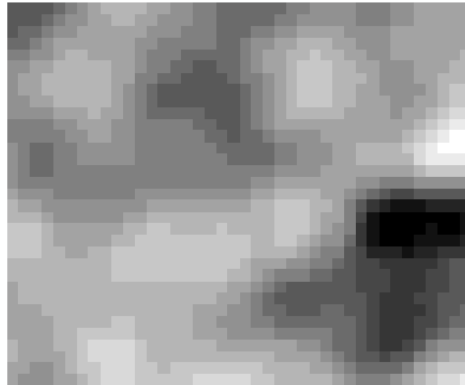


Figura 12. DEM erróneo de la zona de estudio, tomado de (Alaska Satellite Facility, 2010) .

Este tipo archivos por ser tan detallados no se obtienen de forma libre así que se procedió a solicitar información al IGAC para lo cual se obtuvieron archivos de curvas de nivel con cotas de 2m para zonas planas y de 25 m para terreno montañosos (Figura 13).

Curvas de Nivel de Villavicencio- Meta

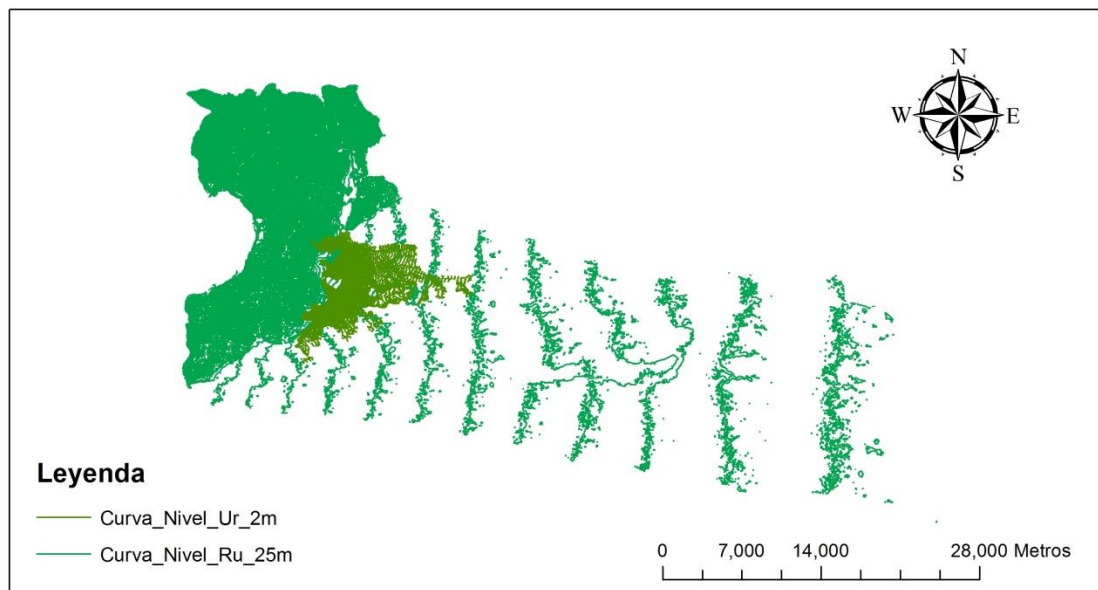


Figura 13. Curvas de Nivel de Villavicencio, solicitado de (IGAC, 2017).

Posterior mente se procedió a realizar un recorte para la zona de estudio y así mismo a base de estas curvas crear un archivo TIN (Redes Irregulares de Triángulos) (Figura 14), para poder obtener a base de este un archivo DEM desde el programa ArcGIS.

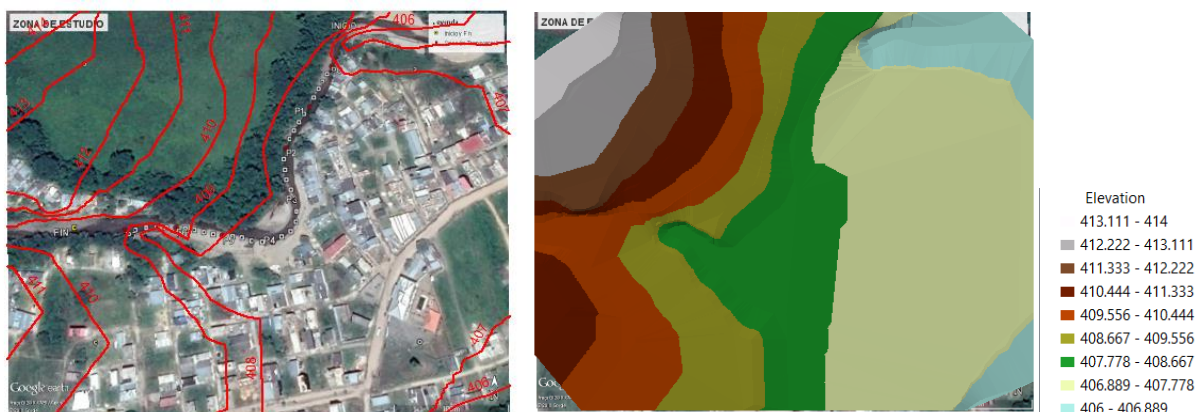


Figura 14. Curvas de nivel a 1m y archivo TIN de la zona de estudio, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Al crear el DEM se estableció un tamaño de celda de 1x1 para que la información necesaria fuera más específica.

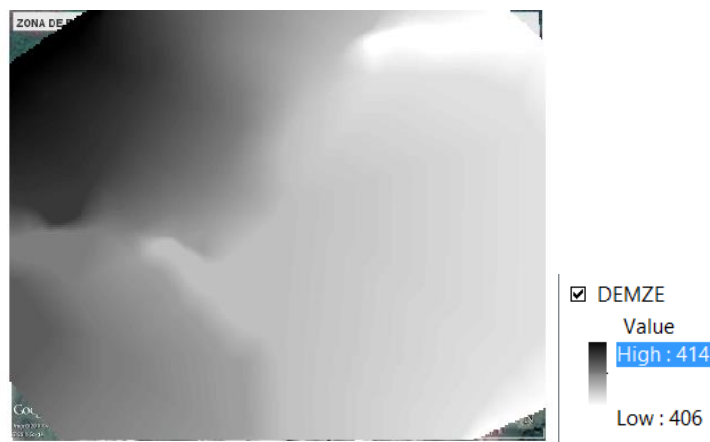


Figura 15. DEM de la zona de estudio, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Al analizar este archivo DEM (Figura 15), se obtienen resultados favorables para el análisis del terreno pero aun así los datos topográficos de la cuenca siguen sin estar detallados y por lo

tanto los resultados pueden tener un margen de error demasiado alto, por lo tanto se procede a ir a campo y realizar un respectivo levantamiento topográfico.

Los materiales necesarios para realizar este levantamiento fueron proporcionados por la Universidad Santo Tomas, entre los cuales estaban una mira topográfica y un GPS. En campo se realizaron mediciones cada 10m por la longitud del cauce desde la sección transversal 0 hasta la sección 7 y en cada punto de estos se tomaban mediciones hacia las partes laterales del cauce cada 2m georreferenciando primero el punto inicial con el GPS y con ayuda de una cuerda respectivamente nivelada se iba tomando los datos de altura con la mira topográfica teniendo en cuenta la altura que había del suelo a la cuerda referenciada para luego hacer la corrección de datos restando esta altura a los datos obtenidos (Ver Anexo 6), una vez levantados estos datos se procedió a digitalizarlos por medio de ArcGIS (Figura 16).



Figura 16. Puntos topográficos digitalizados, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Al realizar esto se hizo una combinación de los puntos tomados junto con las curvas de nivel de la zona de estudio, mediante la creación de un nuevo TIN que permitiera observar más detalladamente la geomorfología de la cuenca y posteriormente procesar un archivo DEM con la nueva información (Figura 17).

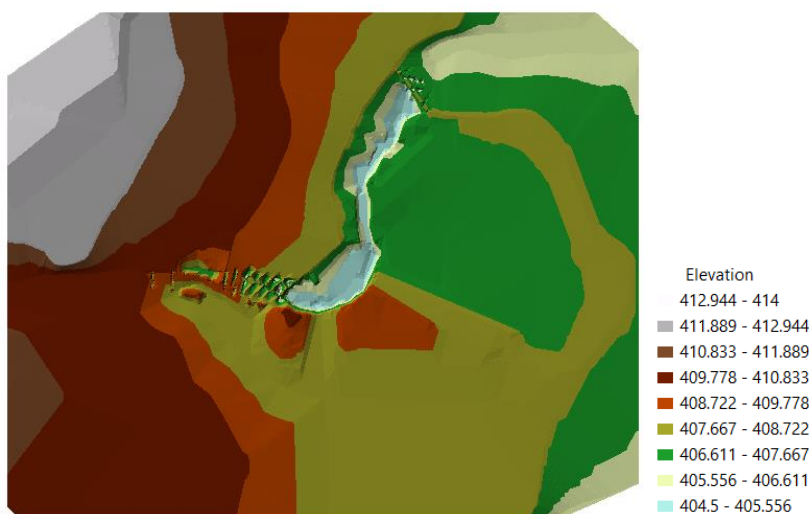


Figura 17. Archivo TIN con topografía de la zona de estudio, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

8.2. II Parte. Procesamiento de la Información

8.2.1. Ejecución de ARC-GIS y HEC-GeoRAS.

8.2.1.1. *Parámetros de Hec-GeoRAS para la cuenca.*

Para continuar con proceso de determinación de la geometría de la zona de estudio se activa la herramienta Hec-GeoRAS siendo esta un componente del software Hec-RAS, en la cual se ejecutan diversas tareas como lo son la delimitación de Caño Grande, la delimitación de las orillas siendo estas el alcance de la fuente hídrica, la ubicación de las respectivas secciones transversales y por último la delimitación hasta donde posiblemente podría llegar a haber la inundación, para este último se usó el archivo TIN y dependiendo de las áreas bajas de la zona se iba marcando dicho límite (Figura 18).

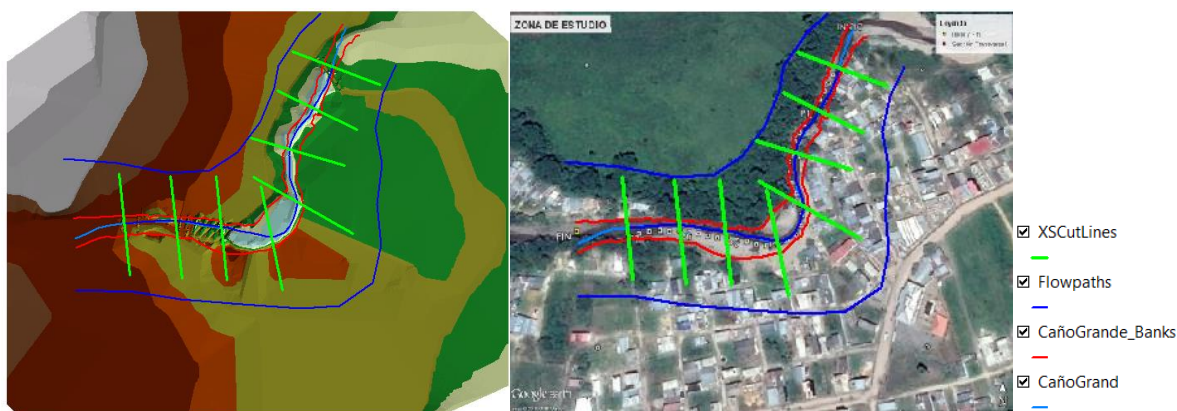


Figura 18. Ejecución de datos en Hec-GeoRAS, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Una vez realizado esto la herramienta Hec-GeoRAS tiene la opción de agregarle a estos elementos información que los permita ver en 3D con base al TIN en el que se está trabajando. Al tener estos resultados se procede a Exportar esta información utilizando la opción Export GIS Data (Figura 19).

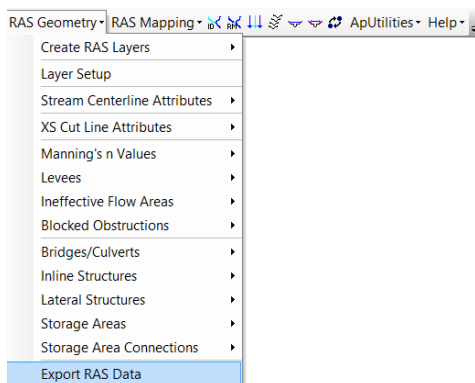


Figura 19. Herramienta Hec-GeoRAS, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

8.2.2. Ejecución de HEC-HMS.

Este programa nos permite estimar caudales máximos del cauce en un punto seleccionado, pero para ello se necesitan algunos insumos como lo son el área de la cuenca en km^2 , el número de curva, el tiempo de concentración, el tiempo de retardo y los hietogramas con los datos de la estación meteorológica ya establecidas (Ver Anexo 5).

8.2.2.1. Delimitación de la cuenca.

En la determinación del área de la cuenca se utilizó ArcGIS, para así por medio del DEM generado de Villavicencio poder establecer mediante herramientas de parámetros hidrográficos como Flow Direction y Flow Accumulation, las cotas más altas de la cuenca y así mismo se pudiera delimitar con sus respectivas fuentes hídricas primarias y secundarias (Figura 20).

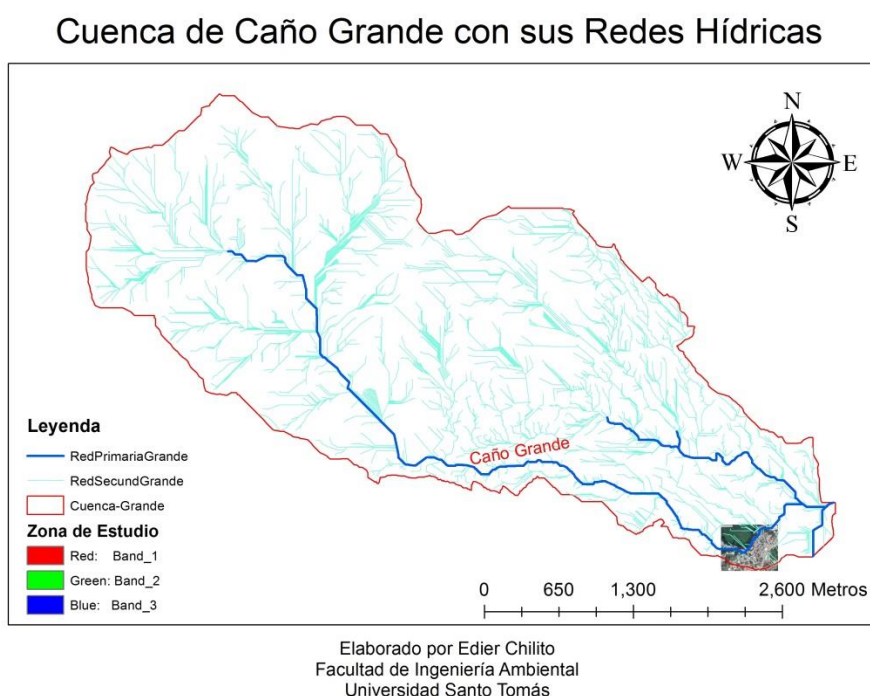


Figura 20. Delimitación de la cuenca de Caño Grande con sus redes hídricas, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Llegando a calcular el área de la misma en hectáreas, mediante la opción Field Calculator en la tabla de atributos del shapefile de la cuenca (Figura 21).

Table				
Cuenca-Grande				
FID	Shape *	ID	GRIDCODE	Area Ha
0	Polygon	12273	2706	1363.063261

(0 out of 1 Selected)

Figura 21. Área total de la cuenca de Caño Grande, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Convertimos de Hectáreas a Km² de la siguiente manera:

$$(1363.063261 \text{ Ha}) (0.01 \text{ Km}^2 / 1 \text{ Ha}) = \mathbf{13.63 \text{ Km}^2}$$

Este resultado se suministra como insumo en el software HEC-HMS.

8.2.2.2. Número de curva.

El número de curva representa la escorrentía que en este caso se llevó en la cuenca de Caño Grande, se utilizó la figura 5 estableciendo que el tipo de suelo de la zona se encuentra entre los establecidos en el grupo C, estos señalan suelos de margas arcillosas, margas arenosas poca profundas, con bajo contenido orgánico y con altos contenidos de arcilla. En la cuenca de estudio predominan estos suelos y se pudo observar en campo algunas de estas características.

Una vez sabiendo esto, mediante el uso de Google Earth Pro y ayuda de archivos KMZ se delimitan los ítems establecidos en la tabla 2 (Figura 22), para así convertirlos en shapefiles y poder hallar el área de cada uno, entre los cuales tenemos pastizales, bosques, vegas de ríos, áreas abiertas, áreas comerciales, industrias, residencias y carreteras.

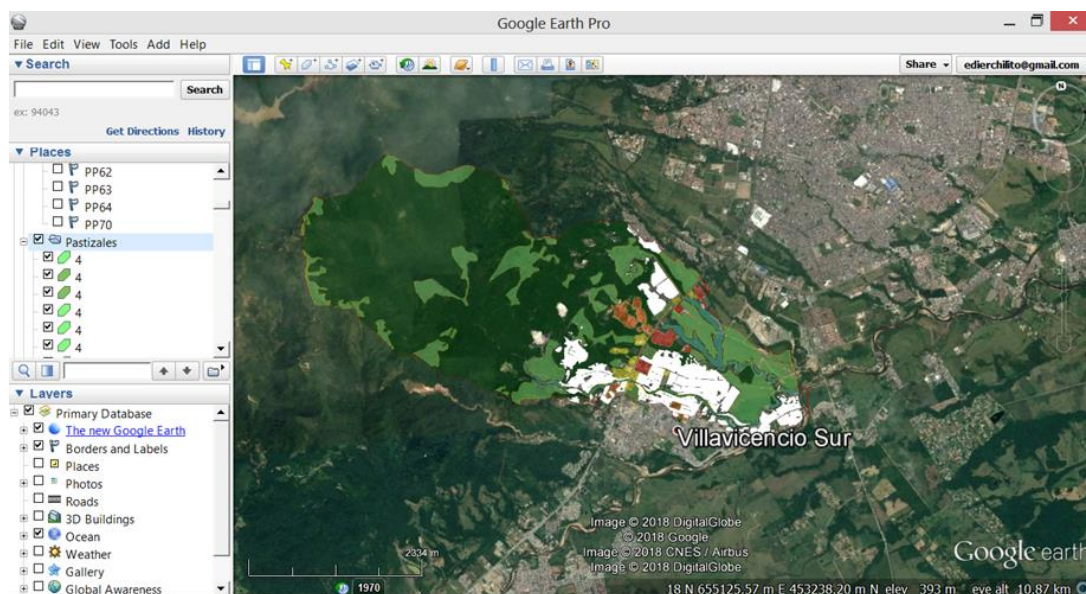
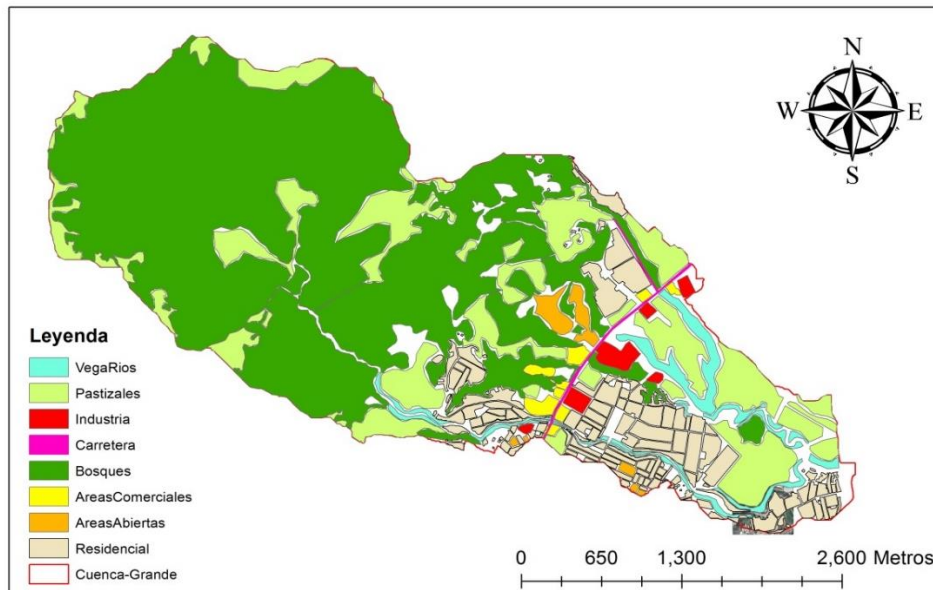


Figura 22. Digitalización de polígonos en Google Earth, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Mediante el software ARC-GIS se procedió a convertir los archivos KMZ a Shapefile, de esta manera se obtuvo el siguiente mapa (Figura 23).

ELEMENTOS PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE CURVA DE LA CUENCA DE CAÑO GRANDE



Elaborado por Edier Chilito
Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Santo Tomás

Figura 23. Elementos requeridos por los números de curva, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

En la tabla de atributos y mediante la opción Field Calculador, se procedió a hallar el área de cada elemento establecido en Ha para así multiplicarlo por el número de curva establecido para el grupo C de la tabla 2. La sumatoria de estos números de curva se divide por el área total de la cuenca, obteniendo así los siguientes resultados (Tabla 9).

Tabla 9. Cálculo del número de curva de la cuenca

ELEMENTOS	AREA Ha	NUMERO DE CURVA GRUPO C	NC*AREA
Bosques	753.858739	74	55785.5467
Pastizajes	276.936964	71	19662.5244
Vega de Rio	98.34229	70	6883.9603
Areas Comerciales	11.86989	79	937.72131
Areas Abiertas	53.314065	94	5011.52211
Industria	16.723826	91	1521.86817
Residencia	126.506749	79	9994.03317
Carretera	25.510739	98	2500.05242
	1363.063262		102297.229

NOTA: Cálculo de números de curva por elementos para hallar el de la cuenca, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

102297.229 Ha / 1363.063262 Ha =

NC CUENCA

75.04950933

En estos cálculos (Tabla 9), se encontró que los bosques cubren la mayor parte de la cuenca seguido por los pastizajes lo que ayuda a tener una mayor infiltración del agua de escorrentía hacia el suelo y por ende el numero asignado se será menor, a diferencia de las carreteras e industrias que tienen un numero de curva alto debido a su poca permeabilidad.

Se procedió a hallar el tiempo de concentración siendo este el tiempo necesario para que el caudal se estabilice, en el cual se suministra la longitud del caño en la cuenca y la diferencia de cotas del mismo (Figura 24), esto se halló por medio de ARC-GIS.

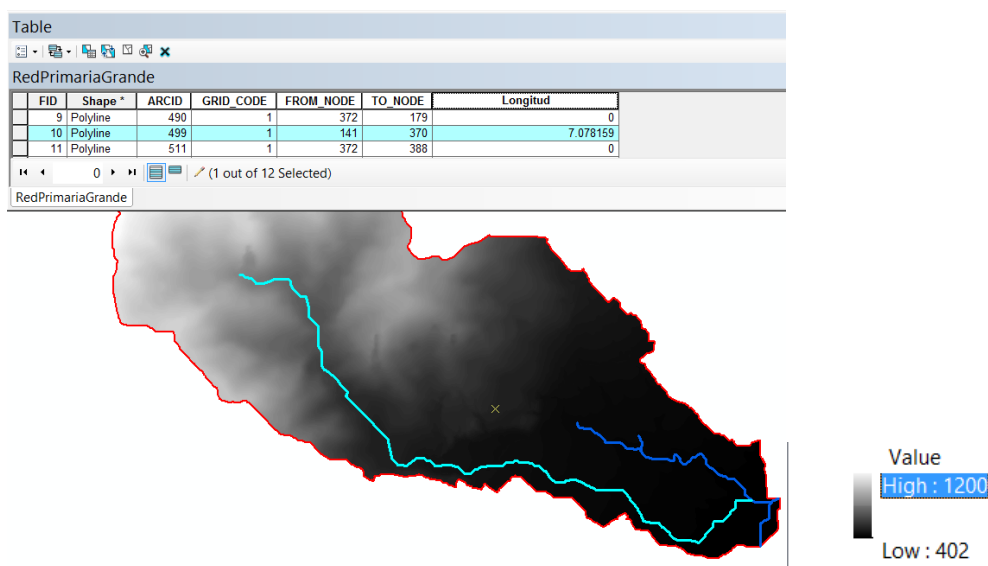


Figura 24. Longitud de Caño Grande en la cuenca, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

A base de la figura 24 se tiene lo siguiente:

$$(7.078159 \text{ Km}) (1000 \text{ m} / 1\text{Km}) = \mathbf{7078.159 \text{ m}}$$

$$1200 \text{ m} - 402 \text{ m} = \mathbf{798 \text{ m}}$$

$$T_c = 0.0195 \left((7078.159 \text{ m})^3 / (798 \text{ m}) \right)^{0.385} = \mathbf{41.63 \text{ min}}$$

Posterior a eso se halla el tiempo de retardo:

$$T_r = (0.6) * (41.63) = 24.98 \approx \mathbf{25 \text{ min}}$$

8.2.2.3. Hietograma.

Para establecer los hietogramas se tuvieron que realizar previamente las curvas IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia) de la estación SENA donde se solicitaron datos hasta de 30 años (Ver Anexo 5) y se procedió a realizar los respectivos cálculos con intervalos de tiempo de 5 minutos obteniendo así resultados con periodos de retornos hasta de 100 años, de lo cual generó lo siguiente (Ver Anexo 7).

M - promedio del valor máximo anual de precipitación diaria (mm)	133.43	T_1	5
N - número de días con lluvia al año	237.29	T_2	10
T - precipitación media anual(mm)	3976.78	T_3	25
		T_4	50
		T_5	100

Figura 25. Cálculos de la estación SENA, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

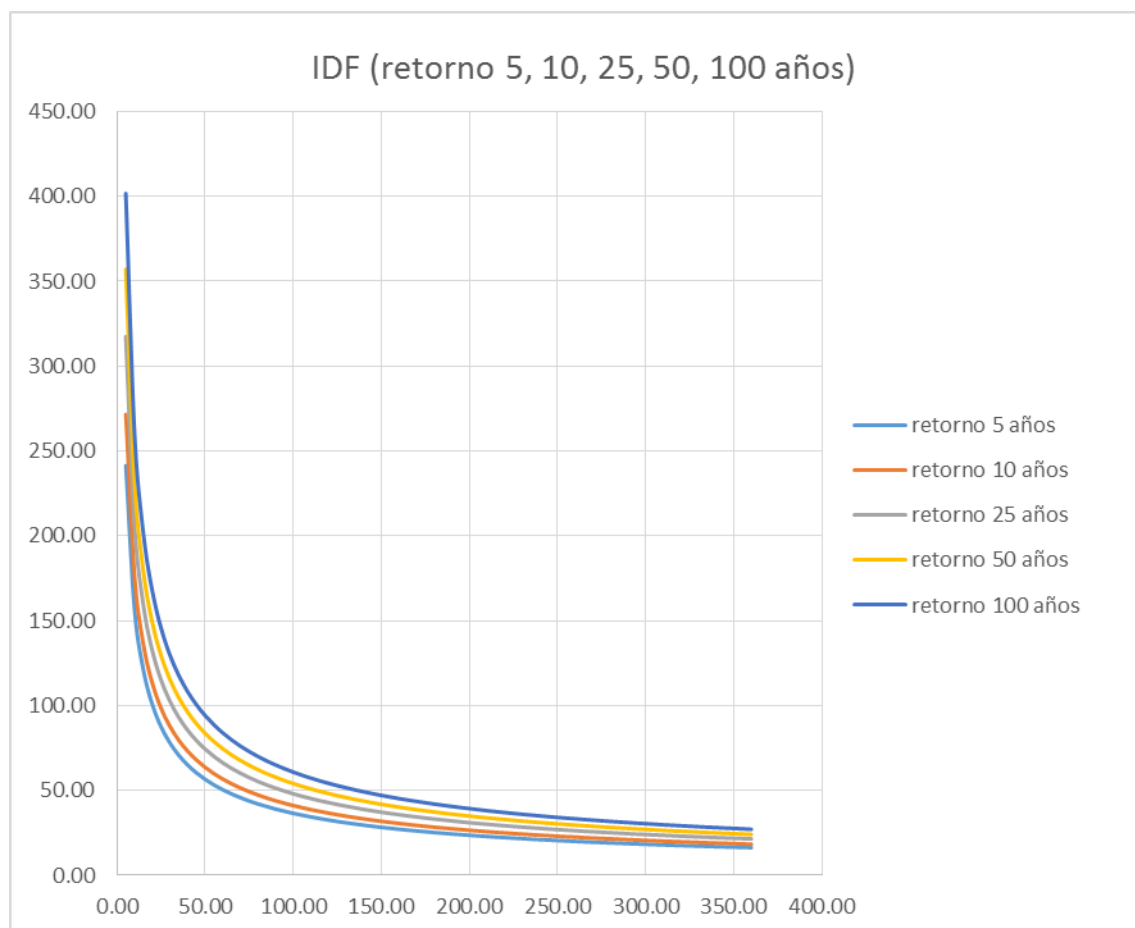


Figura 26. Curvas IDF de la estación SENA, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Una vez determinado las curvas IDF (Figura 26), se generaron los hietogramas mediante el método de bloques alternos en el cual se realizaron tiempos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años (Figura 27) (Ver anexo 8).

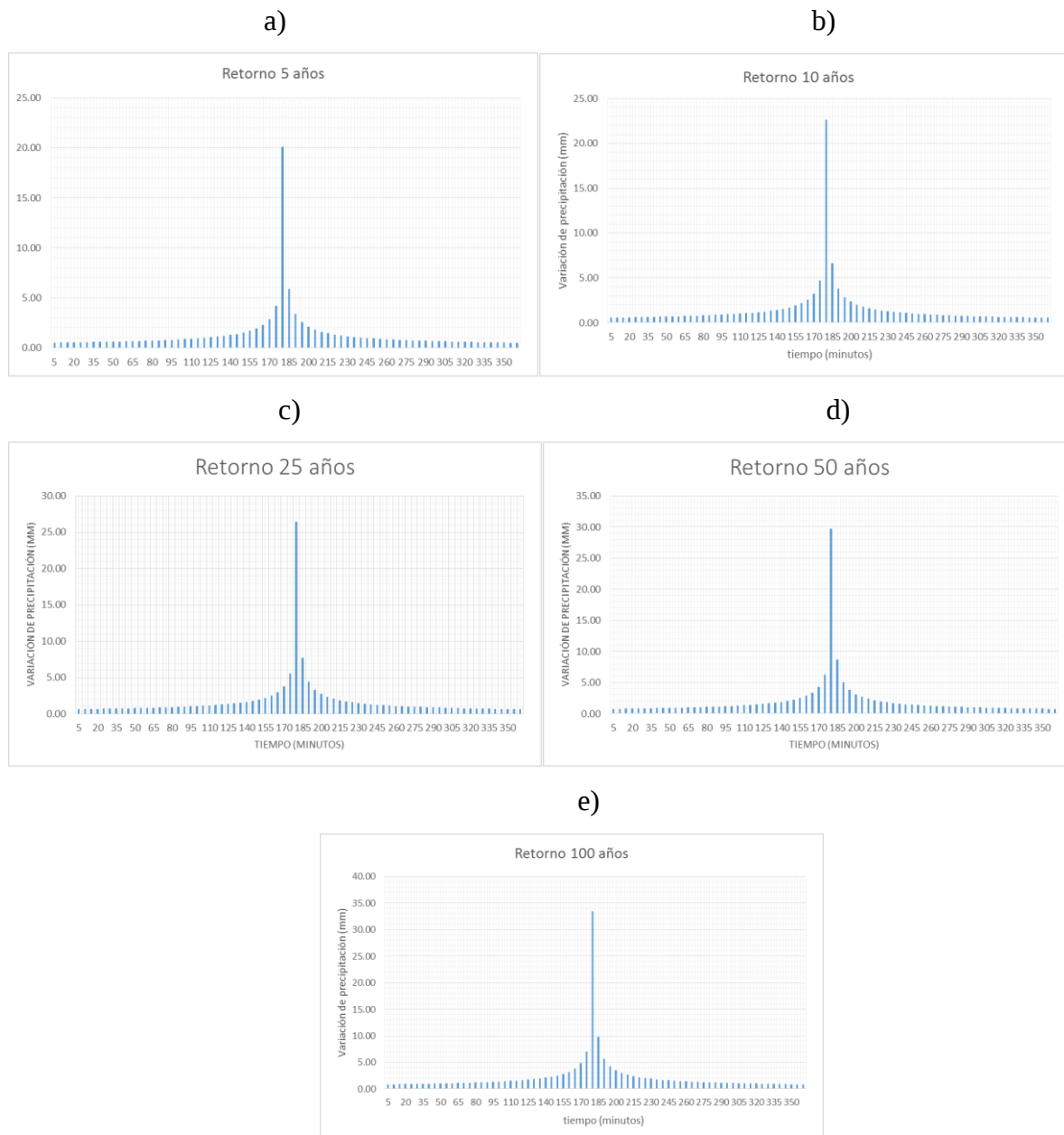


Figura 27. Hietogramas con diversos periodos de retorno para la estación SENA, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Una vez suministrando todos estos datos a los diferentes componentes del programa Hec-HMS (Figura 28), y teniendo en cuenta que los hietogramas que se suministraron para este estudio fueron los de periodo de retorno de 100 años (e), se obtienen los siguientes resultados

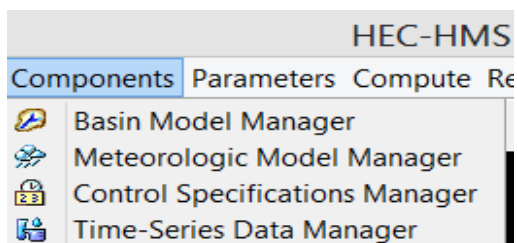


Figura 28. Componentes del software HEC-HMS, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

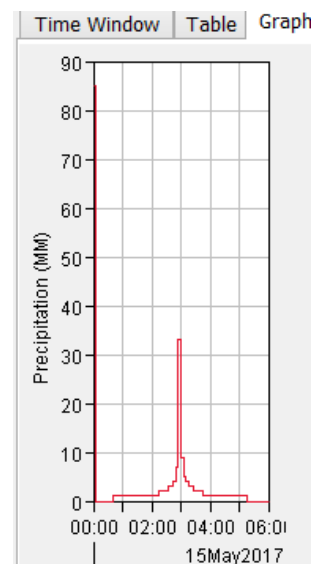


Figura 29. Hietograma suministrado, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

El hietograma con retorno de 100 años presenta un máximo en precipitaciones de 33.47 mm en el día 15 de mayo (Figura 29), siendo estas las mayores precipitaciones generadas en todos los periodos de retorno calculados.

8.2.2.4. Datos obtenidos.

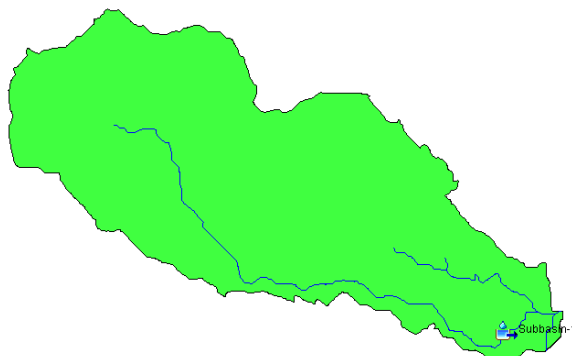


Figura 30. Cuenca de Caño Grande con la zona de control, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

La zona de control establecida es aquella donde se desea hacer el respectivo pronóstico del caudal máximo (Figura 30), en este caso fue puesta en 50 mts después de la última sección transversal aguas abajo, siendo esta la sección 0.

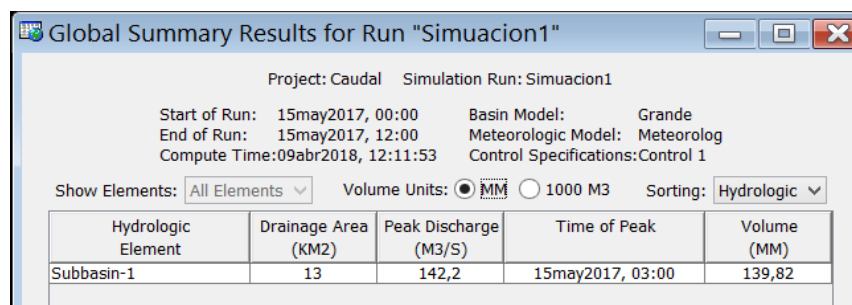


Figura 31. Resumen global de resultados, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

En el resumen de la figura 31 cabe destacar el caudal pico generado con un dato de 142,2 m³/s, la fecha en la que se genera y el volumen en mm que se forma. Este caudal pico es el que se va a interpolar con los datos obtenidos en campo para así poder observar las posibles zonas de inundación.

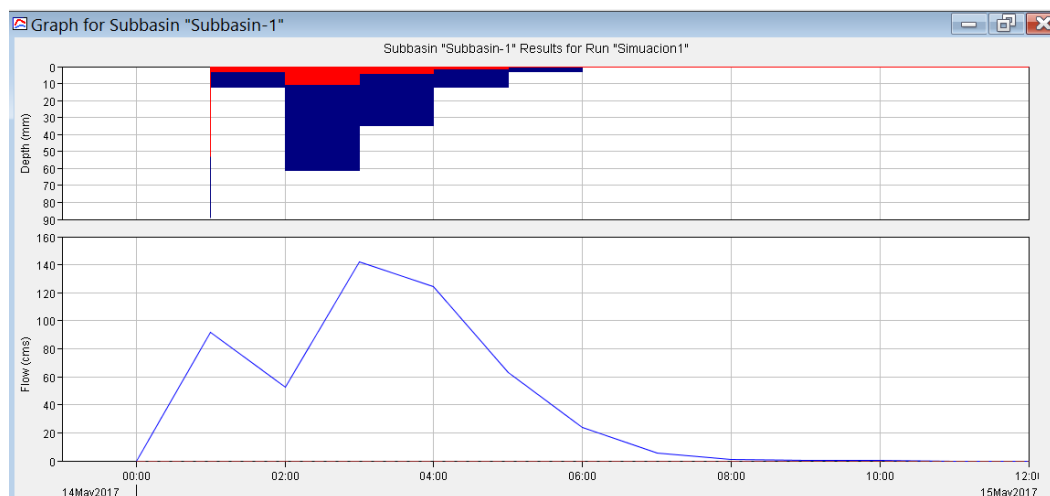


Figura 32. Hidrograma de crecida, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

En la parte inferior se observa el hidrograma de crecida con su máximo punto (Figura 32), generándose este a las 03:00 horas de haber iniciado la lluvia. En la parte superior, la zona roja representa la infiltración que se genera dependiendo del tipo de suelo y la zona azul representa la escorrentía que se da en la cuenca.

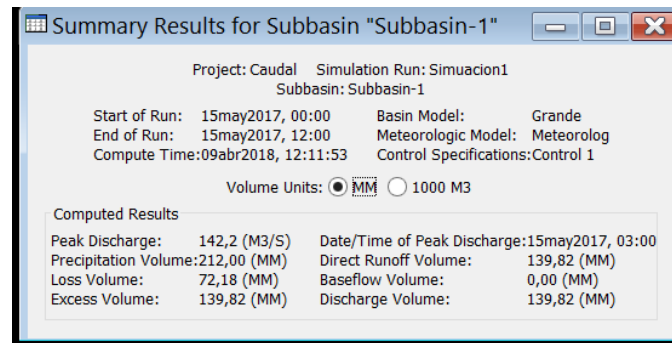


Figura 33. Resultados del punto de control, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

El volumen de precipitaciones que generan el caudal pico alcanzan los 212 mm, siendo este la sumatoria entre el volumen de pérdida 72.18 mm y el volumen de exceso 139.82mm (Figura 33). Finalmente se tiene en cuenta el caudal pico generado para proceder a ejecutar la modelación.

8.2.3. Ejecución de HEC-RAS.

8.2.3.1. Geometría.

Al importar el archivo de geometría generado a Hec-RAS nos muestra los parámetros digitalizados con su respectiva información de cada uno de ellos (Figura 34), teniendo que los puntos rojos en cada sección transversal son las orillas anteriormente digitalizadas.

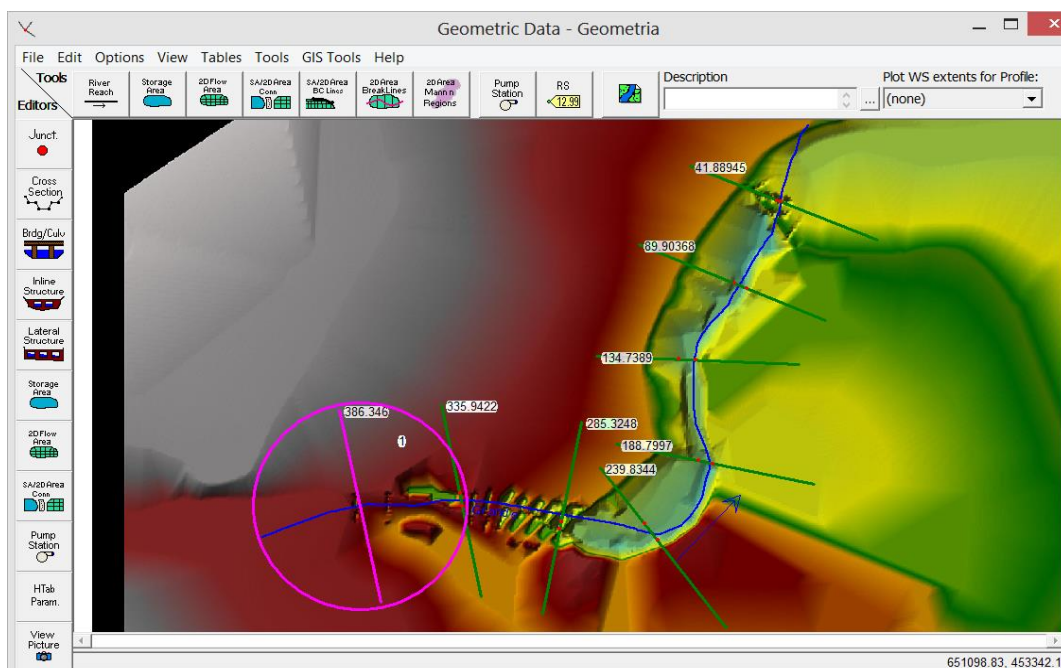


Figura 34. Geometría de la zona de estudio en Hec-RAS, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

En esta ventana (Figura 34) se procedió a establecer el respectivo coeficiente de rugosidad de Manning el cual se determinó de acuerdo a los parámetros establecidos en la Tabla 3. Teniendo así lo siguiente

Tabla 10. Cálculo del coeficiente de Manning

Factor	Descripción	Valor Manning
Material del fondo del cauce	Roca	0.025
Irregularidad del fondo del cauce	Menores	0.005
Cambio de secciones transversales	Gradual	0
Obstrucciones	Ninguno	0
Vegetación del cauce	Baja	0.005
Meandros y trenzas	Menores	0
		0.035

NOTA: Descripción y valor de los factores seleccionados para hallar el coeficiente de Manning, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Se asigna un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.035 (Tabla 10), teniendo en cuenta que el material que se encuentra en el fondo del caño son rocas sedimentarias, así mismo las irregularidades del fondo del cauce se presentan en niveles bajos por ende se selecciona como menores, los cambios de secciones transversales son graduales en la zona de estudio sin obstrucciones en el cauce, con una vegetación baja debido a los asentamientos ribereños y solo se

presenta un meandro significativo entre la sección transversal 4 y 5 de la zona de estudio, por esta razón se seleccionan como menores.

8.2.3.2. Datos del flujo.

En este punto de Hec-RAS se procede a digitalizar los datos obtenidos en cuanto a los caudales de los 6 meses en la recolección de datos, pero antes se debe establecer en la sección 0 la última estación aguas abajo el nivel de pendiente que tiene el cauce en la zona de estudio (Figura 35).

$$(410-404.5) / 436.79 = 0.01259 \approx \mathbf{0.0126}$$

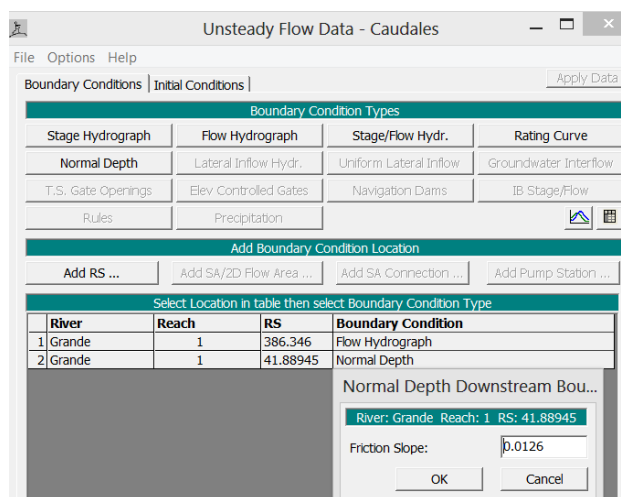


Figura 35. Asignación de pendiente, por Edier Andrés Chiloto Rincón, 2018.

Una vez se obtiene este valor lo digitamos con la opción Normal Depth y procedemos a poner los datos de los caudales en la sección transversal 7 ósea la primera aguas arriba con la opción Flow Hydrograph.

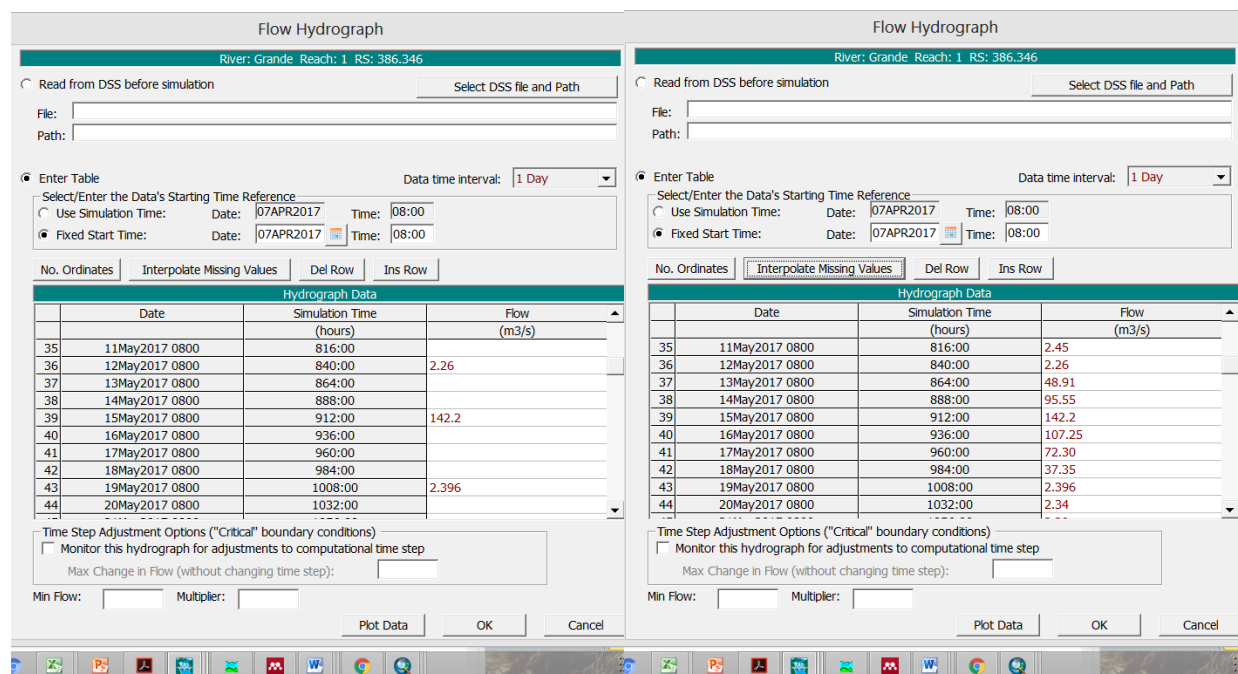


Figura 36. Proceso de interpolación de caudales, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

En esta opción ponemos la fecha de inicio del estudio en cuanto al levantamiento de datos pero como el programa maneja intervalos de tiempo para establecer mejores resultados se pusieron intervalos de 1 día poniendo la fecha de inicio desde el día 07 de abril del 2017, aunque la fecha de estudio inicio el 21 de abril del 2017 se tuvo que consolidar una fecha estándar para que el software permitiera introducir los datos teniendo en cuenta 4 días al mes cada 8 días y el resto de datos de valores diarios en caudales el mismo programa tiene la opción para interpolarlos. Pero antes de esto se anexa el caudal pico anteriormente obtenido, este se asigna en la fecha 15 de mayo (Figura 36).

Finalmente se establecieron los datos de análisis del flujo de la siguiente manera y se computaron los datos.

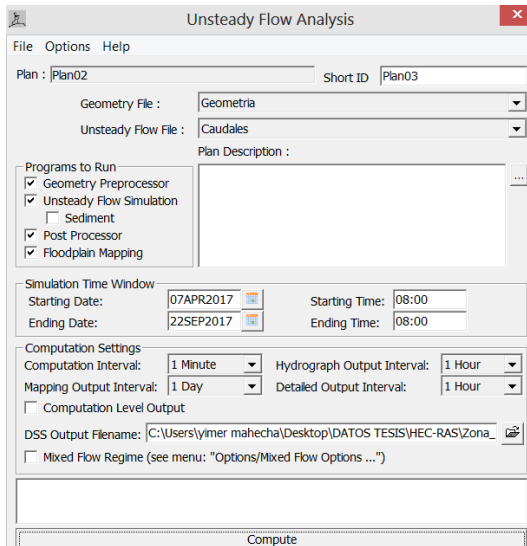


Figura 37. Análisis del flujo, por Edier Andrés Rincón, 2018.

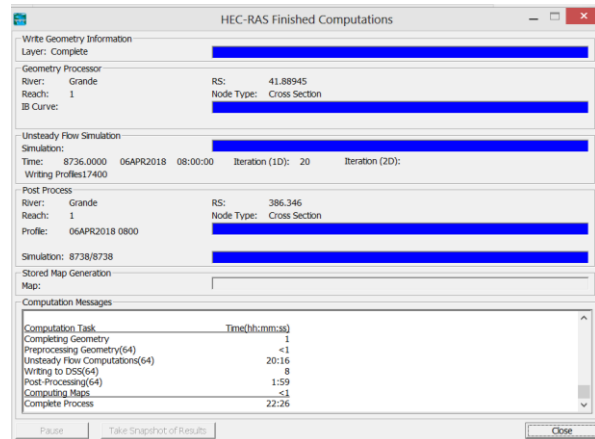
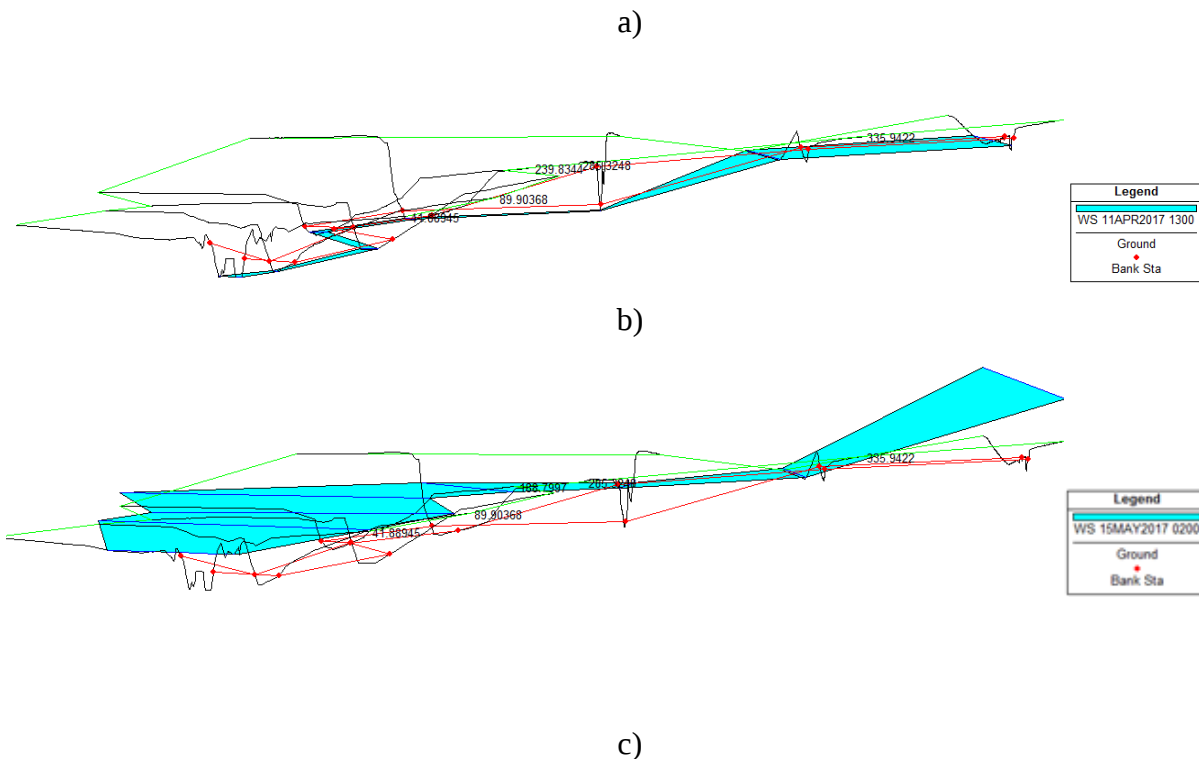


Figura 38. Computación de datos, por Edier Andrés Chilto Chilto Rincón, 2018.

Se obtienen resultados de inundación en la opción RAS Mapper que nos muestra el proceso del flujo del cauce durante los 6 meses, en éste se puede observar el momento y el lugar donde se podría generar este fenómeno (Ver Anexo 9). El archivo final se exporta en la Opción Export GIS Data para continuar el proceso desde el software ARC-GIS.



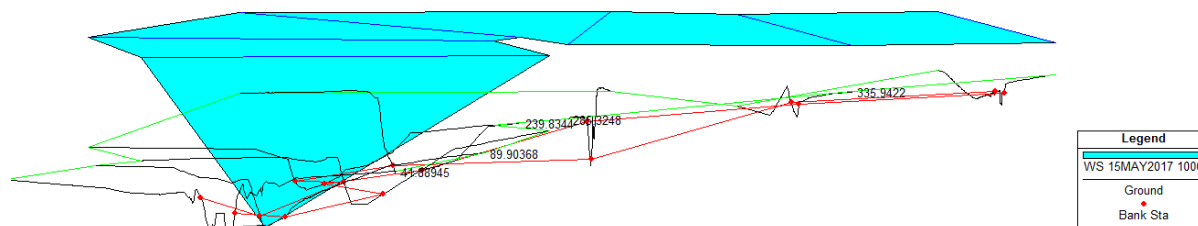


Figura 39. Proceso de inundación desde la geometría, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Se puede observar que al momento de generarse la inundación se sobrepasa en niveles significativos la geometría de la zona de estudio (c). Así mismo cuando se generan caudales mínimos (a), el nivel del agua se encuentra al margen del de las orillas (Bank- Líneas rojas) establecidas desde un inicio en la geometría (Figura 39).

8.3. III Parte. Información Resultante

8.3.1. Generación del mapa.

Una vez importado este archivo en ARC-GIS con la extensión HEC-GeoRAS, se procede a realizar el procedimiento para determinar el polígono de inundación agregando el archivo TIN del terreno que se ha estado manipulando, generando así un nuevo archivo en formato TIN en la delimitación de la inundación (Figura 40).

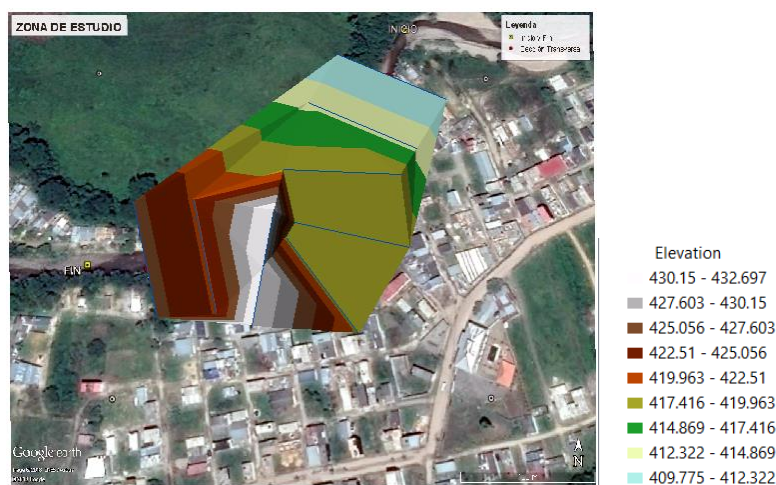


Figura 40. TIN de la zona de inundación, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

A base de esto se determinan las zonas de inundación con su respectivo polígono como se presenta a continuación

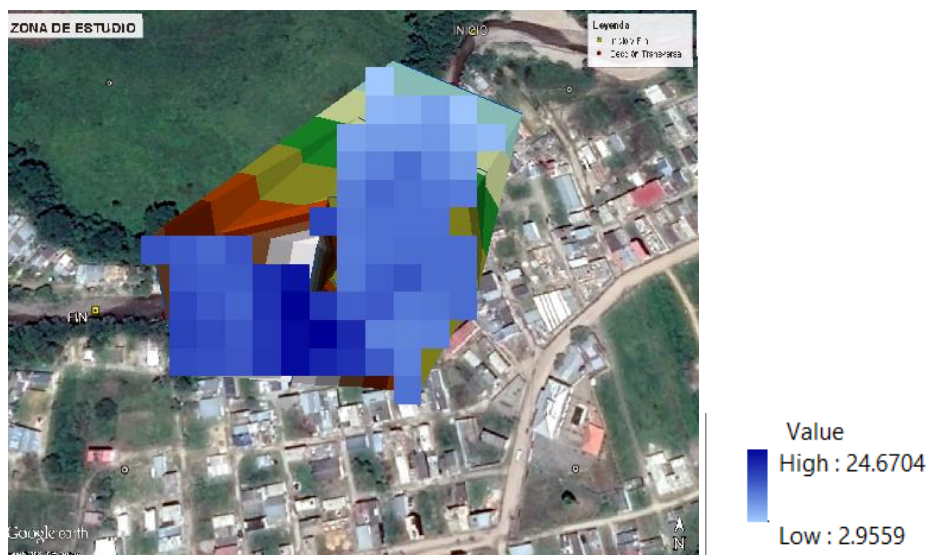


Figura 41. Profundidades de las zonas inundables, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

A base de celdas se puede determinar que la profundidad mínima al momento de generarse la inundación es de 2.9 mts, mientras la máxima llega a alcanzar los 24.6 mts dependiendo del área dentro de la zona de estudio (Figura 41).

Una vez calculada esta información, se procedió a generar el mapa de inundación de la zona de estudio (Figura 42) en el cual se halló una área inundable de 30379.54 m², alcanzando una mayor área de asentamientos en el costado derecho mirando hacia aguas abajo y solo una pequeña parte en el costado izquierdo donde se podría llegar a cubrir más población en caso de que el área de estudio fuera mayor.

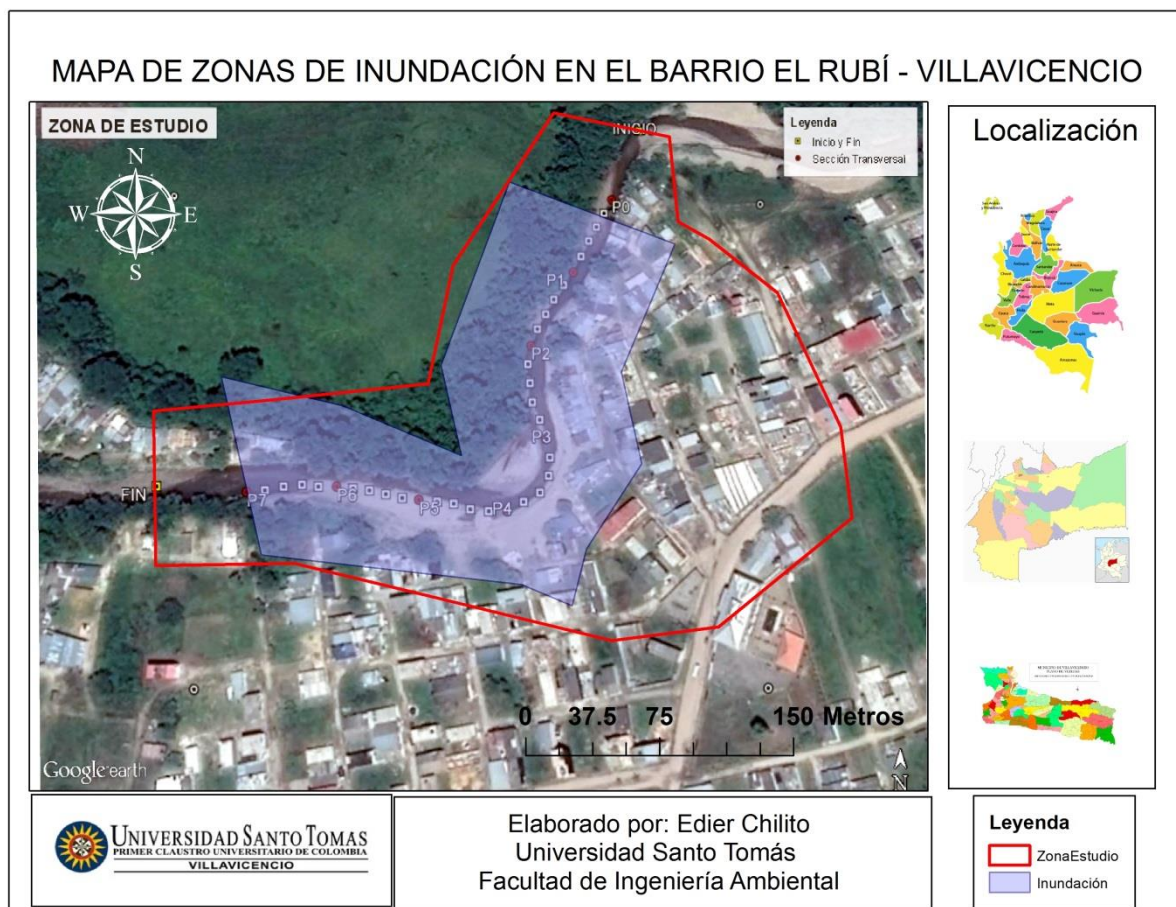


Figura 42. Mapa de inundación, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Gracias a las zonas establecidas se pudo generar un mapa el cual indicó los asentamientos que tienen riesgo de inundación (Figura 43), se calculó un área en riesgo de 10638.24 m^2 y se midió las distancias que hay desde la fuente hídrica hasta el borde del polígono de la zona de inundación obteniendo distancias entre 35m a 40m, lo que indica que si se respetara la ronda hídrica establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial que es de 30m, el riesgo de estos asentamientos aledaños se disminuiría considerablemente.

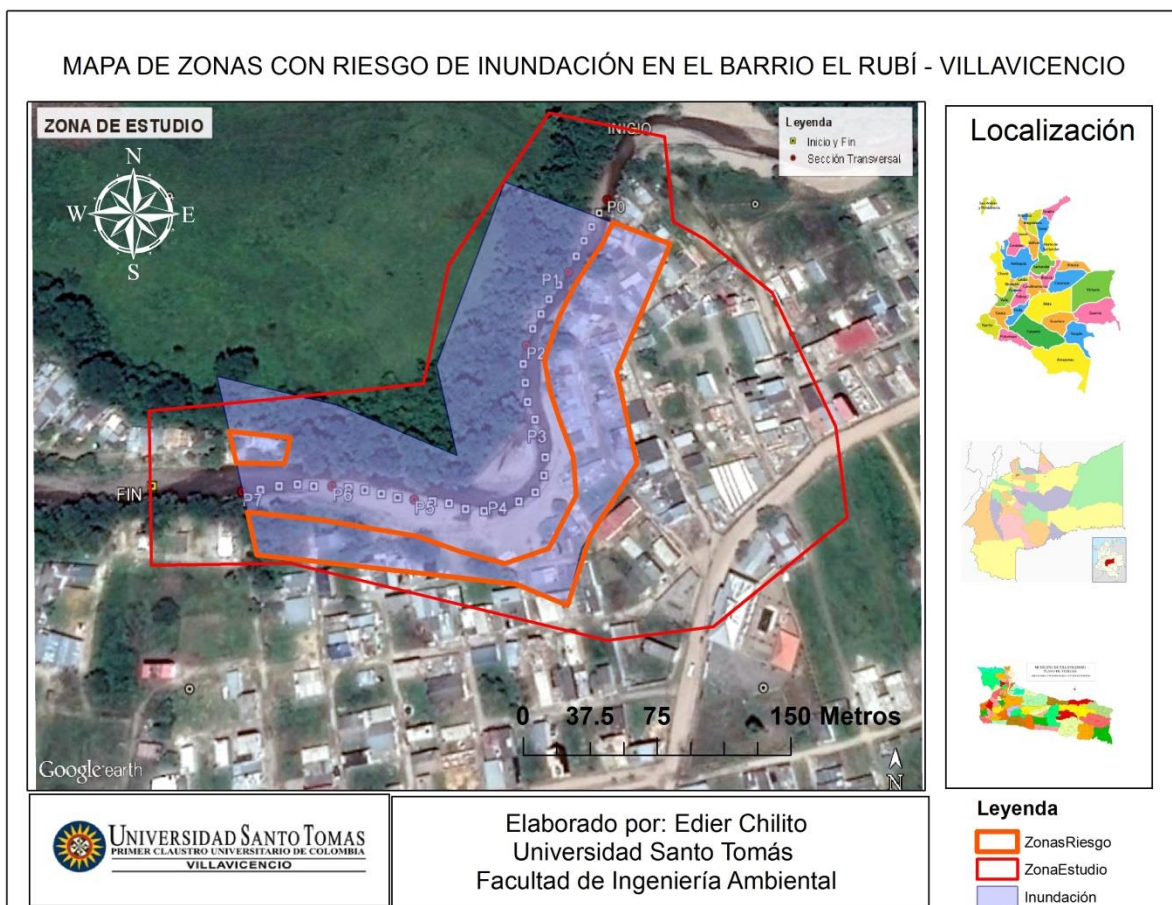


Figura 43. Asentamientos con riesgo de inundación, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

8.3.2. Generación de recomendaciones.

Es debido generar sistemas de alertas tempranas por las cuales los habitantes que presenten riesgo de inundación puedan ser previamente alertados, un ejemplo de estas puede ser mediante una regleta ubicada en un lugar estratégico que mida los niveles del agua asignando en esta una alerta para que se puedan tomar las debidas precauciones. Establecer una zona fuera de riesgo de inundación en el cual se puedan alojar los habitantes mientras los niveles de agua bajan podría ser una precaución para llevar a cabo.

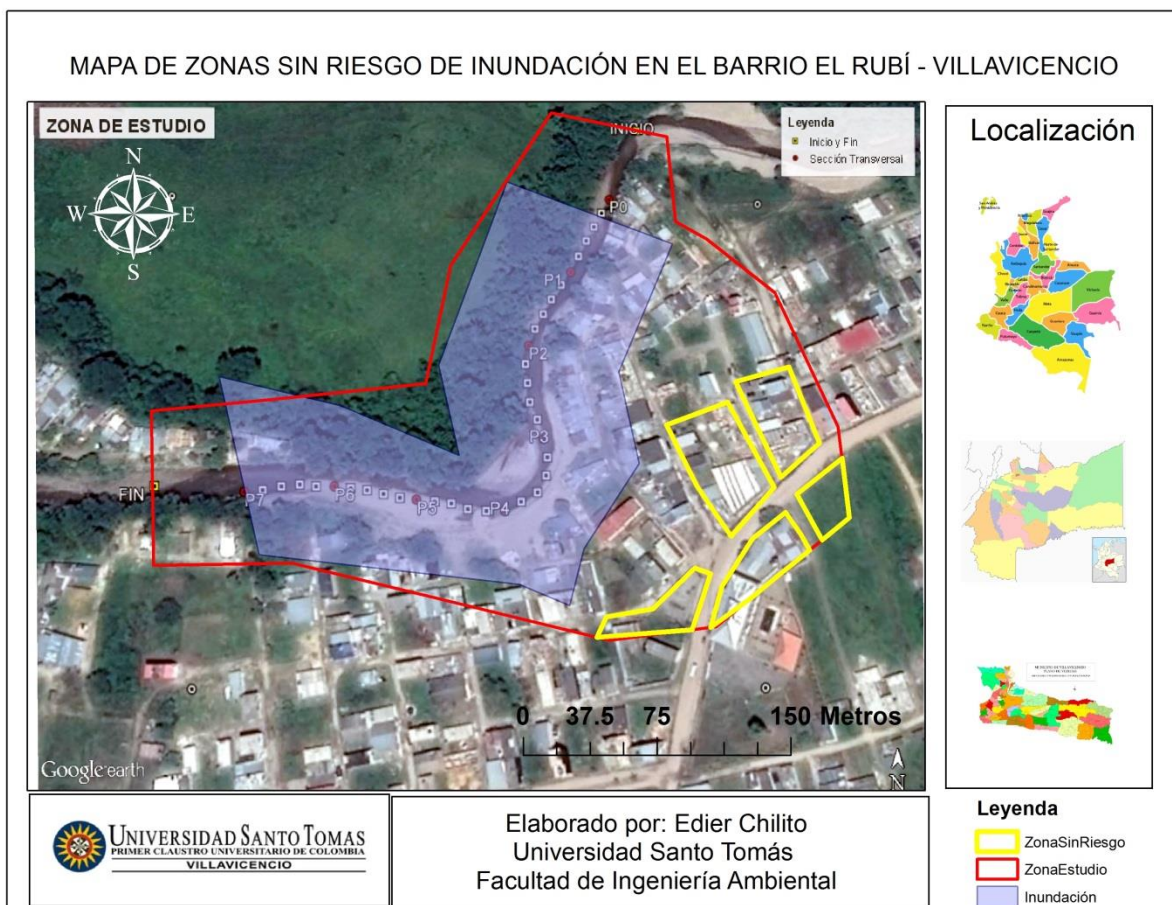


Figura 44. Zonas sin riesgo de inundación, por Edier Andrés Chilito Rincón, 2018.

Los gaviones aunque sean una medida de mitigación, se deben determinar ubicaciones estratégicas ya que estos pueden llegar a generar aumentos de caudales en zonas vulnerables ocasionando daños más severos. Aunque se considera que ésta mitigación está un poco alejada de los habitantes de la zona cuando se trata de construirlos por sus propios medios podrían tenerse en cuenta, ya que en el sector se encuentra estos improvisados con llantas lo que ayuda a disminuir la vulnerabilidad y al tiempo reutilizan un residuo que genera daños al medio ambiente.

La vegetación es un factor importante al momento de mantener el cauce natural de los ríos ya que previenen socavación y por ende deslizamientos de tierras donde pueda que se encuentren ubicadas viviendas en dicha zona, así que se recomienda realizar jornadas de reforestación que ayuden a mitigar esta problemática de inundaciones (Ayarra, 2013).

Conclusiones

En el análisis de precipitaciones se concluye que el comportamiento de las 3 estaciones inicialmente tomadas tienen tendencias similares con diferentes intensidades. Siendo la estación SENA la resultante con los polígonos de Thiessen, indica una precipitación media anual de 3976,78mm en esta zona (Figura 25).

La generación de los mapas permitieron detallar mejor las zonas vulnerables (Figura 39) y así mismo los niveles de precipitación en los cuales podrían generarse estas inundaciones (Figura 33). Gracias a esto se podrían establecer alertas tempranas constantemente monitoreadas por la misma comunidad, informando sobre eventos inesperados y previniendo futuras pérdidas.

Por medio de la gestión social los habitantes de la zona podrían generar soluciones a la problemática de inundaciones, ya que de este modo otras entidades intervendrían el sector aplicando diferentes obras que mitiguen el riesgo generado y lleven un respectivo control mediante estudios periódicos que mantengan esta información actualizada.

Recomendaciones

Al momento de trabajar con un archivo DEM se debe tener en cuenta el terreno que se vaya a analizar, para ver si la información que encontramos de forma libre sirve para la ejecución de los objetivos. De lo contrario se llevarán contratiempos inesperados que perjudiquen el transcurso del proyecto.

Se debe contar o tener a disposición el material adecuado para el levantamiento de información primaria, de lo contrario el proceso se hace complejo y los datos obtenidos pueden llegar a tener un margen de error alto.

Se recomienda seguir generando estudios en esta zona, ya que el terreno podría ser modificado gracias a la gestión social que se está llevando a cabo por parte de los habitantes del sector.

Teniendo en cuenta que el software HEC-RAS es un programa americano, se recomienda evitar letras o signos que no se utilicen en el formato inglés durante el proceso de ejecución del modelo, ya que se podrían generar errores. Al igual, el sistema del equipo de cómputo en el que se esté desarrollando el modelo debe estar en inglés ya que de lo contrario al ejecutar el modelo en HEC-RAS se generará un error que evita finalizar este proceso.

Referencias Bibliográficas

Universidad de Antioquia. (2013). Estudio hidráulico del río Medellín en un tramo comprendido entre las estaciones ancón sur y Acevedo. Obtenido de: http://www.metropol.gov.co/recursohidrico/Informes/INFORMES/Red%20Rio%20Fase%20I/Hidraulica%20e%20Hidrologia%20-%20Capitulo%207_HEC_RAS.pdf

Asedes, dragados. (2015). Peniscola. Obtenido de: <https://www.peniscola.org/bd/archivos/archivo1590.pdf>

Ayarra, J. (2013). *La vegetación como solución para las inundaciones*. mimbrea.com. Obtenido de: <http://www.mimbrea.com/lla-vegetacion-como-solucion-para-las-inundaciones/>

Beilicci, R. B. E. (2014). Advance Hydraulic Modeling Using HEC-RAS, Baraolt River, Romania. *Research Journal of Agricultural Science*. Obtenido de: <http://web.a.ebscohost.com/bdatos.usantotomas.edu.co:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=803e26cb-f92f-42c4-b694-d96570c76e07%40sessionmgr4007&vid=6&hid=4204>

Brown, O., Gallardo, Y., & Valdés, J. (2013). Curva de intensidad frecuencia y duración de inundaciones (IFD) para el municipio Venezuela, provincia Ciego de Ávila, Cuba. revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. (22) p.63-67. Obtenido de: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22s1/rcta11513.pdf>

Cartaya, S, M. R. (2016). Identificación de zonas en riesgo de inundación mediante la simulación hidráulica en un segmento del Río Pescadillo, Revista de Investigación. (40)89 p.158-170. Manabí, Ecuador.

Chow, V. Te. (1994). *Hidrología Aplicada*. México. D.F. McGrawHill. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/Ashleyxita/hidrologia-aplicada-ven-te-chow-mc-graw-hill-completo-ocioso>

Climate-Data.org. (2016). Clima: Villavicencio. Obtenido de: <https://es.climate-data.org/location/5327/>

Cordoba, S., Zea, J., & Murillo, W. (2006). Estimación de la precipitación media, evaluación de la red pluviométrica y cuantificación del balance hídrico en la cuenca del río Quito en el departamento del Chocó, Colombia. *Revista Meteorología Colombiana*. 10. p.100-110. Obtenido de: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero10/10_09.pdf

Cruz, D. de la. (2012). Análisis hidrológico e hidráulico mediante técnicas SIG de la peligrosidad por inundaciones en la cuenca del Pla de Sant Jordi (Mallorca). Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de: http://eprints.ucm.es/38292/1/TFM_Virginia_Diaz_de_la_Cruz%20%281%29.pdf

(Grupo TYC GIS Formación. (2017). ¿Qué es HEC – RAS y para qué sirve? *Cursosgis.com*. Obtenido de: <http://www.cursosgis.com/index.php/blog-cursosgis/95-que-es-hec-ras-y-para-que-sirve.html>

Díaz, J. & Vargas, B. (2013). Análisis del riesgo de inundación asociado al diseño hidráulico de la confluencia entre dos canales urbanos. Canal el Virrey Canal Castellana, en la ciudad de Bogotá, Grupo de investigación Hidrología e Hidráulica Urbana, Universidad Católica de Colombia, Obtenido de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1518/3/ARTICULO-An%C3%A1lisis-inundaci%C3%B3n-canal-Virrey-canal-La-Castellana.pdf>

El Tiempo. (2016). Aguaceros tienen en jaque a Villavicencio. Obtenido de: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/aguaceros-tienen-en-jaque-a-villavicencio-41169>

Erasmó, A., Battikk, M., Castillo, C., Mendoza, A., Poveda, J., V. E. (2015). Métodos numéricos

- para la predicción de inundaciones. *Revista de Iniciación Científica*, (1) 10. Obtenido de: <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/345/html>
- Extra. (2017). El Rubí: Un barrio de Villavicencio bajo el agua. Obtenido de: <http://llano.extra.com.co/noticias/judicial/el-rubi-un-barrio-de-villavicencio-bajo-el-agua-290014>
- Fierro, N. N. (2012). Análisis para la gestión del riesgo de inundaciones en Bogotá: Un enfoque desde la construcción social del riesgo. Trabajo de Maestría en Planeación Urbana y Regional. Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/15414/Ni%C3%B1oFierroKarenNatalia2012.pdf?sequence=1>
- Golshana. M, Jahanshahia. A, A. A. (2016). Flood hazard zoning using HEC-RAS in GIS environment and impact of manning roughness coefficient changes on flood zones in Semi-arid climate. *Desert*. Obtenido de: <http://web.b.ebscohost.com.bdatos.usantotomas.edu.co:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=e19b15b4-1db9-413a-ab88-8a1887d0f2c6%40sessionmgr103>
- Haliuc. A, F. A. (2012). A study case of Baranca drainage basin flash-floods using the hydrological model of Hec-Ras. *GEOREVIEW: Scientific Annals of Stefan cel Mare University of Suceava. Geography Series. University of Suceava*. Obtenido de: <http://georeview.ro/ojs/index.php/revista/article/view/61>
- Iosub. M, Minea. I, Oana. H, R. G. (2015). The Use of HEC-RAS Modelling in Flood Risk Analysis. Obtenido de: <http://web.a.ebscohost.com.bdatos.usantotomas.edu.co:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=e049b20a-cdf2-45ea-9d28-1e0da7c0fc6a%40sessionmgr4007&vid=1&hid=4112>
- Meta, P. (2016). Decretada Alerta Naranja por Inundaciones en Villavicencio. Obtenido de: <http://www.periodicodelmeta.com/index.php/actualidad/item/369-decretada-alerta-naranja->

por-inundaciones-en-villavicencio

- Mohammadia. S, Nazarihaa. M, M. N. (2013). Flood damage estimate (quantity), using HEC-FDA model. Case study: the Neka river. Elsevier. Obtenido de: http://ac.els-cdn.com/S1877705814001325/1-s2.0-S1877705814001325-main.pdf?_tid=9a9c7a70-297b-11e7-81cf-00000aab0f6b&acdnat=1493099831_cbc9c6f634675dfe4ffedee9fe6fd044
- Mora, W., & Ochoa, R. (2016). Modelamiento de zonas de inundación por medio de las herramientas hec-ras, geo-ras y arcgis, para el sector comprendido entre los municipios de corrales- paz de rio a lo largo del rio Chicamocha, en el departamento de Boyacá. Trabajo de grado en Ingeniería geológica. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Obtenido de: <http://repositorio.uptc.edu.co:8080/bitstream/001/1677/1/TGT-368.pdf>
- Moya. V, Kure. S, Udo. K, M. A. (2016). Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5. *Revista Iberoamericana Del Agua (RIBAGUA)*. Obtenido de: http://ac.els-cdn.com/S2386378116000025/1-s2.0-S2386378116000025-main.pdf?_tid=b625416c-2964-11e7-bb5e-00000aab0f6c&acdnat=1493089998_1a11bef0d3ca48e5cba735e057925868
- Muhammad. S, Faizan. A, Tariq. U, Khurram. S, A. A. (2015). Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River. Obtenido de: <http://web.a.ebscohost.com.bdatos.usantotomas.edu.co:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=3ad9b332-f86e-47f9-b8c7-f864132c7996%40sessionmgr4010&vid=0&hid=4112>
- Naveiras, G. (2014). estudio preliminar y desarrollo de un SIG para prevencion y gestion de riadas. Trabajo de grado en Maestría de Teledetección y sistemas de Información geográfica. Escuela Politécnica de Mieres. Obtenido de: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/28023/6/TFM_NAVEIRAS_LLORENTE.pdf
- Ortega, R. (2015). Estudio de inundabilidad de los cauces del T.M de Cuevas Bajas (Málaga).

Comparación de los resultados con los programas HEC-RAS e Iber. Trabajo de grado de Ingeniería Civil. *Universidad de Sevilla*, Obtenido de: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/27161>

Peña. C, Mora. C, M. D. (2016). Determinación De Áreas De Inundación En El Municipio De Chia- Colombia Mediante Hec-Ras En La Cuenca Baja Del Río Frio. *European Scientific Journal*, (12)5. p.386–392. Obtenido de: <https://ejournal.org/index.php/esj/article/download/7037/6760>

Pérez, J. (2015). Los riesgos ambientales. eumed.net. Obtenido de: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007a/235/26.htm>

Planeación, S. de. (2015). Curricular Interpretativa No 011. Art 25. Obtenido de: [http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/Normatividad/Circulares/Vigencia año 2017/Secretaría de Planeación Municipal/CIRCULAR INTERPRETATIVA No 011 DE 2017 - DERECHOS ADQUIRIDOS EN RONDAS.pdf](http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/Normatividad/Circulares/Vigencia_año_2017/Secretaría_de_Planeación_Municipal/CIRCULAR_INTERPRETATIVA_No_011_DE_2017_-_DERECHOS_ADQUIRIDOS_EN_RONDAS.pdf)

Rodríguez. Y, M. N. (2015). Simulación hidrológica en dos subcuencas de la cuenca del río Zaza de Cuba. *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*. Obtenido de: <http://web.a.ebscohost.com/bdatos.usantotomas.edu.co:2048/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=0d2e8cd7-2a99-492f-b63d-5906bea1f6cd%40sessionmgr4008&vid=1&hid=4204>

Rojas, O. (2006). Manual Básico para Medir Caudales. Fonac. Obtenido de: <http://www.bivica.org/upload/medir-caudales-manual.pdf>

Romo, P. (2015). Estimación del riesgo por inundación en la ribera del río Mulato (Mocoa-Colombia). Tesis de Master of Science (Geographical Information Science & Systems) - MSc (GIS). Universidad de Salzburgo - Austria Obtenido de: https://issuu.com/unigis_latina/docs/merged__11_

Alaska Satellite Facility. (2010). Alos Palsar. Obtenido de: <https://www.asf.alaska.edu/>

Sigsa. (2017). ¿Qué es ArcGIS? Sigsa [sigsa.info/](http://www.sigsa.info/) Obtenido de: <http://www.sigsa.info/productos/esri/plataforma-arccgis>

Soler. J, Bladé. E, S. M. (2012). Ensayo comparativo entre modelos unidimensionales y bidimensionales en la modelización de la rotura de una balsa de materiales sueltos erosionables. *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo Y Diseño En Ingeniería*. Obtenido de: http://ac.els-cdn.com/S0213131512000168/1-s2.0-S0213131512000168-main.pdf?_tid=c4d3a346-296b-11e7-a8ac-00000aacb362&acdnat=1493093030_72be7850003cb05043cffff905c589af

Suarez, J. (2001). *Control de Erosion en Zonas Tropicales*. Obtenido de: <http://www.erosion.com.co/control-de-erosion-en-zonas-tropicales.html>

Tiempo. (2015). Invasión en Zona de Alto Riesgo. Obtenido de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-938390>

Tiempo, E. (2013). Villavicencio, con un medio ambiente negro. Obtenido de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12880111>

Torres, M. (2017). Modelación hidrológica para el estudio de inundación, en el departamento de Cundinamarca, del río Frío a la altura del municipio de Chia. Universidad Católica de Colombia. Trabajo de grado en Especialización en Recursos Hídricos. Universidad Catolica de Colombia. Obtenido de: [http://metadirectorio.org/bitstream/10983/14636/1/Trabajo de grado final.pdf](http://metadirectorio.org/bitstream/10983/14636/1/Trabajo%20de%20grado%20final.pdf)

UPM. (2015). Precipitaciones Máximas y Periodos de Retorno. Obtenido de: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-7/PRECIPITACIONES-MAX-24-h-Y-PER-DE-RETORNO.pdf>

Vargas, R., & Diaz, M. (2006). Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad-duración-frecuencia

para Colombia. Obtenido de: <https://es.scribd.com/doc/249526743/Vargas-Diaz-Granados-CurvasIDF>

Velez, J., & Botero, A. (2011). Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales. Revista DYNA. (78)165. p.58-71. Obtenido de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25640/39138>

Zuluaga, G., & Garcia, A. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Villavicencio. Obtenido de: http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/POT_2015_ComponenteGeneralPOT.pdf

Anexos

Anexo 1. Cambios de la Zona de Estudio en los años.





Anexo 2. Datos de campo.

Profundidad (m)																						
Velocidad (m/s)																						
Temperatura (°C)																						
PUNTOS - 21 ABRIL 2017																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			0.42	0.35	0.3	0.22	0.23	0.2	0.23	0.29	0.12	0.15	0.19	0.15	0.08							
			0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1							
			27.1	26.1	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.8	25.7	25.8	25.6	25.6	25.8							
			0.05	0.01	0.05	0.09	0.1	0.16	0.06	0.05	0.02	0.05	0.06	0.15	0.2	0.28	0.32	0.29	0.31			
			0.2	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3	1.3	1.4	1.3	1.1	0.9			
			28.7	27.6	27.3	26.6	26.1	26	26.2	26.3	26.2	25.9	25.8	25.4	25.4	25.2	24.2	24.8	24.8			
			0.08	0.07	0.1	0.07	0.11	0.26	0.29	0.35	0.28	0.39	0.2	0.2	0.19							
			0.2	0.2	0.5	0.4	0.6	0.8	0.9	0.9	0.2	1.2	1.2	1.1	1							
			27.6	27.4	27.2	27.1	29.6	26.1	25.8	25.4	25.1	24.9	24.8	24.8	24.7							
			0.15	0.34	0.4	0.45	0.33	0.15	0.01													
			0.1	0.2	1.4	1.1	0.8	0.4	0.1													
			27.6	26.8	26.4	25.7	25.4	25.3	25.3													
			0.09	0.22	0.3	0.3	0.21	0.12	0.09	0.09	0.15	0.28	0.25	0.15	0.13							
			0.1	0.7	0.9	0.8	0.7	0.7	0.5	0.5	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7							
			27.6	26.8	25.8	25.3	25	25.1	25.1	25.2	25.3	25.1	24.9	24.8	24.4							
			0.08	0.12	0.18	0.23	0.3	0.4	0.47	0.54	0.6	0.45										
			0.1	0.1	0.3	0.3	0.7	0.8	0.7	0.7	0.9	0.6										
			27.7	27.7	26.2	25.8	25.3	24.8	24.3	24.4	24.3	24.3										
			0.3	0.36	0.44	0.4	0.38	0.37	0.36	0.34	0.31	0.32	0.33	0.32	0.28	0.23						
			0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2						
			26.8	26	24.9	24.6	24.6	24.4	24.4	24.4	24.4	24.3	24.4	24.4	24.4	24.4						
			0.05	0.14	0.2	0.25	0.25	0.24	0.24	0.3	0.28	0.32	0.36	0.31	0.25	0.2						
			0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.7	0.3						
			24.3	24.3	23.8	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7						

PUNTOS - 28 ABRIL 2017																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			0.32	0.28	0.22	0.2	0.18	0.13	0.12	0.1	0.17	0.16	0.13	0.12	0.03							
			0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.1							
			31.5	31.2	30.5	30	29.8	29.9	30	30.1	30.2	30.3	30.2	30.2	30.1							
		0.03	0.03	0.03	0.08	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04	0.15	0.2	0.23	0.29	0.27	0.12			
		0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.1	0.2	1.2	1.1	0.5	0.9	0.1			
		33.3	33.2	33.2	32.8	32.4	32.4	32.8	3	31.9	31.9	31.8	31.8	31.5	30.2	29.2	28.7	28.7	28.3			
				0.02	0.06	0.02	0.1	0.18	0.21	0.23	0.28	0.31	0.25	0.26	0.12							
				0.2	0.2	0.2	0.1	0.9	0.3	0.6	0.6	0.8	0.5	0.5	0.2							
				30.5	30.4	30.1	30.1	30	29.4	29.1	28.8	28.5	28.3	28.3	28.1							
			0.14	0.26	0.4	0.24	0.25	0.4	0.3	0.22	0.12											
			0.1	0.7	1	0.1	6	1	1.3	0.7	0.1											
			33.7	31.8	30.6	33.7	31.8	30.6	29.4	30.3	29.7											
					0.18	0.28	0.28	0.19	0.13	0.08	0.09	0.15	0.18	0.03								
					0.2	0.7	0.9	0.9	0.7	0.5	0.3	0.5	0.6	0.2								
					30.4	29.7	29.3	29.1	28.9	28.6	28.5	28.5	28.4	28.2								
					0.02	0.08	0.12	0.24	0.34	0.57	0.64	0.51										
					0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.4										
					29.3	29.34	29.5	29	28.1	27.6	27.6	27.5										
				0.08	0.32	0.36	0.36	0.32	0.3	0.25	0.25	0.27	0.3	0.27	0.23	0.07						
				0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1						
				30.1	29.3	28.9	28.7	28.5	28.7	28.6	28.8	28.6	28.6	28.6	28.4	28.2						
				0.05	0.15	0.12	0.16	0.18	0.23	0.22	0.31	0.3	0.26	0.25	0.1							
				0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.1							
				30.4	29.6	29	28.7	28.3	28	27.6	27.3	27	27	26.7	26.8							

PUNTOS - 29 ABRIL 2017																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			0.27	0.27	0.25	0.24	0.2	0.21	0.17	0.13	0.18	0.18	0.15	0.18	0.15	0.11	0.07					
			0.2	0.5	0.5	0.6	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.2	0	0.1					
			28.1	26.7	26.4	26.1	25.9	25.7	25.7	25.5	25.5	25.6	25.6	25.6	25.8	25.8	25.9					
		0.08	0.06	0.06	0.02	0.04	0.06	0.06	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.15	0.28	0.31	0.34	0.18	0.15			
		0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.4	0.1	0.6	0.6	1	0.9	1.8	1.5			
		28.4	28	27.8	27.8	27.9	27.8	27.5	27.2	27	27	26.9	27	27.1	26.3	26.6	26.4	26	28.5			
		0.04	0.03	0.08	0.04	0.13	0.24	0.23	0.28	0.25	0.23	0.3	0.15	0.17	0.1							
		0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.6	0.6	0.8	0.9	0.8	1	0.6	0.5	0.11							
		29.4	29.3	29.3	29.3	29.2	28.9	28.5	28.8	28	27.7	27.5	27.2	27	27							
					0.12	0.3	0.4	0.32	0.3	0.13												
					0.1	0.6	0.8	1.1	0.8	0.1												
					20	28.7	28.3	28	27.7	27.5												
					0.1	0.19	0.25	0.22	0.1	0.09	0.08	0.11	0.17	0.1								
					0.3	0.8	1	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5								
					27.9	27.9	27.6	27.3	27.2	27.2	27.3	27.5	27.5	27.5								
					0.04	0.07	0.1	0.22	0.34	0.5	0.57	0.41										
					0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.7	0.3										
					27.5	27.4	27.3	27.2	27.2	27.1	27.1	26.5										
		0.1	0.31	0.27	0.37	0.32	0.3	0.18	0.29	0.27	0.17	0.2	0.16	0.15	0.07							
		0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1						
			28.2	27.8	27.4	27.4	27.6	27	27	27.1	26.9	26.8	26.8	26.8	26.8	26.7						
					0.02	0.14	0.09	0.15	0.2	0.24	0.28	0.3	0.27	0.21	0.11							
					0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.5	0.2								
					30.1	29.9	29.4	29.4	29.3	29.1	28.4	28.4	28.2	28.2	28.2							

PUNTOS - 30 ABRIL 2017																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			0.18	0.27	0.23	0.24	0.22	0.21	0.17	0.16	0.18	0.16	0.15	0.18	0.2	0.19	0.13	0.08				
			0.1	0.4	0.6	0.7	0.5	0.6	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1				
			24.8	24.7	24.5	24.4	24.3	24.2	24.2	24.3	24.3	24.4	24.4	24.2	24.1	24.2	24.2					
			0.05	0.07	0.08	0.07	0.06	0.05	0.08	0.07	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06	0.22	0.29	0.42	0.38			
			0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.4	0.3	0.7	0.2	0.4	0.1	0.2	0.9	0.8	0.9			
			25.1	25.2	25.1	25.1	25.1	25	24.9	24.9	24.8	24.8	24.8	24.7	24.8	24.6	24.5	24.3				
				0.04	0.06	0.1	0.09	0.18	0.2	0.25	0.21	0.23	0.25	0.2	0.13							
				0.1	0.1	0.3	0.1	0.6	0.9	0.9	0.6	1.1	1	1.7	1.1							
				25.8	25.7	25	25.5	25.5	25	24.6	24.4	24.4	24.2	24.2	24.1							
			0.15	0.3	0.46	0.33	0.3	0.2	0.5	0.2												
			0.1	1	1	1.2	0.9	0.4	0.1	0.1												
			25.1	25.1	24.9	24.8	24.7	24.7	24.7	25												
				0.14	0.28	0.27	0.24	0.13	0.12	0.14	0.16	0.15	0.18	0.05								
				0.3	0.9	1	0.8	0.7	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.3								
				25.8	25.7	25.9	25.2	25	25	25.1	25.1	25.1	25.1	24.9								
					0.02	0.09	0.14	0.16	0.36	0.5	0.6	0.54										
				0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.5	0.7	0.4											
				26	26	25.7	25.3	25.2	24.3	24.7	24.5											
			0.09	0.32	0.4	0.38	0.34	0.33	0.31	0.32	0.34	0.35	0.33	0.29	0.16	0.16						
			0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1						
			25.3	25.1	25.1	25	25.1	25.4	25.4	25.3	25.6	25.5	25.3	25.3	25.2	25.1						
			0.03	0.16	0.12	0.19	0.2	0.27	0.28	0.3	0.37	0.38	0.33	0.25	0.14							
			0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2							
			26.5	26.5	26.2	26	25.9	25.7	25.6	25.5	25.3	25.1	25	25	25							

PUNTOS - 05 MAYO 2017																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			0.13	0.33	0.38	0.35	0.3	0.25	0.24	0.23	0.2	0.2	0.23	0.25	0.2	0.21	0.17	0.15	0.11	0.1	0.05	
			0.1	0.9	1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.3	0.8	1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.5	0.2	0.1	
			24.3	27.6	26.4	25.7	25.1	24.8	24.6	24.6	24.5	24.5	24.5	24.4	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.2	24.3	
0.04	0.05	0.04	0.06	0.08	0.1	0.11	0.07	0.05	0.07	0.1	0.08	0.18	0.37	0.51	0.55	0.52	0.48	0.45	0.23			
0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.6	0.5	0.4	0.5	0.6	0.8	0.3	0.8	1.3	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	0.2			
27.6	27.3	26.9	26.6	26.1	25.9	25.6	25.3	25.2	25.6	25	24.9	24.8	24.6	24.4	24.3	24.1	24	24.1	24.2			
0.05	0.15	0.16	0.27	0.2	0.25	0.32	0.38	0.39	0.42	0.4	0.38	0.39	0.4	0.32	0.23							
0.2	0.5	0.4	0.9	0.8	0.8	1	1.3	1.4	1.3	0.9	1.4	1.6	1.4	1.4	1.1							
28.6	28.5	27.9	27	26.8	26.2	25.9	25.9	25.6	25.3	25.9	25	24.9	24.8	24.7	24.6							
			0.12	0.23	0.55	0.6	0.62	0.5	0.38	0.21	0.1											
			0.4	0.2	1.6	1.4	1.3	0.9	0.6	0.3	0.1											
			27.4	26.8	26	25.1	24.6	24.4	24.3	24.2												
			0.1	0.25	0.43	0.55	0.45	0.38	0.27	0.22	0.19	0.18	0.18	0.12	0.1							
			0.2	0.8	1.1	1.2	1.5	1.3	1.1	1.3	1.1	1.3	1	0.8	0.3							
			25.6	25.4	24.7	24.3	24.2	24.1	23.9	23.8	23.8	27.3	23.7	23.8	24							
			0.13	0.18	0.25	0.35	0.45	0.58	0.65	0.73	0.85											
			0.1	0.4	0.5	0.9	0.7	1.1	1.4	1.3	1.3											
			24.8	24.6	25	24.3	24.3	24	23.9	23.6	23.5											
			0.25	0.4	0.52	0.54	0.54	0.5	0.6	0.54	0.5	0.48	0.45	0.4	0.35	0.3						
			0.2	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.4	0.3						
			24.9	24.7	24.4	24.2	24.2	24.1	24.1	24.1	24.1	24.2	24.1	24.1	24.1							
0.15	0.25	0.31	0.45	0.5	0.5	0.52	0.55	0.55	0.57	0.58	0.61	0.7	0.7	0.65	0.52							
0.1	0.2	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.9	1.1	1.1	0.8	0.1							
25.2	25.1	24.6	24.7	24.6	24.3	24.1	24	24	23.8	24	24	24	24	23.8	24							

PUNTOS - 12 MAYO 2017																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			0.21	0.48	0.39	0.37	0.33	0.36	0.38	0.38	0.37	0.24	0.22									
			0.1	0.5	0.7	0.9	0.9	1.1	1	0.9	0.3	0.2	0.1									
			26.4	26.1	25.7	25.4	25.8	25.1	24.9	24.8	24.9	24.8	24.9									
		0.05	0.08	0.07	0.09	0.09	0.1	0.07	0.07	0.03	0.02	0.02	0.08	0.11	0.13	0.3	0.34	0.43	0.61			
		0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.7	1.1	1.6	1.5	1.5	1.9			
		27	26.9	26.9	26.7	26.7	26.8	26.8	26.7	26.6	26.7	27.1	27.2	27.1	26.5	26.2	25.9	25.4	25.1			
	0.08	0.1	0.18	0.2	0.2	0.28	0.28	0.25	0.5	0.27	0.24	0.16	0.25	0.3	0.22							
0.1	0.1	0.2	0.5	0.6	1	0.6	0.9	0.9	1.1	1.2	1	1.9	1.8	0.6								
		27.4	27.3	27.3	26.8	26.8	26.3	26.3	25.6	25.3	25.4	25.2	25.2	25.1	25	25.1						
			0.19	0.28	0.48	0.55	0.57	0.42	0.33	0.18												
			0.1	1.1	0.8	1.3	1.5	1.3	1.1	0.3												
			27.7	27.4	26.7	26	25.7	25.3	24.9	24.8												
			0.22	0.32	0.4	0.3	0.38	0.2	0.19	0.13	0.12	0.16	0.22	0.2	0.09							
			0.2	1.2	1.3	1.4	1.3	1.5	1.3	1	0.5	0.7	1.1	1.3	1.4							
			26.7	26.4	25.9	25.7	25.6	25.4	25.1	25.1	25.1	25.2	25.2	25.3	25.2							
					0.08	0.17	0.21	0.27	0.34	0.32	0.74	0.6										
					0.1	0.3	0.7	0.7	1	1.2	1.2	1.1										
					27	26.9	26.7	26.3	26	25.4	24.8	24.5										
			0.19	0.3	0.39	0.38	0.32	0.47	0.4	0.41	0.4	0.35	0.41	0.4	0.42	0.21						
			0.1	0.2	0.5	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1						
			26.5	25.9	25.6	25.4	25.2	24.9	24.9	24.8	24.9	25.1	25.2	25.2	25.3	25.1						
	0.18	0.24	0.24	0.18	0.25	0.23	0.27	0.23	0.32	0.27	0.28	0.3	0.36	0.35	0.1							
	0.1	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.6	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.2							
	29	28.4	27.8	27.4	27.2	26.7	26.1	25.7	25.3	24.9	24.7	24.3	24.3	24.3	24.4							

PUNTOS - 19 MAYO 2017																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			0.31	0.33	0.3	0.24	0.2	0.13	0.12	0.14	0.27	0.19	0.18	0.18	0.17	0.22	0.15	0.13	0.12			
			0.6	1.2	0.9	0.9	0.9	0.4	0.7	0.4	0.7	0.5	0.8	0.9	1	0.8	0.8	0.5	0.3			
			29.4	28.3	27.9	27.2	27	26.7	26.5	26.9	27.2	28.2	27.1	27.8	27.8	26.9	27.1	27.2	27.5			
0.09	0.06	0.07	0.1	0.1	0.05	0.04	0.08	0.08	0.12	0.18	0.2	0.25	0.25	0.26	0.28	0.39	0.35	0.34	0.23			
0.1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.5	1.8	1.2	1.4	1.4	1.4	0.5	0.6	1	0.5			
27.8	27.6	27.7	27.4	27.3	27.2	27.4	27.5	27.5	25.6	25.4	25.9	26.5	26.1	25.6	25.6	25.1	25	24.9	24.8			
	0.08	0.11	0.2	0.27	0.2	0.18	0.23	0.23	0.27	0.3	0.28	0.27	0.27	0.29	0.35							
	0.1	0.2	0.6	0.6	0.8	0.9	1	1.2	1.1	1	1.3	1	1	0.9	0.9							
	27.7	27.6	27.4	27.2	26.8	26.3	25.9	25.6	25.4	25.3	25.3	25.1	25	25	25							
			0.26	0.46	0.54	0.48	0.47	0.5	0.27	0.15												
			0.2	1.3	1.4	1.3	1.1	1	0.9	0.5												
			28.6	28.2	27	26.1	25.4	25.1	25	28.8												
		0.13	0.3	0.37	0.36	0.41	0.38	0.3	0.25	0.23	0.2	0.15	0.12	0.09	0.08							
		0.1	0.6	0.4	0.4	1.1	1.6	1.2	1.1	1	0.9	0.7	0.5	0.3	0.2							
		28.7	29.8	29.1	28.5	27.7	27.1	26.4	26.1	26	25.9	25.4	25.4	25.3	25.1							
							0.12	0.25	0.26	0.37	0.43	0.56	0.73									
							0.3	0.1	0.5	0.8	1.1	1.4	1.5									
							28.6	28.4	27.8	27.4	26.7	26.1	26.7									
			0.2	0.4	0.5	0.48	0.46	0.43	0.38	0.36	0.32	0.3	0.28	0.3	0.3	0.21						
			0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.2	0.1						
			29.7	29	28.6	28	27.8	27.7	27.9	27.8	27.5	27.4	27.4	27.3	27.2	27						
0.23	0.24	0.3	0.36	0.44	0.42	0.35	0.26	0.27	0.24	0.15	0.15	0.16	0.11	0.07	0.04	0.12	0.2					
0.1	0.4	0.8	1.1	1.2	1	1	1.2	1	1.1	0.8	0.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.5					
31.6	26.9	27.5	27.6	27.6	27.7	27.8	27.7	27.2	26.9	26.9	27.4	27.1	28.2	28.5	28.6	28.3	28.9					

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

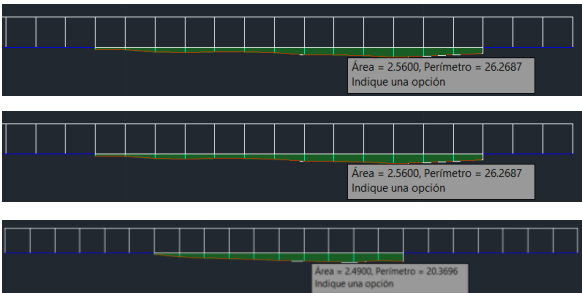
PUNTOS - 15 SEPTIEMBRE 2017																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			0.28	0.25	0.17	0.08	0.05															
			0.5	0.4	0.3	0.1	0.1															
			28.4	28.6	27.3	27.6	27.6															
												0.04	0.09	0.13	0.13	0.15	0.19	0.17	0.07			
												0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.4	0.2	0.1			
												27.4	27.8	27.9	27.8	28.6	28.2	28.8	28.8			
								0.05	0.11	0.2	0.15	0.17	0.2	0.21								
								0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	0.3	0.1								
								28.3	27.5	27.2	27.7	27.9	28.6	28.1								
				0.16	0.28	0.22	0.17	0.06														
				0.1	0.4	0.5	0.3	0.1														
				27.9	27.6	27.6	27.9	28.4														
				0.05	0.19	0.22	0.21	0.2	0.12													
				0.2	0.3	0.4	0.6	0.3	0.1													
				28.5	28.9	29	29	29.2	29.1													
								0.13	0.22	0.34	0.5											
								0.3	0.4	0.3	0.2											
								28.8	28.2	28.9	29.3											
				0.11	0.22	0.23	0.15	0.09	0.11	0.1	0.1	0.08										
				0.1	0.2	0.5	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1										
				29.4	29.6	29.5	29.8	30.2	30.5	30.1	29.6	29.1										
				0.17	0.29	0.26	0.21	0.18	0.08													
				0.1	0.2	0.5	0.4	0.2	0.1													
				28.8	28.4	28.3	28.9	29.4	29.7													

PUNTOS - 22 SEPTIEMBRE 2017																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			0.28	0.23	0.12	0.04	0.04															
			0.4	0.2	0.1	0.1	0.1															
			26.3	26.1	25.9	25.9	26															
												0.02	0.05	0.11	0.14	0.14	0.23	0.18	0.08			
												0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7	0.3	0.2			
												26.6	26.6	26.5	26.4	26.3	26.1	26	26			
										0.04	0.09	0.16	0.16	0.19	0.22							
										0.1	0.1	0.4	0.4	0.4	0.2							
										27	27	26.9	26.7	26.5	26.3							
				0.16	0.31	0.18	0.16															
				0.2	0.4	0.4	0.3															
				27.1	27	26.9	26.8															
						0.18	0.21	0.2	0.24	0.09												
						0.3	0.3	0.4	0.6	0.1												
						27.3	27.1	27	26.9	26.7												
									0.11	0.19	0.31	0.48										
									0.2	0.3	0.3	0.2										
									27.5	27.4	27	26.8										
						0.08	0.19	0.21	0.14	0.06	0.06	0.11	0.09	0.07								
						0.1	0.3	0.6	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1								
						28.5	28.1	27.5	27.2	27	27	27.2	27.2	27.2								
				0.16	0.28	0.27	0.22	0.19	0.09													
				0.1	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1													
				30	29.2	28.5	28.1	27.9	27.8													

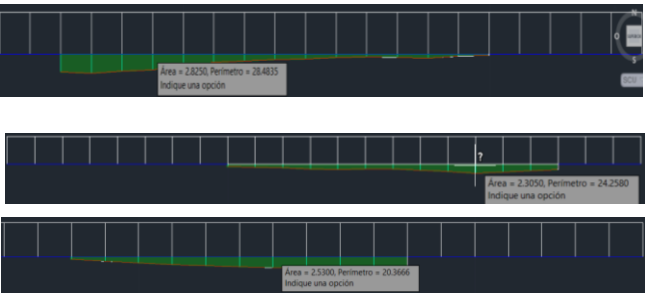
Anexo 3. Gráficas de cálculo de áreas.

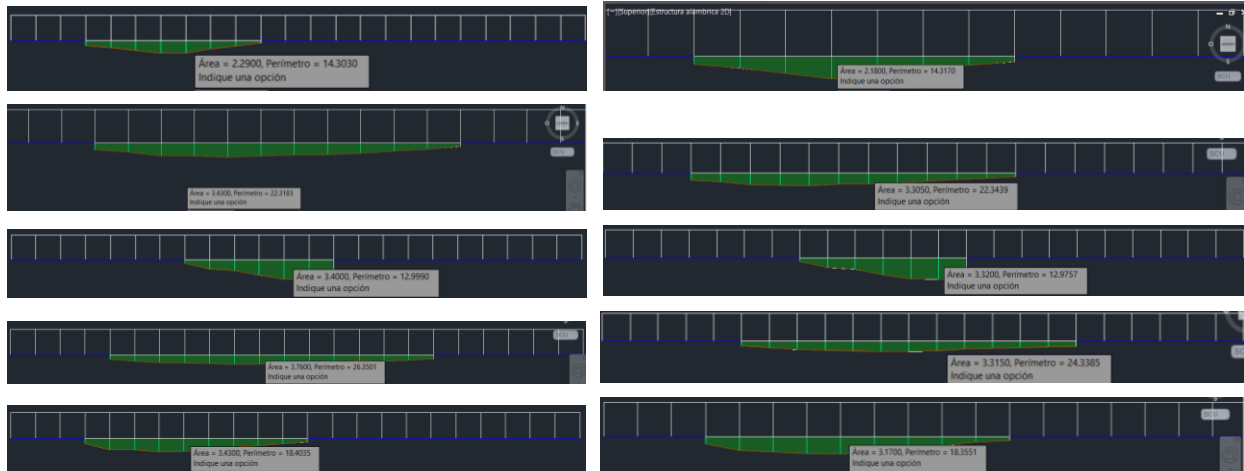
Junio

16 Junio 2017



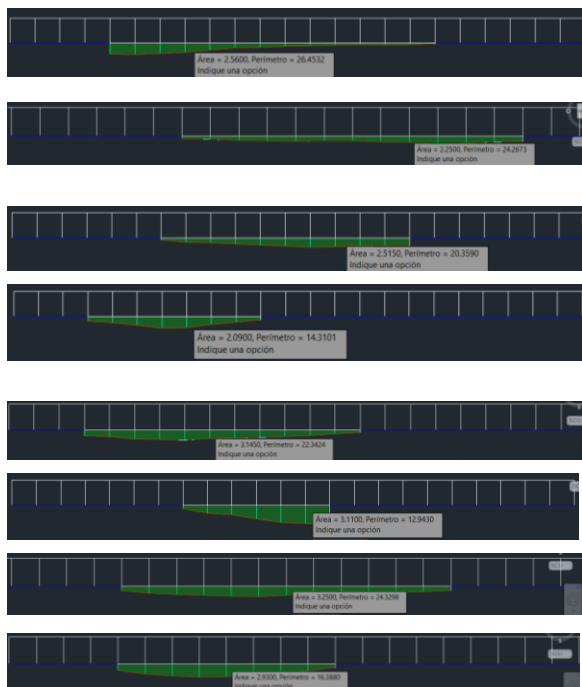
23 Junio 2017





Julio

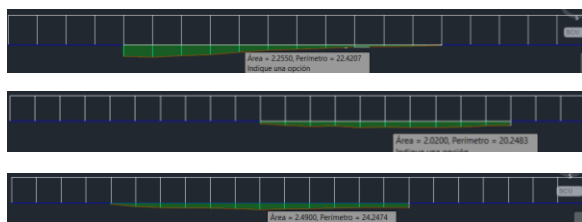
07 Julio 2017



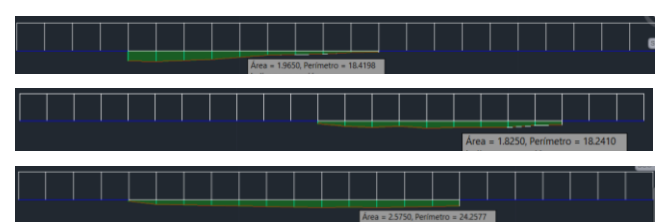
14 Julio 2017

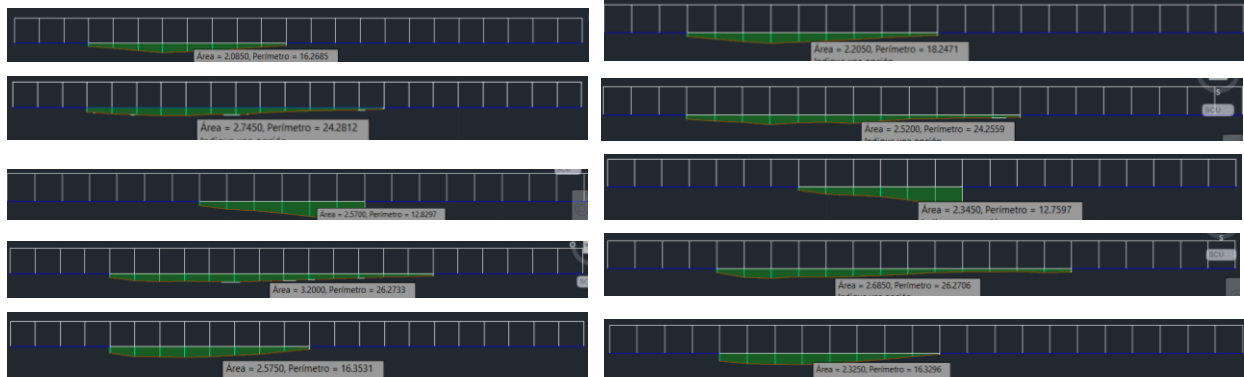


21 Julio 2017



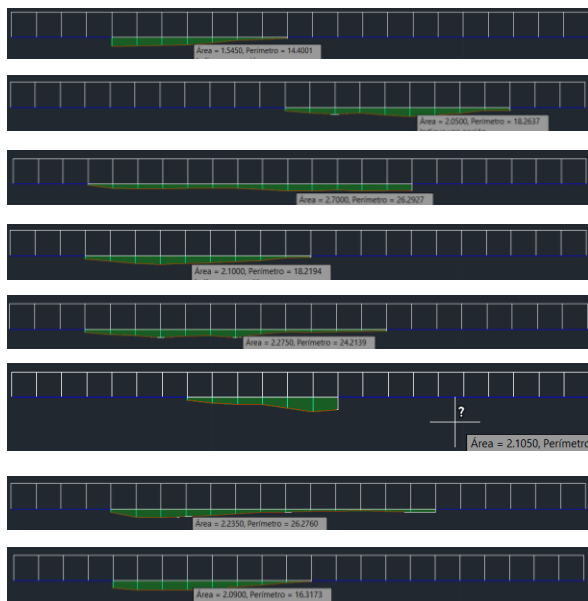
28 Julio 2017



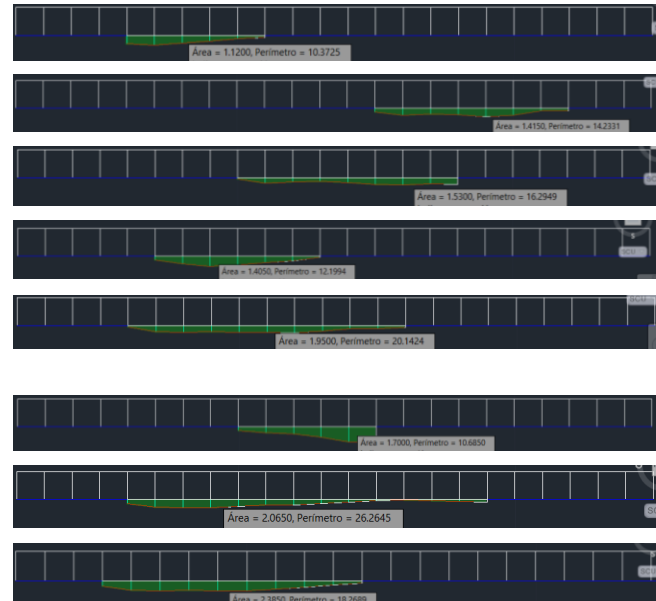


Agosto

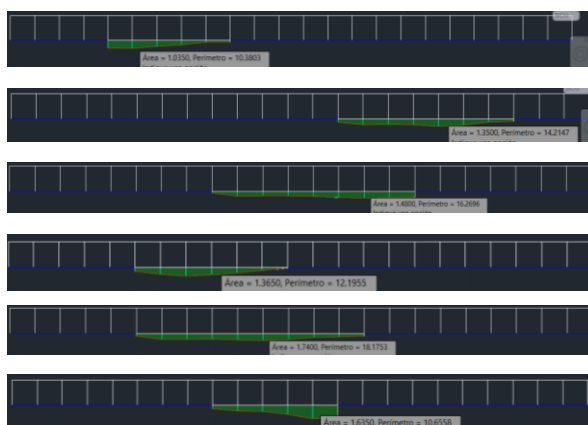
08 Agosto 2017



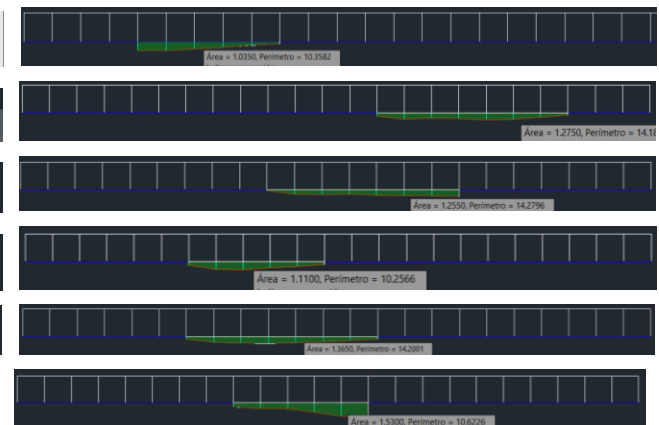
11 Agosto 2017



18 Agosto 2017



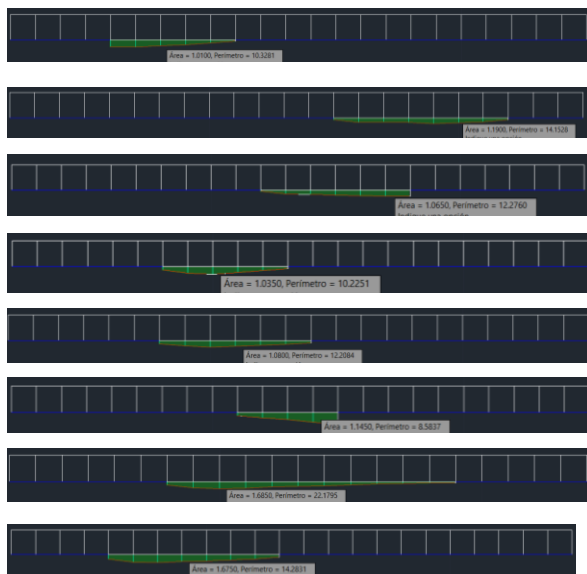
25 Agosto 2017





Septiembre

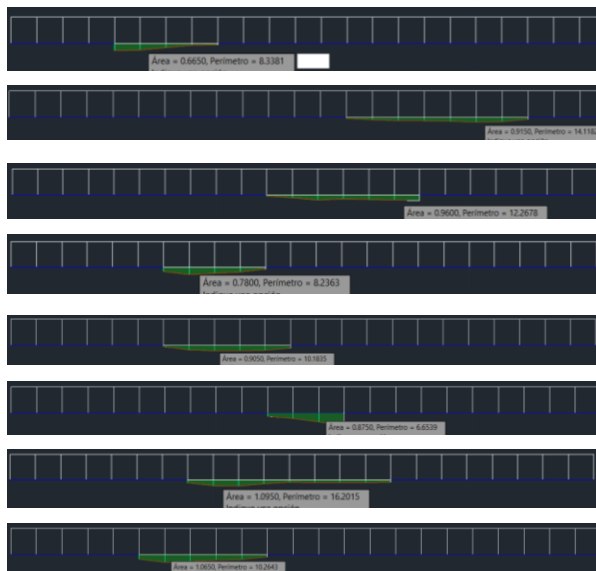
01 Septiembre 2017



08 Septiembre 2017



15 Septiembre 2017



22 Septiembre 2017



Estación Acacias 2017

Estación SENA 2017

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2018/02/27

ANO 2017

ESTACION : 35030030 SEMA

LATITUD	0407 N	TIPO EST	PG	DEPTO	META	FECHA-INSTALACION	1984-AGO
LONGITUD	7338 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	VILLAVICENCIO	FECHA-SUSPENSIÓN	
ELEVACION	0425 m.s.n.m.	REGIONAL	03 META-GUAVIAR	CORRIENTE	GUATIQHIA		

DIA	ENERO	* FEBRE	* MARZO	* ABRIL	* MAYO	* JUNIO	* JULIO	* AGOST	* SEPTI	* OCTUB	* NOVIE	* DICI
01	1.2	1.0	.2	11.7	18.3	21.3	46.9	.0	.0	2.0	1.7	
02	.0	.0	.6	.0	.0	7.6	.9	7.8	3.6	.0	.0	
03	.0	.0	.0	.0	54.0	7.2	5.3	41.9	.0	75.4	130.7	
04	.0	1.5	.5	.0	29.8	60.6	4.7	38.4	32.2	21.7	.4	
05	1.2	.0	6.2	.0	65.6	.0	.0	.3	4.8	.0		
06	7.7	.0	10.9	.0	.0	76.2	25.8	2.0	.1	4.3	27.0	
07	4.9	.0	5.3	.0	3.5	12.4	50.9	48.7	2.2	.0	1.6	
08	.0	.0	17.7	.0	7.8	.0	28.1	15.6	14.5	.1		
09	3.7	.0	.0	.2	13.5	42.7	.5	6.1	11.3	9.0	36.9	
10	1.3	.0	.0	.5	.3	3.4	37.3	7.8	.0	18.6	73.5	
11	.0	.0	32.8	.0	1.7	34.7	5.0	31.8	.0	.2	88.5	
12	.0	.0	83.8	.0	57.8	.0	.0	.0	4.0	37.3		
13	.0	.0	1.5	31.6	146.3	3.8	.0	.1	1.0	24.1	10.1	
14	14.0	.0	1.5	18.4	29.6	23.1	.9	4.4	8.2	8.8	20.8	
15	.0	.0	28.0	28.0	23.2	22.0	.0	15.9	13.2	22.9	3.7	
16	.0	.0	.0	2.3	.0	.0	4.2	3.0	3.2	18.8	4.0	
17	.9	22.6	.0	.0	54.9	.0	44.0	20.9	59.0	12.6	6.0	
18	.0	.0	.0	19.8	2.9	.0	22.2	4.8	.0	.0	1.9	
19	.0	.0	5.0	.0	8.9	20.9	3.1	13.3	2.3	4.1		
20	.0	.0	.0	47.9	3.7	4.3	.3	.0	10.6	34.3	.6	
21	.6	3.1	18.7	.1	34.2	.8	1.6	.7	4.0	8.7	.0	
22	14.2	.0	24.0	.4	24.6	22.7	.0	15.9	13.2	22.9	54.7	
23	13.4	23.0	4.6	2.3	1.0	16.1	.0	9.7	12.1	13.6	3.3	
24	1.5	3.7	7.2	.0	30.7	.6	7.8	.5	9.2	40.8	49.5	
25	4.2	6.0	.0	24.7	.0	3.9	14.3	.0	.0	.0	1.0	
26	.4	17.9	18.9	85.8	6.5	30.0	.0	11.8	8.0	4.1		
27	.6	5.6	28.3	11.5	9.1	36.4	.5	23.5	4.9	16.1	4.6	
28	.0	.0	27.0	5.1	8.0	.3	1.9	7.0	8.0	45.8	.0	
29	.0	.0	2.5	17.7	37.1	28.1	.6	14.5	10.3	55.8	.5	
30	10.1	59.4	.1	16.8	33.1	.6	2.1	1.6	.0	.0		
31	8.1	.0	7.9	.0	8.2	.0	.0	.0	.0	.0		
TOTAL	80.9	90.4	381.4	324.8	706.4	537.5	381.5	308.6	243.7	520.4	542.7	
Mo DE DIAS LUVIA	18	11	23	20	27	27	26	24	24	25	25	
MAXIMA EN 24 Hrs	14.0	23.0	99.4	83.5	146.3	76.2	50.9	48.7	59.0	75.4	130.7	

-- DATOS PRELIMINARES --

*** VALORES ANUALES ***

*** ORIGENES DE DATO ***

TOTAL

4118.3

250

146.3

1 : REGISTRADOS

Estación Unillanos 2017

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
VALORES TOTALES DIARIOS DE PRECIPITACION (mm)													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
FECHA DE PROCESO : 2018/02/27													
ANO 2017													
ESTACION : 35035070 UNILLANOS													
LATITUD	0404 N	TIPO EST	CP	DEPTO	META	FECHA-INSTALACION	1983-OCT						
LONGITUD	7334 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	VILLAVICENCIO	FECHA-SUSPENSION							
ELEVACION	0340 m.s.n.m	REGIONAL	03 META-GUAVIAR	CORRIENTE	GUATIQUEIA								
DIA	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	
01		.0	.0	13.0	22.0	1.0	73.1	1.0	.0	.0	7.0		
02		.0	2.9	1.0	.0	2.5	1.5	.0	.0	.0	.0		
03		.0	.0	.2	21.0	2.4	9.0	16.0	.0	55.0	122.0		
04	.2	1	1.4	1.0	42.0	38.1	.5	52.0	1.8	5.4	1.5		
05	.0	.0	11.0	1.0	87.0	.5	.0	.0	9.5	.0	.0		
06	.0	.0	.1	1.0	.0	.0	12.5	.2	1.5	5.6	3.8		
07	.0	.0	4.5	.0	4.0	+	1.5	8.8	.3	.0	.0		
08	.0	.0	7.0	.0	5.0	+	33.0	.7	2.2	.0	.0		
09	.0	.0	.0	3.0	26.0	+	.8	.1	1.5	17.0	.6		
10	.1	1	.0	9.0	.0	+	28.0	19.5	.1	25.4	64.0		
11	.0	.0	5.0	.0	16.0	114.4	4.5	32.4	.0	3.2	46.0		
12	.0	.0	10.0	.0	39.0	74.0	.7	.5	1.0	.0	.0		
13	.0	.0	.0	33.0	78.0	10.2	1	.0	.0	42.0	7.8	1	
14	1.0	.0	.0	5.7	16.0	5.0	20.0	.0	7.4	67.0	.0	6.7	
15	.0	.0	7.8	1	.1	40.0	89.0	.0	18.8	1	4.0	41.7	1.5
16	.0	.0	.0	.0	13.0	.5	1.0	1.0	17.4	1	6.7	4.9	1
17	.2	1	.2	1	.0	15.0	.0	7.5	8.0	22.3	1	2.7	1
18	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2.5	19.0	8.4	1	.0	1.0	.0
19	.0	.0	13.0	.0	.0	.0	.6	14.0	8.7	1	3.5	.0	4
20	.0	.0	.0	1.4	33.0	.0	1.0	2.0	.0	.0	11.0	.0	.0
21	26.0	.6	1	19.0	.0	1.0	2.0	.7	.5	.0	35.0	.0	.0
22	.0	10.0	59.0	1.5	2.6	8.5	15.0	.0	.0	.0	9.0	.0	.0
23	.0	29.0	4.0	17.5	1.5	15.0	.0	6.6	2.2	1	2.1	.0	.0
24	.0	.0	.5	.0	22.0	1.1	1	6.5	.0	7.5	7.5	65.0	.0
25	.0	18.5	.0	28.0	.0	8.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
26	12.9	1	19.3	34.0	18.0	74.5	3.4	15.0	.0	7.5	1	.0	4.2
27	.0	7.7	19.0	24.0	20.5	4.8	1.0	1	.5	.0	2.5	.0	.0
28	1.6	1	.0	9.7	1	5.0	18.0	.6	2.7	5.0	3.1	1	49.0
29	.0	.0	11.8	1	17.0	67.0	20.0	7	28.0	12.0	39.0	.0	.0
30	1.6	1	39.0	.5	4.1	1	27.0	.3	.1	1	5.0	1.4	.0
31	6.5	.0	.0	.0	12.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
TOTAL	50.8	3	85.6	292.8	256.8	598.2	427.1	259.5	223.0	167.8	350.3	346.4	
No DE DIAS LLUVIA	8	3	9	22	17	23	23	25	21	20	19	122.0	
MAXIMA EN 24 Hrs	26.0	3	29.0	59.0	38.0	87.0	73.1	52.0	67.0	55.0			
** DATOS PRELIMINARES **													
*** VALORES ANUALES ***													
TOTAL 3058.3													
No DE DIAS LLUVIA 203													
MAXIMA EN 24 Hrs 122.0													
** ORIGENES DE DATO **													
1 : REGISTRADOS													
3 : INCOMPLETOS													

Anexo 5. Datos Históricos de la Estación Meteorológica SENA.

AÑO/MES	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	ANUAL
1986	79.91	88.40	167.80	308.59	703.40	414.10	439.50	238.40	379.70	282.33	276.90	73.90	3452.93
1987	125.40	133.30	317.20	354.70	290.20	401.32	322.30	282.50	316.80	581.10	323.70	32.60	3481.12
1988	3.30	8.40	154.90	336.00	275.00	394.55	219.90	316.99	55.80	330.46	335.18	227.25	2657.73
1989	103.13	75.47	80.80	258.05	447.20	372.21	415.89	311.79	414.07	419.10	464.70	210.50	3572.91
1990	66.50	145.73	137.70	751.10	598.20	397.56	280.60	250.60	225.70	185.90	467.20	173.90	3680.69
1991	101.22	79.10	175.80	454.71	482.50	415.43	369.59	334.99	433.36	389.50	349.23	143.63	3729.05
1992	107.45	10.00	173.28	448.06	221.71	426.86	385.94	333.49	462.49	364.80	121.15	143.30	3198.52
1993	145.10	108.50	358.90	522.20	390.40	360.70	575.00	354.10	375.40	293.00	273.60	163.60	3920.50
1994	95.40	34.00	182.76	430.00	543.20	260.50	468.30	285.80	573.40	600.90	377.90	92.90	3945.06
1995	88.90	13.90	141.80	375.70	644.80	524.30	10.00	348.94	366.39	363.00	410.20	157.08	3445.01
1996	69.24	144.78	168.22	497.60	596.68	504.78	408.70	352.60	389.14	325.80	563.30	283.20	4304.04
1997	138.60	101.90	153.00	414.80	739.40	589.20	467.70	326.00	608.10	241.30	223.20	12.80	4016.00
1998	30.70	228.40	293.00	621.80	641.00	475.80	354.68	427.80	317.80	313.00	445.90	170.20	4320.08
1999	92.20	229.90	157.80	677.20	423.90	568.60	321.60	325.00	266.00	615.80	439.30	189.20	4306.50
2000	68.30	130.40	93.20	495.50	497.80	372.30	356.10	313.30	250.90	319.10	379.30	130.00	3406.20
2001	16.40	33.30	144.10	278.70	681.30	518.00	543.40	370.90	502.90	527.40	398.30	403.20	4417.90
2002	9.20	4.70	350.30	616.80	821.60	651.20	555.40	353.80	419.30	536.40	200.70	166.60	4686.00
2003	1.30	45.50	127.70	506.90	412.40	609.60	255.00	394.30	472.40	484.20	442.80	278.40	4030.50
2004	88.00	346.20	135.40	539.20	788.80	575.70	449.60	236.40	442.31	240.90	307.10	208.70	4358.31
2005	71.10	232.70	138.10	420.30	582.00	468.20	283.20	275.00	309.70	580.00	418.40	29.50	3808.20
2006	85.50	15.40	348.40	489.30	636.80	494.40	290.70	259.80	257.90	562.10	559.20	177.70	4177.20
2007	12.80	16.20	320.60	419.70	660.00	497.06	347.20	428.80	271.60	492.20	242.60	122.80	3831.56
2008	30.80	20.40	31.60	304.70	383.30	340.60	378.40	355.20	432.10	443.20	512.20	118.80	3351.30
2009	88.40	66.50	251.30	454.30	425.20	676.50	534.50	469.20	277.10	455.10	304.10	98.70	4100.90
2010	0.60	135.30	332.40	682.80	492.50	480.00	483.70	422.40	302.50	452.80	396.90	363.50	4545.40
2011	92.30	137.90	109.00	451.80	640.50	540.70	398.60	422.90	455.40	412.50	607.60	401.20	4670.40
2012	32.30	87.00	652.70	557.80	670.80	447.50	517.40	406.90	286.60	506.60	284.40	393.80	4843.80
2013	0.20	106.60	242.50	602.90	893.90	464.80	444.80	292.80	242.80	434.50	417.10	161.90	4304.80
2014	40.80	99.70	211.10	510.90	467.80	695.60	342.60	291.20	326.50	341.90	381.70	159.80	3869.60
2015	158.10	28.50	175.60	470.10	447.00	467.90	474.10	302.00	362.10	418.40	423.70	181.50	3909.00
2016	3.60	55.20	191.10	754.60	536.00	381.40	388.60	661.90	406.00	510.90	611.10	438.60	4939.00

Anexo 6. Datos del levantamiento topográfico.

ID	NOMBRE	Contour M	UTM_X	UTM_Y
1	P00(5)	397	650962.52	453418.41
2	P001	397.45	650972.26	453416.19
3	P002	397.37	650970.29	453416.68
4	P003	397	650968.29	453416.8
5	P004	396.9	650966.46	453417.66
6	P006	397.27	650964.5	453418.1
7	P007	397.49	650960.63	453418.98
8	P008	398.25	650958.52	453418.97
9	P01(5)	400	950962.01	453412.67
10	P011	41.47	650969.99	453411.81
11	P012	400.72	650967.96	453412.01
12	P013	400	950965.94	453412
13	P014	399.8	650963.97	453412.34
14	P016	400.27	650960	453412.2
15	P017	400.57	650957.97	453412.12
16	P02(4)	401	650962.18	453404.34
17	P021	402.94	650968.17	453403.87
18	P022	401.19	650966.17	453404.03
19	P023	400.85	650964.18	453404.13
20	P025	401.26	650960.13	453404.12
21	P026	401.39	650958.3	453404.6
22	P027	401.59	650956.25	453404.76
23	P03(4)	402	650956.51	453395.38
24	P031	402.22	650962.29	453394.01
25	P032	401.9	650960.37	453394.31
26	P033	401.97	650958.44	453395.02
27	P035	402.13	650954.58	453395.97
28	P036	402.35	650952.65	453396.75
29	P037	402.52	650950.73	453397.22
30	P04(4)	402	650955.56	453386.66
31	P041	404.28	650959.48	453385.73
32	P042	403.12	650957.5	453386.04
33	P043	401.86	650953.52	453386.8
34	P045	402.31	650951.52	453387.57
35	P046	402.53	650948.65	453388.15
36	P10(3)	403	650950.75	453376.39
37	P101	404.82	650954.72	453375.53
38	P102	403.66	650952.74	453375.96
39	P104	402.88	650948.86	453376.97
40	P105	403.12	650946.91	453377.4
41	P106	403.7	950944.96	453377.79
42	P107	404.73	950942.96	453378.37
43	P11(5)	406	950943.16	453370.29
44	P111	408.59	650951.14	453369.02
45	P112	407.03	650949.08	453369.45
46	P113	405.84	650947.16	453369.63
47	P114	405.96	650945.14	453370.06
48	P116	406.48	650941.23	453370.67
49	P117	407.25	650939.21	453370.76
50	P12(6)	406	650932.11	453364.7
51	P121	407.55	650941.58	453361.52
52	P122	406.27	650939.7	453362.13
53	P123	405.95	650937.82	453362.75
54	P124	405.9	650935.94	453363.51
55	P125	405.96	650934.05	453364.17
56	P13(5)	407	650932.47	453355.81
57	P131	409.17	650940.11	453353.18
58	P132	408.01	650938.08	453353.7
59	P133	406.86	650936.25	453354.56
60	P134	406.94	650934.41	453355.28

61	P136	408.43	650930.62	453356.63
62	P14(8)	409	650917.07	453346.12
63	P141	410.66	650930.68	453342.93
64	P142	409.7	650928.7	453343.19
65	P143	409.17	650926.78	453343.71
66	P144	408.97	650924.8	453344.3
67	P145	408.9	650922.88	453344.82
68	P146	408.8	650921.03	453345.54
69	P147	408.94	650919.05	453345.73
70	P20(5)	409	650914.59	453328.5
71	P201	411.98	650922.61	453327.88
72	P202	410.14	650920.53	453328.06
73	P203	408.9	650918.6	453328.19
74	P204	408.93	650916.61	453328.23
75	P21(5)	417	650917.18	453320.95
76	P211	419.71	650925.25	453320.74
77	P212	418.19	650923.17	453320.83
78	P213	417.5	650921.24	453320.92
79	P214	416.9	650919.16	453320.91
80	P216	417.25	650915.15	453320.95
81	P217	417.64	650913.22	453320.76
82	P218	419.11	650911.14	453321.08
83	P22(6)	417	650916.14	453310.73
84	P221	419.39	650926	453311.89
85	P222	418.24	650924.11	453311.66
86	P223	417.27	650922.13	453311.38
87	P224	416.9	650920.11	453311.24
88	P225	416.94	650918.08	453311.15
89	P227	418.24	650914.21	453310.32
90	P228	419.35	650912.18	453310.31
91	P23(3)	418	650919.12	453300.08
92	P231	419.68	650923.25	453300.23
93	P232	417.9	650921.19	453300.22
94	P234	418.48	650917.06	453300.15
95	P235	418.61	650915.21	453299.94
96	P236	419.55	650913.14	453300.48
97	P24(2)	420	650923.15	453290.84
98	P241	421.69	650925.13	453290.89
99	P243	419.9	650921.23	453290.52
100	P244	420.3	650919.15	453290.21
101	P245	420.48	650917.22	453289.74
102	P246	420.88	650915.24	453289.84
103	P247	421.79	650913.37	453288.91
104	P30(12)	421	650907.63	453278.62
105	P301	422.16	650929.18	453274.21
106	P302	420.27	650927.2	453274.52
107	P303	419.75	650925.22	453274.83
108	P304	419.8	650923.25	453275.34
109	P305	420.33	650921.27	453275.75
110	P306	420.54	650919.39	453276.16
111	P307	420.7	650917.47	453276.99
112	P308	420.76	650915.44	453277.14
113	P309	420.81	650913.51	453277.44
114	P3010	420.89	650911.48	453277.75
115	P3011	420.94	650909.56	453278.16
116	P31(16)	422	650903.14	453270.88
117	P311	424.78	650927.67	453254.04
118	P312	423.7	650925.84	453255.16
119	P313	422.18	650924.02	453255.93
120	P314	420.8	650922.63	453257.48
121	P315	420.86	650920.98	453258.6
122	P316	421.19	650919.07	453259.37
123	P317	421.25	650917.33	453260.32
124	P318	421.56	650915.94	453261.87
125	P319	421.62	650913.94	453262.47
126	P3110	421.68	650913.18	453264.38
127	P3111	421.72	650911.67	453265.39
128	P3112	421.79	650909.85	453266.39

129	P3113	421.81	650908.28	453267.77
130	P3114	421.85	650906.36	453268.46
131	P3115	421.98	650904.97	453269.93
132	P32(16)	422	650898.79	453262.91
133	P321	425.85	650924.61	453247.89
134	P322	423.42	650922.87	453248.66
135	P323	420.9	650921.04	453249.61
136	P324	420.93	650919.38	453250.56
137	P325	421.16	650917.55	453251.42
138	P326	421.22	650915.72	453252.37
139	P327	421.26	650914.06	453253.5
140	P328	421.31	650912.14	453254.1
141	P329	421.37	650910.74	453255.65
142	P3210	421.45	650909	453256.69
143	P3211	421.49	650907.34	453257.81
144	P3212	421.57	650905.34	453258.42
145	P3213	421.61	650903.76	453259.71
146	P3214	421.76	650902.02	453260.75
147	P3215	421.84	650900.54	453261.96
148	P3217	421.93	650896.96	453263.94
149	P33(16)	422	650890.09	453255.71
150	P331	425.74	650913.74	453237.22
151	P332	423.35	650911.99	453238.43
152	P333	420.8	650910.68	453239.98
153	P334	420.91	650909.11	453241.11
154	P335	421.12	650907.54	453242.4
155	P336	421.23	650905.97	453243.53
156	P337	421.28	650904.4	453244.91
157	P338	421.36	650902.74	453246.12
158	P339	421.41	650901.78	453248.02
159	P3310	421.47	650899.6	453248.54
160	P3311	421.56	650898.29	453250.01
161	P3312	421.63	650896.46	453251.04
162	P3313	421.75	650894.89	453252.25
163	P3314	421.82	650893.4	453253.46
164	P3315	421.94	650891.83	453254.76
165	P34(13)	422	650886.01	453247.21
166	P341	424.76	650899.03	453227.07
167	P342	423.07	650897.89	453228.71
168	P343	420.58	650897.19	453230.53
169	P344	420.65	650895.97	453232.17
170	P345	421.32	650894.92	453233.9
171	P346	421.54	650893.61	453235.37
172	P347	121.62	650892.82	453237.36
173	P348	421.71	650891.51	453238.83
174	P349	421.86	650890.38	453240.56
175	P3410	421.93	650889.68	453242.2
176	P3411	421.97	650888.1	453243.93
177	P3412	422.11	650887.32	453245.66
178	P3414	423.68	650884.96	453248.86
179	P40(14)	423	650871.14	453247.99
180	P401	424.92	650877.34	453222.7
181	P402	423.7	650876.89	453224.77
182	P403	422.56	650876.34	453226.73
183	P404	421.75	650875.79	453228.58
184	P405	421.32	650875.57	453230.66
185	P406	421.62	650874.68	453232.51
186	P407	422.25	650874.35	453234.47
187	P408	422.36	650873.8	453236.44
188	P409	422.42	650873.25	453238.29
189	P4010	422.51	650873.35	453246.36
190	P4011	422.63	650872.69	453242.32
191	P4012	422.74	650872.14	453244.18
192	P4013	722.8	650871.37	453246.03

193	P41(14)	436	650871.27	453247.87
194	P411	439.64	650872.52	453221.8
195	P412	437.94	650872.3	453223.87
196	P413	436.38	650872.29	453225.95
197	P414	434.98	650872.29	453227.91
198	P415	434.9	650072.18	453229.87
199	P416	434.85	650872.06	453231.95
200	P417	435.11	650871.73	453233.91
201	P418	435.24	650871.84	453235.98
202	P419	435.33	650871.72	453237.95
203	P4110	435.48	650871.5	453239.91
204	P4111	435.56	650871.72	453241.87
205	P4112	435.72	650871.38	453244.05
206	P4113	435.79	650871.38	453245.91
207	P42(14)	436	650862.81	453247.63
208	P421	440.11	650864.43	453221.64
209	P422	438.39	650864.3	453223.69
210	P423	437.57	650864.06	453225.61
211	P424	436.94	650863.81	453227.54
212	P425	434.9	650863.93	453229.7
213	P426	434.95	650863.8	453231.63
214	P427	435.1	650863.92	453233.67
215	P428	435.19	650863.68	453235.6
216	P429	435.25	650863.67	453237.64
217	P4210	435.34	650863.43	453239.45
218	P4211	435.56	650863.18	453241.61
219	P4212	435.62	650863.18	453243.66
220	P4213	435.78	650862.81	453245.58
221	P4215	438.3	650862.93	453249.67
222	P43(13)	436	650857.96	453246.54
223	P431	440.15	650857.4	453222.59
224	P432	439.2	650857.52	453224.64
225	P433	438.31	650857.51	453226.57
226	P434	437.43	650857.39	453228.49
227	P435	436.51	650857.63	453230.54
228	P436	434.84	650858.11	453232.58
229	P437	434.91	650857.5	453234.75
230	P438	435.15	650857.74	453236.67
231	P439	435.22	650857.62	453238.6
232	P4310	435.36	650857.98	453240.52
233	P4311	435.42	650857.85	453242.57
234	P4312	435.53	650857.73	453244.49
235	P4314	438.38	650858.2	453248.58
236	P44(13)	438	650849.85	453247.73
237	P441	441.23	650850.01	453223.67
238	P442	439.21	650850.01	453225.71
239	P443	438.95	650850	453227.64
240	P444	437.63	650850	453229.68
241	P445	437.82	650850	453231.61
242	P446	436.56	650850.11	453233.65
243	P447	436.75	650849.51	453235.58
244	P448	436.84	650850.23	453237.74
245	P449	436.94	650850	453239.67
246	P4410	437.52	650849.74	453241.71
247	P4411	437.87	650850	453243.64
248	P4412	437.92	650849.73	453245.68
249	P4414	439.38	650849.97	453249.65
250	P50(13)	438	650845.4	453248.65
251	P501	441.12	650837.46	453226
252	P502	440.2	650838.4	453227.78
253	P503	439.47	650838.96	453229.73
254	P504	438.93	650839.8	453231.6
255	P505	438.87	650840.26	453233.55
256	P506	438.75	650840.92	453235.42

257	P507	438.52	650841.66	453237.28
258	P508	438.41	650842.04	453239.33
259	P509	438.32	650842.88	453241.1
260	P5010	438.12	650843.91	453242.78
261	P5011	437.9	650843.9	453244.92
262	P5012	437.95	650845.02	453246.7
263	P5014	439.46	650846.42	453250.52
264	P51(12)	441	650838.35	453252.02
265	P511	443.96	650830.55	453231.33
266	P512	442.34	650831.37	453233.27
267	P513	441.92	650832.4	453234.91
268	P514	441.75	650833.01	453236.86
269	P515	441.64	650833.94	453238.6
270	P516	441.52	650834.55	453240.55
271	P517	441.43	650834.86	453242.6
272	P518	441.3	650835.57	453244.44
273	P519	441.13	650836.19	453246.39
274	P5110	440.91	650837.11	453248.13
275	P5111	440.94	650837.73	453250.08
276	P5113	442.63	650838.75	453253.97
277	P52(12)	442	650830.92	453253.75
278	P521	445.09	650823.33	453233.16
279	P522	444.16	650823.94	453235
280	P523	443.17	650824.87	453236.85
281	P524	442.58	650825.48	453238.69
282	P525	442.44	650826.3	453240.43
283	P526	442.36	650826.82	453242.48
284	P527	442.29	650827.43	453244.22
285	P528	442.22	650828.46	453246.17
286	P529	442.15	650829.07	453248.02
287	P5210	441.89	650829.9	453249.86
288	P5211	441.94	650830.2	453251.91
289	P5213	443.19	650831.54	453255.7
290	P53(12)	443	650823.85	453255.89
291	P531	444.84	650815.88	453235.26
292	P532	443.69	650816.63	453237.19
293	P533	442.94	650817.34	453239.13
294	P534	442.67	650818.09	453240.91
295	P535	442.58	650818.68	453242.86
296	P536	442.41	650819.4	453244.7
297	P537	442.36	650820.03	453246.66
298	P538	442.25	650820.79	453248.79
299	P539	441.85	650821.45	453250.39
300	P5310	441.92	650822.19	453252.16
301	P5311	442.56	650823.13	453253.9
302	P54(11)	444	650815.5	453254.9
303	P541	447.04	650812.2	453235.17
304	P542	445.39	650812.5	453237.17
305	P543	444.88	650813.09	453239.1
306	P544	444.63	650813.32	453241.09
307	P545	444.57	650813.63	453243.08
308	P546	444.42	650813.57	453245
309	P547	444.36	650814.16	453247.16
310	P548	444.23	650814.32	453248.97
311	P549	443.91	650814.83	453250.88
312	P5410	443.8	650814.99	453252.99
313	P5412	445.52	650815.95	453256.87
314	P60(11)	445	650808.32	453256.49
315	P601	448.13	650806.37	453236.5
316	P602	446.55	650806.89	453238.48
317	P603	445.95	650806.82	453240.57
318	P604	444.86	650806.87	453242.54
319	P605	444.45	650807.04	453244.44
320	P606	444.38	650807.44	453246.52

321	P607	445.27	650807.49	453248.53
322	P608	444.92	650807.83	453250.43
323	P609	444.8	650807.87	453252.43
324	P6010	444.96	650808.04	453254.44
325	P61(9)	445	650796.59	453254.99
326	P611	448.05	650795.4	453239.04
327	P612	447.07	650795.46	453241.07
328	P613	446.11	650795.58	453243.04
329	P614	445.85	650795.82	453245
330	P615	445.62	650795.94	453247.02
331	P616	445.48	650796	453249.03
332	P617	445.29	650796.17	453251.04
333	P618	444.94	650796.29	453253.04
334	P6110	447.01	650796.65	453257.04
335	P62(10)	445	650788.65	453257.9
336	P621	447.81	650787.74	453239.43
337	P622	446.46	650787.86	453241.52
338	P623	445.89	650788.03	453243.49
339	P624	445.72	650788.14	453245.39
340	P625	445.54	650788.02	453247.41
341	P626	445.46	650788.14	453249.48
342	P627	445.24	650788.37	453251.38
343	P628	444.93	650788.42	453253.44
344	P629	444.84	650788.59	453255.44
345	P63(10)	445	650777.33	453258.28
346	P631	447.62	650777.08	453240.34
347	P632	446.55	650777.2	453242.31
348	P633	445.94	650777.15	453244.39
349	P634	445.74	650777.16	453246.35
350	P635	445.57	650777.11	453248.31
351	P636	445.36	650777.18	453250.32
352	P637	445.21	650777.19	453252.33
353	P638	444.95	650777.2	453254.39
354	P639	444.92	650777.38	453256.34
355	P64(9)	445	650766.85	453255.46
356	P641	448.06	650766.12	453239.51
357	P642	446.98	650766.25	453241.48
358	P643	445.9	650766.22	453243.51
359	P644	445.67	650766.47	453245.47
360	P645	445.42	650766.54	453247.55
361	P646	445.28	650766.62	453249.56
362	P647	444.98	650766.58	453251.51
363	P648	444.84	650766.78	453253.52
364	P6410	447.68	650766.99	453257.52
365	P70(9)	447	650756.2	453257.06
366	P701	448.98	650756.99	453240.97
367	P702	447.81	650757	453242.94
368	P703	446.84	650756.9	453244.97
369	P704	446.64	650756.81	453247
370	P705	446.48	650756.53	453248.96
371	P706	446.25	650756.49	453250.98
372	P707	446.11	650756.39	453252.93
373	P708	445.93	650756.29	453254.94

Anexo 7. Cálculos de curvas IDF.

t (minutos)	t (horas)	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
5.00	0.08	241.36	271.54	317.31	356.99	401.64
10.00	0.17	155.96	175.46	205.04	230.68	259.53
15.00	0.25	120.80	135.91	158.82	178.68	201.02
20.00	0.33	100.78	113.38	132.49	149.06	167.70
25.00	0.42	87.56	98.51	115.12	129.51	145.71
30.00	0.50	78.06	87.82	102.62	115.46	129.90
35.00	0.58	70.83	79.69	93.13	104.77	117.87
40.00	0.67	65.12	73.26	85.61	96.32	108.36
45.00	0.75	60.46	68.02	79.49	89.43	100.61
50.00	0.83	56.58	63.66	74.38	83.69	94.15
55.00	0.92	53.28	59.95	70.05	78.81	88.67
60.00	1.00	50.44	56.75	66.31	74.61	83.94
65.00	1.08	47.96	53.96	63.05	70.94	79.81
70.00	1.17	45.77	51.50	60.18	67.70	76.17
75.00	1.25	43.82	49.31	57.62	64.82	72.93
80.00	1.33	42.08	47.34	55.32	62.24	70.02
85.00	1.42	40.50	45.57	53.25	59.91	67.40
90.00	1.50	39.07	43.96	51.36	57.79	65.01
95.00	1.58	37.76	42.48	49.64	55.85	62.84
100.00	1.67	36.56	41.13	48.07	54.08	60.84
105.00	1.75	35.45	39.89	46.61	52.44	59.00
110.00	1.83	34.43	38.74	45.26	50.93	57.29
115.00	1.92	33.48	37.67	44.01	49.52	55.71
120.00	2.00	32.59	36.67	42.85	48.21	54.24
125.00	2.08	31.77	35.74	41.76	46.98	52.86
130.00	2.17	30.99	34.87	40.74	45.84	51.57
135.00	2.25	30.26	34.05	39.79	44.76	50.36
140.00	2.33	29.58	33.28	38.88	43.75	49.22
145.00	2.42	28.93	32.55	38.03	42.79	48.14
150.00	2.50	28.32	31.86	37.23	41.89	47.12
155.00	2.58	27.74	31.21	36.47	41.03	46.16
160.00	2.67	27.19	30.59	35.75	40.22	45.25
165.00	2.75	26.67	30.00	35.06	39.45	44.38
170.00	2.83	26.17	29.44	34.41	38.71	43.55
175.00	2.92	25.70	28.91	33.78	38.01	42.76

180.00	3.00	25.25	28.40	33.19	37.34	42.01
185.00	3.08	24.81	27.92	32.62	36.70	41.29
190.00	3.17	24.40	27.45	32.08	36.09	40.60
195.00	3.25	24.00	27.01	31.56	35.50	39.95
200.00	3.33	23.62	26.58	31.06	34.94	39.31
205.00	3.42	23.26	26.17	30.58	34.40	38.71
210.00	3.50	22.91	25.77	30.12	33.89	38.12
215.00	3.58	22.57	25.40	29.68	33.39	37.56
220.00	3.67	22.25	25.03	29.25	32.91	37.02
225.00	3.75	21.93	24.68	28.84	32.44	36.50
230.00	3.83	21.63	24.34	28.44	32.00	36.00
235.00	3.92	21.34	24.01	28.06	31.57	35.51
240.00	4.00	21.06	23.69	27.69	31.15	35.05
245.00	4.08	20.79	23.39	27.33	30.75	34.59
250.00	4.17	20.53	23.09	26.99	30.36	34.16
255.00	4.25	20.27	22.81	26.65	29.98	33.73
260.00	4.33	20.03	22.53	26.33	29.62	33.32
265.00	4.42	19.79	22.26	26.01	29.27	32.93
270.00	4.50	19.55	22.00	25.71	28.92	32.54
275.00	4.58	19.33	21.75	25.41	28.59	32.17
280.00	4.67	19.11	21.50	25.13	28.27	31.80
285.00	4.75	18.90	21.26	24.85	27.95	31.45
290.00	4.83	18.69	21.03	24.58	27.65	31.11
295.00	4.92	18.49	20.81	24.31	27.35	30.77
300.00	5.00	18.30	20.59	24.06	27.07	30.45
305.00	5.08	18.11	20.37	23.81	26.79	30.14
310.00	5.17	17.92	20.17	23.57	26.51	29.83
315.00	5.25	17.74	19.96	23.33	26.25	29.53
320.00	5.33	17.57	19.77	23.10	25.99	29.24
325.00	5.42	17.40	19.57	22.87	25.73	28.95
330.00	5.50	17.23	19.39	22.66	25.49	28.68
335.00	5.58	17.07	19.20	22.44	25.25	28.41
340.00	5.67	16.91	19.03	22.23	25.01	28.14
345.00	5.75	16.76	18.85	22.03	24.78	27.88
350.00	5.83	16.61	18.68	21.83	24.56	27.63
355.00	5.92	16.46	18.52	21.64	24.34	27.39
360.00	6.00	16.31	18.35	21.45	24.13	27.15

Anexo 8. Datos de cálculos para hietogramas.

t (minutos)	ΔP_1	ΔP_2	ΔP_3	ΔP_4	ΔP_5						
5	0.51	0.57	0.67	0.75	0.85	175	4.21	4.73	5.53	6.22	7.00
10	0.52	0.58	0.68	0.77	0.86	180	20.11	22.63	26.44	29.75	33.47
15	0.53	0.59	0.70	0.78	0.88	185	5.88	6.62	7.73	8.70	9.78
20	0.54	0.61	0.71	0.80	0.90	190	3.39	3.82	4.46	5.02	5.64
25	0.55	0.62	0.72	0.81	0.92	195	2.55	2.86	3.35	3.77	4.24
30	0.56	0.63	0.74	0.83	0.93	200	2.09	2.35	2.75	3.10	3.48
35	0.57	0.64	0.75	0.85	0.95	205	1.80	2.03	2.37	2.67	3.00
40	0.59	0.66	0.77	0.87	0.98	210	1.60	1.80	2.10	2.36	2.66
45	0.60	0.67	0.79	0.89	1.00	215	1.44	1.62	1.90	2.14	2.40
50	0.61	0.69	0.81	0.91	1.02	220	1.32	1.49	1.74	1.96	2.20
55	0.63	0.71	0.83	0.93	1.05	225	1.23	1.38	1.61	1.81	2.04
60	0.65	0.73	0.85	0.95	1.07	230	1.15	1.29	1.51	1.69	1.91
65	0.66	0.75	0.87	0.98	1.10	235	1.08	1.21	1.42	1.59	1.79
70	0.68	0.77	0.90	1.01	1.13	240	1.02	1.15	1.34	1.51	1.69
75	0.70	0.79	0.92	1.04	1.17	245	0.97	1.09	1.27	1.43	1.61
80	0.72	0.81	0.95	1.07	1.20	250	0.92	1.04	1.21	1.36	1.53
85	0.75	0.84	0.98	1.10	1.24	255	0.88	0.99	1.16	1.31	1.47
90	0.77	0.87	1.01	1.14	1.28	260	0.85	0.95	1.11	1.25	1.41
95	0.80	0.90	1.05	1.18	1.33	265	0.81	0.92	1.07	1.20	1.36
100	0.83	0.93	1.09	1.23	1.38	270	0.79	0.88	1.03	1.16	1.31
105	0.86	0.97	1.14	1.28	1.44	275	0.76	0.85	1.00	1.12	1.26
110	0.90	1.01	1.19	1.33	1.50	280	0.73	0.83	0.97	1.09	1.22
115	0.94	1.06	1.24	1.40	1.57	285	0.71	0.80	0.94	1.05	1.18
120	0.99	1.12	1.30	1.47	1.65	290	0.69	0.78	0.91	1.02	1.15
125	1.05	1.18	1.38	1.55	1.74	295	0.67	0.76	0.88	0.99	1.12
130	1.11	1.25	1.46	1.64	1.85	300	0.65	0.74	0.86	0.97	1.09
135	1.18	1.33	1.56	1.75	1.97	305	0.64	0.72	0.84	0.94	1.06
140	1.27	1.43	1.67	1.88	2.12	310	0.62	0.70	0.82	0.92	1.03
145	1.38	1.55	1.82	2.04	2.30	315	0.61	0.68	0.80	0.90	1.01
150	1.52	1.71	1.99	2.24	2.52	320	0.59	0.67	0.78	0.88	0.99
155	1.69	1.90	2.22	2.50	2.82	325	0.58	0.65	0.76	0.86	0.96
160	1.93	2.18	2.54	2.86	3.22	330	0.57	0.64	0.75	0.84	0.94
165	2.29	2.58	3.01	3.39	3.81	335	0.56	0.62	0.73	0.82	0.92
170	2.89	3.25	3.80	4.28	4.81	340	0.54	0.61	0.72	0.81	0.91
						345	0.53	0.60	0.70	0.79	0.89
						350	0.52	0.59	0.69	0.77	0.87
						355	0.51	0.58	0.68	0.76	0.86
						360	0.51	0.57	0.66	0.75	0.84

Anexo 9. Video.

El anexo 9 es un video el cual muestra el proceso de inundación de la zona de estudio con el archivo TIN de fondo, ya que el programa no permitió establecer la imagen JPEG de la zona de estudio. Este video se encuentra en el CD de soporte que se entrega con el actual trabajo de grado.