UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERIA AMBIENTAL

TEMA:

"Modelamiento de inundaciones en el tributario Salomé parroquia Tarqui"

AUTORES:

Segundo Manuel Acan Guaman

Fátima Belén Acosta Hurtado

DIRECTOR:

Ricardo Vinicio Abril Saltos PhD

PUYO – ECUADOR

2021

DECLARATORIA DE AUTORIA Y CESION DE DERECHOS

Quienes suscriben Acan Guaman Segundo Manuel con C.I. 1600954588, y Acosta Hurtado Fátima Belén con C.I. 1805157615 hace constar que son autores del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado:

"Modelamiento de inundaciones en el tributario Salomé parroquia Tarqui", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Ricardo Abril. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto del trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 02 días del mes de julio del 2021.



Segundo Manuel Acan Guaman

Nombre del Estudiante

C.I:1600954588



Fátima Belén Acosta Hurtado

Nombre del Estudiante

C.I: 1805157615

CERTIFICADO DE APROBACION POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACION

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado:

"Modelamiento de inundaciones en el tributario Salomé parroquia Tarqui".

Dr/Msc Leo Rodríguez

Presidente del Tribunal

Dr/Msc Regla Bernal

Miembro del Tribunal

Dr/Msc Pamela Pintado

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE APROBACION POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACION

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado:

"Modelamiento de inundaciones en el tributario Salomé parroquia Tarqui".



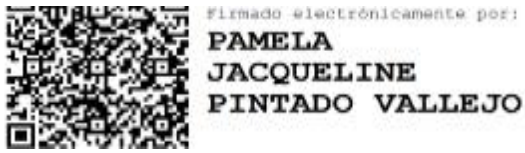
Dr/Msc Leo Rodríguez

Presidente del Tribunal



Dr/Msc Regla Bernal

Miembro del Tribunal



Dr/Msc Pamela Pintado

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PROCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIENDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 99-SAU-UEA-2021

Puyo, 06 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los estudiantes: Acosta Hurtado Fátima Belén con C.I. 1805157615 y Acan Guanzán Segundo Manuel con C.I. 1600954588, con el Tema: **"Modelamiento de inundaciones en el tributario Salomé parroquia Tarqui."**, de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director de la investigación Dr.C. Abril Saltos Ricardo Vinicio, Phd., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 10%, Informe generado con fecha 07 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DERECHOS DE AUTOR COPYRIGHT

@2021, Acan Guaman Segundo Manuel, Acosta Hurtado Fátima Belén

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento y siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

DECLARACIÓN DE AUTENCIDAD

Yo, Acan Guaman Segundo Manuel, y Acosta Hurtado Fátima Belén, declaramos que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están débilmente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad ilegal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular.



ACAN GUAMAN SEGUNDO MANUEL

No, Cedula: 22953588



FÁTIMA BELÉN ACOSTA HURTADO

No, Cedula: 1805157615

DEDICATORIA

A mi Madre por la confianza y el apoyo incondicional brindado, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mis Hermanos y Hermanas, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos y obstáculos que se me han presentado a lo largo de la vida.

A mis amigas/os, Fátima, Jennifer, Andrea, Stalin y Cristian sin ustedes no existiera esta amistad que tenemos entre risas y bromas, siempre nos hemos mantenido unidos, por el apoyo incondicional en el transcurso de la carrera, por compartir momentos de alegría, tristeza y me han demostrado que siempre podré contar con su amistad y apoyo incondicional.

Manuel Acan Guaman

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado primero a Dios y la Virgencita quien me ha dado la fortaleza y la vida, por permitirme llegar lejos, sabiendo que este logro es la base para seguir cumpliendo mis sueños.

A mis amados padres Cesar Acosta y Edilma Hurtado quienes a pesar de lo duro de la vida me enseñaron a ser una mujer honesta, una persona de bien, inculcándome los valores, la ética, el rigor y sobre todo el amor. Quienes han hecho de mi la persona que soy, los detonantes de mi felicidad. Ustedes han sido mi motor han estado ahí siempre apoyándome en mis sueños y creyendo en mí.

A mis hermanos Ismael y Stalin que siempre estuvieron conmigo apoyándome incondicionalmente, quienes me dieron la fuerza necesaria para no desmayar y alcanzar mis objetivos.

De igual a mi familia paternal y maternal que con sus palabras de aliento y confianza me guiaron y supieron ser mi soporte. En especial a mis tí@s Morayma, Gloria, Buenaventura, Ángel y a la familia Freire por ayudarme en todo lo que está a su alcance, y ser mi alegría día a día.

A mis amigas hermanas Jadi, Belén, Kathe y Lissette, por siempre estar conmigo momentos bonitos como los difíciles gracias por ser esa motivación que de una u otra manera aportaron para mi crecimiento gracias por formar parte de la historia de mi vida.

A mi gran amigo Manú quien ha sido parte fundamental en todo este proceso. Quien supo encontrar las palabras necesarias en momentos difíciles, con su positivismo, alegría y sus consejos que me motivan a continuar y seguir cumpliendo sueños.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. Este es uno de los pasos más importantes en mi vida y se los dedico a ustedes. Gracias por tanto cariño.

Fátima Acosta Hurtado

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A la prestigiosa Universidad Estatal Amazónica por abrirme las puertas para continuar con mis estudios y así cumplir uno de mis sueños.

A mis amigo/as de clase que me enseñaron a valorar lo grandioso que puede ser la amistad.

A nuestro Tutor al Dr. Ricardo Abril, por todo el apoyo brindado, por su calidad humana, por instruirnos y guiarnos al trascurso de la elaboración de este proyecto.

Gracias de todo corazón a mi familia, amigos y profesores quienes día a día me brindaron sus palabras de aliento para no dejarme vencer por las adversidades que se suscitaron en lo largo del camino para conseguir mi título de nivel superior.

Manuel Acan Guaman

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo primeramente me gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la Universidad Estatal Amazónica que me acogió y me brindó la oportunidad de formarme ética y profesionalmente.

De igual manera deseo expresar mi agradecimiento al director de esta tesis, Dr. Ricardo Abril, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida desde que llegué a esta facultad.

A todas las personas que de una u otra manera me han ayudado a la realización de esta investigación.

A todos, muchas gracias.

Fátima Acosta Hurtado

RESUMEN

En la subcuenca del río “Salomé” en la ciudad de Puyo, lugar donde se ha suscitado crecidas e inundaciones, generando un problema para la parroquia Tarqui, causando afectaciones en la producción agrícola y áreas de recreación, principalmente en épocas de alta precipitación. Por tal motivo es de interés desarrollar la caracterización morfológica e hidroedafológica del río “Salomé” desde el sector Salomé hasta el puente a 3 km de la vía Tarqui, para conocer las principales áreas de riesgos e inundaciones del barrio “Salome” mediante la herramienta ArcGIS. Realizando una investigación descriptiva, deductiva y analítica para reconocer las características hidrológicas y edafológicas de la subcuenca. Usando metodologías de recopilación de información bibliográfica, medición de parámetros en campo, aplicación de fórmulas matemáticas (Excel) y el uso del programa informático para modelamiento HEC-HMS y HEC-GeoRAS.

Los parámetros de la subcuenca indican que se categoriza en una cuenca pequeña con un área de 5 km^2 y perímetro de 15 km y una pendiente de 0.0064% que corresponde a una zona plana y propensa a inundaciones, datos arrojados del Software ArcGIS. A través del método de Manning se determina el gasto base para los meses monitoreados. En la donde se obtiene los resultados de la simulación en el programa HEC-HMS paras los distintos periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Parte de la metodología en el capítulo 4 presenta fotografía satelital de las principales zonas de inundaciones que se podrían generar. En conclusión, la modelación permite conocer las proyecciones de caudal para los diferentes periodos de retorno de una subcuenca visualizando que a los distintos años de retorno existirá una notable afectación en los espacios de recreación, zonas de cultivo en mediana escala a viviendas, perjudicando a la población de Tarqui en la provincia de Pastaza.

Palabras clave: río Salomé, Caracterización morfológica e hidroedafológica, Periodos de retorno, Sistema de información Geográfica, HEC-HMS, HEC- GeoRAS.

ABSTRACT

In the Sub-basin of the “Salomé” river in El Puyo city, there have been several overflows and floods, generating a problem for the Tarqui parish. This situation has affected agricultural production and recreational areas, especially during the season of heavy rainfall. For this reason, it is important to develop the morphological and hydro-edaphology characterization of the “Salomé” river, starting from the Salomé area to the bridge 3 km away from the Tarqui roadway. This study gives us information about the main risk and flood areas of the “Salome” neighborhood by means of the ArcGIS tool. It is relevant to do a descriptive, deductive and analytical research to recognize the hydrological and edaphological characteristics of the river sub-basin. Methodologies for the collection of bibliographic information, measurement of parameters in the field, use of mathematical formulas (Excel) and the use of the HEC-HMS and HEC-GeoRAS modeling software will be applied.

The parameters of the Sub-basin indicate that it is categorized into a small basin with an area of 5 km2 and a perimeter of 15 and a slope of 0.0064%. It belongs to a flat area which is prone to flooding. These data were obtained by using the ArcGIS Software. By means of the Manning method, the flow rate of the river is determined during the monitored months and the results of the simulation are obtained in the HEC-HMS program for the different periods of 5, 10, 25, 50 and 100 years. Part of the methodology in Chapter 4 provides a satellite photograph of the main flood risk zones where these floods might occur. In conclusion, the modeling let us know the forecast of river-flow rates for the different return periods of a Sub-basin. It makes us visualize that in the different return years there will be crucial harm on recreational spaces, growing zones and housing at a medium scale. It will affect the population of Tarqui in the province of Pastaza.

Keywords: Salomé River, morphological and hydro-edaphology characterization, return periods, geographic information system, HEC-HMS, HEC- GeoRAS.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORIA ii

CERTIFICADO DE APROBACION POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACION iii

CERTIFICADO DE PROCENTAJE DE SIMILITUD ANTI PLAGIO v

DERECHOS DE AUTOR COPYRIGHT vi

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD vii

DEDICATORIA viii

AGRADECIMIENTOS x

RESUMEN xii

ABSTRACT xiii

CAPÍTULO I 1

INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS 2

2.1 Objetivo General 2

2.2 Objetivo Específicos 2

3. JUSTIFICACIÓN 3

CAPITULO II 4

4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 4

CAPÍTULO III 10

5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 10

5.1 Localización 10

5.2 Tipo de investigación 11

5.3 Método de Investigación 11

5.3.1 Caracterización de una cuenca 11

Área de una cuenca (A), perímetro de una cuenca (P) 11

Coeficiente de compacidad 11

Densidad de drenaje 12

Densidad de corrientes 12

Tiempo de concentración 12

Estimación de caudales- Manning 13
Coeficiente de rugosidad 13
5.3.2 Características hidrológicas del suelo. 13
Textura 13
Velocidad de infiltración 14
Materia orgánica 14
Número de curva. 15
5.3.3 Hidrogramas Unitarios sintéticos. 18
Lluvia de proyecto (lluvia de diseño). 18
Hidrograma SCS. 18
Hidrograma unitario del SCS 19
5.3.4 Programas para el modelamiento hidrológico 20
Modelamiento (HEC- HMS). 20
Modelamiento HEC-RAS 21
CAPÍTULO IV 22
5. RESULTADOS 22
5.1. Cálculo de las características de la cuenca 22
5.2. Prueba de infiltración 23
5.4. Determinación de caudales 24
5.5. Lluvia de diseño 25
5.6. Hidrograma unitario sintético (HEC-HMS) 26
CONCLUSIONES 40
RECOMENDACIONES 41
REFERENCIAS 42
ANEXOS 45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la localización del área de monitoreo del tributario Salomé. 10
Figura 2 Clases de texturas del suelo. 14
Figura 3. Nomograma para fijar la condición hidrológica. 16
Figura 4 Área de recarga del tributario Salomé. 22
Figura 5. Velocidad de infiltración.....23
Figura 6. Curvas IDF para la estación meteorológica M008 puyo 25
Figura 7. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 2 años. 28
Figura 8. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 5 años, indicando que el color azul son los resultados de la precipitación en el transcurso del tiempo. .29
Figura 9. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 10 años. 30
Figura 10. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 25 años. 32
Figura 11. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 50 años. 33
Figura 12. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 75 años. 35
Figura 13. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 100 años. 36
Figura 14. Morfología de la superficie de la subcuenca Salomé 37
Figura 15. Morfología de la superficie de la subcuenca Salomé 38
Figura 16. Resultados de la simulación de inundación en el programa en Hec-RAS 38
Figura 17. Resultados de la simulación de las áreas de inundación en Google Earth Engine. ...39

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de suelos según la tasa mínima de infiltración 15
Tabla 2 NC para suelos con humedad. 16
Tabla 3. Características de la cuenca Salomé 23
Tabla 4. Número de curva NC, de la cuenca del rio Salome 24
Tabla 5. Área y perímetro de la entrada y salida del punto de monitoreo 24
Tabla 6. Caudales de acuerdo a su nivel de crecida 25
Tabla 7. Gasto base en los distintos tiempos de monitoreo.....25
Tabla 8. Período de retorno de la subcuenca Salomé.....26
Tabla 9. Simulación HEC- HMS periodo de retorno 2 años. 27
Tabla 10. Simulación HEC- HMS periodo de retorno 5 años. 28
Tabla 11. Simulación HEC- HMS periodo de retorno 10 años 29
Tabla 12. Simulación HEC- HMS periodo de retorno 25 años 31
Tabla 13. Simulación HEC- HMS periodo de retorno 50 años 32
Tabla 14. Simulación HEC- HMS periodo de retorno 75 años. 34
Tabla 15. Simulación HEC- HMS periodo de retorno 100 años 35
Tabla 16. Resultados de la simulación en el programa en Hec-HMS. 37

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los afluentes naturales o sistemas fluviales tienen una gran importancia para el ser humano y los ecosistemas, estos ofrecen grandes beneficios, aunque existen sitios en donde puede provocar impactos nefastos y como consecuencia pérdidas económicas, ambientales y sociales en las comunidades cercanas a los afluentes. Uno de los problemas a nivel mundial es la falta acceso de agua potable, sumado del incremento de la contaminación del agua, donde cerca de 1000 millones de personas sufrirán en el futuro por escasez de agua, pese que el recurso hídrico cubre cerca del 71 % de su superficie en el planeta UNESCO (2018).

A lo largo de la historia humana los ríos a menudo causan pérdidas tanto humanas como de cualquier otro tipo, debido a las crecidas de su cauce. Las inundaciones son fenómenos naturales estas se dan en un período de tiempo en determinada zona (Arroyos, 2003). La ocurrencia de estos eventos es definida por varios factores hidrometereológicos como el viento, precipitaciones, humedad, entre otros.

En cuencas hidrográficas los problemas agravan cuando son intervenida por actividades antropogénicas y el uso de recursos naturales, para lo cual, hay que tener claro cuáles son los índices de crecimiento poblacional del lugar. En la Amazonía dado su alto índice hídrico los problemas que se originan se basan en la calidad. (MsClain & Llerena, 1998)

Por ello, conocer las características físicas, ambientales y sociales de la cuenca y poder disponer de la información climática e hidrológica en tiempo y forma es una necesidad cada vez mayor para la planificación y desarrollo de la comunidad, así como también tomar medidas de prevención adecuadas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la subcuenca del río “Salomé” en la ciudad de Puyo, el tramo comprende desde el sector Salomé hasta la parroquia Tarqui, lugar donde se ha suscitado crecidas e inundaciones, afectando al barrio Salome y con ello generando en un problema para la parroquia Tarqui, causando afectaciones en la producción agrícola y áreas de recreación, principalmente en épocas de alta precipitación. Por tal motivo es de interés de evaluar el

riesgo que presenta este cauce en el trayecto del río “Salome”, que tiene como fin determinar los sitios seguros para la comunidad y con ello disminuir las pérdidas económicas en el sector agrícola y turísticas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Desarrollar la caracterización Morfológica e hidrológica del río “Salomé” desde el sector Salomé hasta el puente a 3 km de la vía Tarqui, para conocer las principales áreas de riesgos e inundaciones del barrio “Salome” mediante la herramienta ArcGIS.

2.2 Objetivo Específicos

- Caracterizar la morfología de la zona de recarga y las características hidroedafológicas en función de los registros históricos de inundaciones existentes en la localidad.
- Determinar el gasto base de la zona hasta el punto de monitoreo.
- Realizar el modelamiento de crecida a periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de la zona de recarga del río Salomé.
- Delimitar las zonas que son más susceptibles a inundaciones.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se ha evidenciado que el recurso agua es de suma importancia para los seres vivos, ya que la misma se utiliza en diferentes campos tanto para la industria, agricultura, recreación y además del uso diario por la sociedad en que vivimos. Debido a la importancia de este recurso hídrico, es que se lleva a cabo el estudio de la caracterización de los tributarios de las zonas pobladas en Tarqui para conocer los diferentes eventos naturales que se produce por lluvias intensas, se conoce que el área de investigación se encuentra geográficamente en una zona de alta pluviometría que oscila sobre 4000 mm anuales, cabe mencionar que en la estación meteorológica Puyo (M008) en los últimos 20 años el comportamiento de la precipitación promedio diario es de 100 mm. Por lo que es de vital importancia conocer las características edafológicas y morfológicas de la subcuenca Salomé.

En la zona poblada en la Tarqui se ha presenciado en los últimos años la presencia de eventos extremos con el incremento del caudal, provocando desastres naturales, para lo cual se requiere el constante monitoreo de este afluente para prevenir y mitigar los fenómenos de desbordamientos e inundaciones y así, evitar pérdidas en la actividad agropecuaria, turísticas, económica y pérdidas humanas.

Este proyecto de investigación es de gran importancia ya que el mismo nos proporciona las áreas más vulnerables a las inundaciones y desbordamientos que presenta el afluente, a la vez se puede crear modelos de desarrollo organizado, evitando que la población se acentúe en las áreas de influencia directa del rio.

CAPITULO II

4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Cuenca hidrográfica

La FAO (2007) indica que una cuenca hidrográfica es el exterior del terreno delimitada por el modelo de escurrimiento del agua, este desagua en una quebrada, o cualquier destino hídrico. En la cuenca contiene recursos naturales para la realización de actividades como suelo, agua, flora y fauna, brindando la interacción entre ellos para el aprovechamiento y desarrollo del sector productivo del ser humano y a la vez cuantificar e identificar los impactos desarrollados en determinada área tanto positivos como negativos.

Caracterización de una cuenca

Para desarrollar el tema en estudio se debe iniciar con un análisis detallado de la subcuenca y sus características como son hídricas y geomorfológicas. Para las características hídricas hay que investigar a profundidad temas como: clima de la cuenca, precipitaciones, relieve, suelos afluentes, pendientes, erosión, entre otros. Además, se recopila los datos de las precipitaciones determinadas por las estaciones meteorológicas de cada localidad, y con ello el estudio a profundidad de la morfología de la cuenca mediante mediciones de campo. INOCAR (2019).

Área de una cuenca

Se refiere a la proyección horizontal del área de drenaje de un sistema de escorrentía con dirección al cauce natural, en la cual debe haber un manejo planificado de los recursos naturales y de la preservación del ecosistema. (Cardona, 2016).

Perímetro de una cuenca

Se define a la longitud de los alrededores del área de la cuenca. Este permite conocer sobre la forma de la cuenca. Es un parámetro físico y se simboliza por la letra mayúscula P.

Coeficiente de compacidad

Según Cardona (2016) se define como el cociente del perímetro de la cuenca y la circunferencia de un círculo con área equivalente al tamaño de la cuenca, esta es adimensional e informa la forma de la cuenca.

Densidad de drenaje

Indica la relación entre el parámetro longitud total del cauce de agua y el área total, de cierta manera es el reflejo del comportamiento de la cuenca, de la estabilidad del rio y de la escorrentía superficial.

Densidad de corrientes

Definida como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área y la densidad de drenaje, definida como la longitud de corrientes por unidad de área. (Cardona, 2016)

Tiempo de concentración

Según Gutiérrez (2011) es una variable que determina el tiempo mínimo para que las aguas del afluente aporte agua de escorrentía de manera simultánea al punto de salida o punto de cierre, importante para el diseño hidrológico, estas dependerán de las características del rio y de las precipitaciones para la determinación del caudal hidráulico.

Estimación de caudales- Manning

Método volumétrico que permite desarrollar cálculos de velocidad de agua en canales abiertos, tuberías, pendiente, rugosidad, forma de los canales (FAO, 1997).Para la medición de caudales se establece 3 métodos:

- **Método de vertedero**

Consiste básicamente en interponer una pared ante una corriente de manera que se dé una caída de agua que pase a través de una sección ya establecida. Para lo cual se debe conocer las características del vertedero o del orificio que se engloban en el factor, la sección de la lámina de agua que pasa por ellos y la velocidad teórica de caída libre (Alvado, 2017).

- **Método de Canal Abierto**

Un canal abierto es un colector en el cual el agua fluye con un área libre, dependiendo de su origen, un canal puede ser natural o artificial. Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyos, quebradas, ríos grandes y mares. Los canales

artificiales son construidos por los seres humanos un ejemplo de ellos es: canales de vegetación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde (Castellanos, 2017)

- **Formula de Manning**

Es uno de los métodos más utilizados para determinar el volumen que circula por un cauce por unidad de tiempo o caudal es la ecuación de Manning, que depende de parámetros como: área, perímetro mojado, radio hidráulico o la pendiente (Fernández & Alcides, 2020).

Coeficiente de rugosidad.

El coeficiente de rugosidad de Manning es un índice el cual determina la resistencia de un flujo en un canal. La selección de un valor adecuado de "n" de Manning, tiene relación directa con la precisión de los cálculos de perfiles hidráulicos, ya que es uno de los parámetros principales que intervienen en la calibración del modelo hidráulico de un canal abierto. Se usa para la elaboración de un canal, para determinar el coeficiente de rugosidad hay que definir bien cada tramo del cauce, permitiendo conocer la morfología y la presencia, o ausencia de vegetación y piedras. Esto se realiza con una visita de campo o mediante el uso de fotografía aérea (Fernández & Alcides, 2020).

Características hidrológicas del suelo

La caracterización de una cuenca tiene relación con el comportamiento de los caudales del cauce. Los parámetros de la cuenca integra un conjunto de estimaciones desarrolladas, los factores más importantes es la climatología, el tipo y uso del suelo, cobertura vegetal o nivel de urbanización, esto permite el aprovechamiento hídrico o manejo del mismo. Cardona (2016).

Textura

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (FAO, 2009).

Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra al interior del suelo; en otras palabras, representa la capacidad que tiene el suelo para absorber el agua en un tiempo determinado. (FAO, 2015) La velocidad de infiltración de un suelo depende de varios factores, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

- Factores relacionados con las características físicas del suelo como textura y estructura.
- Contenido de humedad del suelo lo que determina suelo húmedo o seco.
- Otros factores tales labores culturales, agrietamiento, compactación, etc

Carbono

El carbono orgánico del suelo es crucial para el funcionamiento del ecosistema, desempeñando un papel clave en la regulación del clima, el suministro de agua y la biodiversidad, proporcionando servicios esenciales y necesarios para el bienestar humano García (2018).

Materia orgánica

La materia orgánica es toda aquella compuesta químicamente en torno al carbono como sus átomos fundamentales, razón por la cual se conoce a la química orgánica como la "química del carbono". Así, cuando hablamos de materia orgánica nos referimos a la que está vinculada con la vida: la que conforma los cuerpos de los seres vivos, así como la mayoría de sus sustancias y materiales de desecho, (Estela, 2020).

Número de curva

El método del Número de Curva del SCS es una técnica desarrollada por el SCS para estimar la infiltración. Considera todas las pérdidas netas menos la evaporación real. (Molina, 2002)

Hidrogramas Unitarios sintéticos

El hidrograma se obtiene de forma directa a través de las estadísticas pluviométricas. En el caso de carecer de esta información y contar sólo con estaciones de medición de precipitaciones, se utilizan las características morfométricas de la cuenca como la pendiente, cotas, áreas, el largo del curso principal, entre otras, para así construir el hidrograma indirectamente, Pizarro et al. (2014).

Lluvia de proyecto (lluvia de diseño)

La Lluvia de Diseño es el evento hipotético pluvial más intenso, estadísticamente previsible, para una duración dada y una recurrencia asignada que, al alimentar un modelo lluvia- escorrentía permite evaluar la Creciente de Proyecto, elemento con el que se diseñan tanto las medidas estructurales (obras) como las no estructurales (planificación territorial). Cardona (2016).

Hidrograma SCS

Este método, desarrollado por el SCS, también llamado del "número de curva" consta de dos partes. En la primera de ellas se hace una estimación del volumen de escorrentía resultante de una precipitación - escurrimiento directo, en la segunda se determina el tiempo de distribución del escurrimiento, incluyendo el caudal de punta, Gutierrez (2011).

Programas para el modelamiento hidrológico

Se puede definir modelo como una representación simplificada del mundo real, que permite tener una idea de lo que ocurre bajo ciertas circunstancias. Los modelos hidrológicos intentan representar los diferentes procesos que se dan dentro de un espacio (generalmente una cuenca) y que transforman, en principio, una precipitación en escorrentía. Cardona (2016).

Modelamiento (HEC- HMS)

El modelo HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) es un modelo lluvia-escorrentía, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center HEC del U.S. Army Corps of Engineers USACE, que está diseñado para simular el hidrograma de escorrentía que se produce en un determinado punto de la red fluvial como consecuencia de un episodio de lluvia. Lopez (2012).

Modelamiento HEC RAS

Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS) es un programa que realiza la modelación hidráulica de cauces abiertos, ríos y canales artificiales de régimen permanente y no permanente con el propósito de facilitar el cálculo de los perfiles de agua y de los parámetros hidráulicos del cauce. HEC-RAS puede modelar una red de ríos o un solo río y realizar análisis de régimen subcrítico, supercrítico o una mezcla de ambos Mendoza (2017).

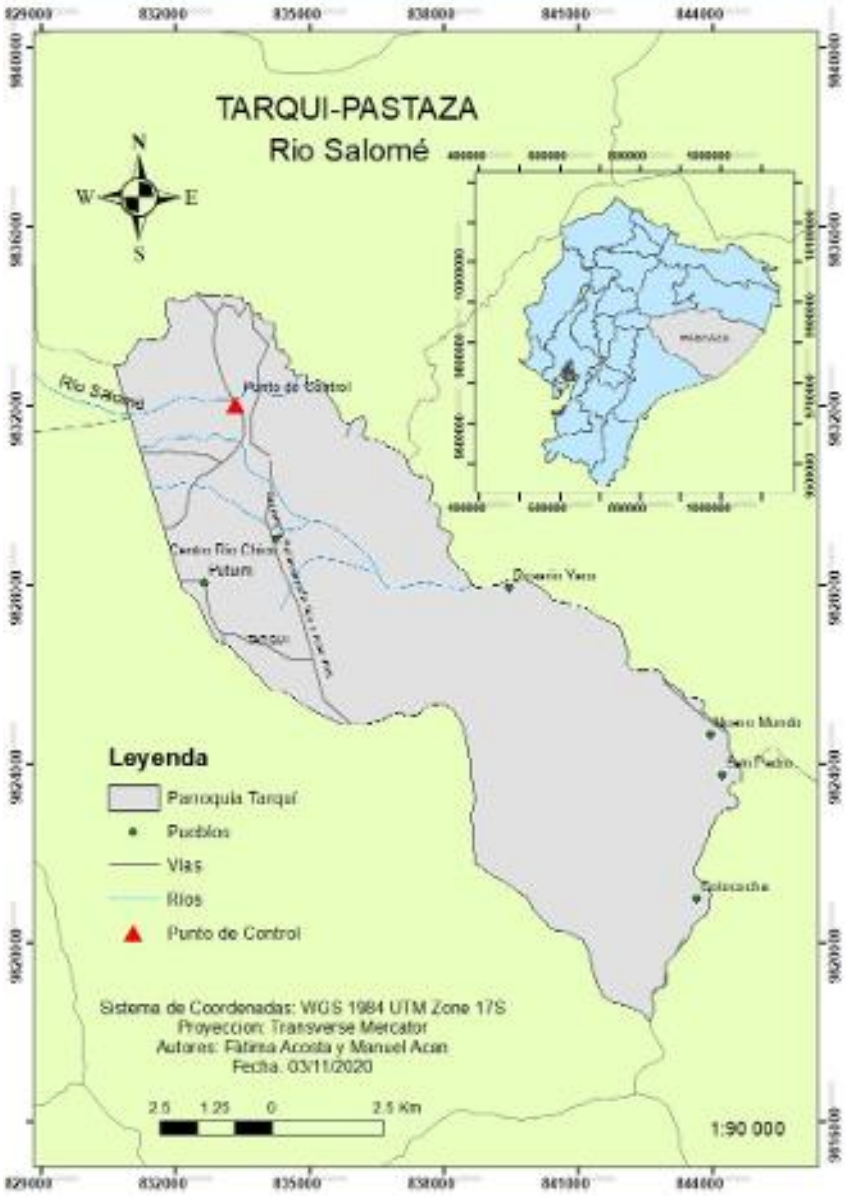
CAPÍTULO III

5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Localización

El sitio de estudió se encuentra ubicado en la provincia de Pastaza, parroquia "Tarqui", donde el punto de monitoreo se encuentra en el puente de la parroquia Tarqui, presenta una altitud de 934 msnm, que oscila a una temperatura de 17°C a 25°C, para llevar a cabo, este estudio se registrara información por 4 meses.

Figura 1. Mapa de la localización del área de monitoreo del tributario Salomé.



Fuente: Elaborado por autores.

5.2 Tipo de investigación

Es una investigación descriptiva, deductiva y analítica la misma que conlleva a reconocer las características hidrológicas y edafológicas de la subcuenca del río tributario Salomé en el punto de control antes indicado, con el propósito de realizar un modelamiento de crecidas de su caudal en presencia de eventuales precipitaciones. Para el desarrollo del presente estudio se trabajará con base de datos obtenidos en la catedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas y recopilación de información bibliográfica.

5.3 Método de Investigación

El proceso metodológico empleado para el desarrollo del trabajo en estudio está comprendido en las siguientes etapas:

a) Caracterización de una cuenca
b) Características hidrológicas del suelo
c) Programas para el modelamiento hidrológico.

5.3.1 Caracterización de una cuenca

Una cuenca hidrográfica es la unión natural establecidas por la división de aguas en un determinado lugar, que mediante la escorrentía el agua fluye superficialmente hacia un cauce hídrico común. (río, lago, mar) Brieva (2018). El cual se tomó informacion en campo respecto a variables como el ancho de la seccion transversal del rio en el tramo de estudio, asi como el perimeto y area total de la cuenca.

Área de una cuenca (A), perímetro de una cuenca (P)

Para la estimación de estos parámetros se realizó mediante el programa ArcGIS una vez que se delimito la cuenca

Coeficiente de compacidad

Según Cardona (2016), se usa la siguiente ecuación para realizar el cálculo de Coeficiente de compacidad:

$$\boldsymbol{Cc = \frac{P}{Pc} = \frac{0,282P}{\sqrt{A}}} \qquad (1)$$

Donde:

CC.: Coeficiente de compacidad, adimensional

P: Perímetro de la cuenca (km)

Pc: Perímetro de un círculo con área igual al tamaño de la cuenca(km)

A: Área de la cuenca en km^2

Densidad de drenaje

Para esto con lleva la siguiente expresión

$$D = \frac{\sum L\,c}{A} \qquad (2)$$

Donde:

D: densidad de drenaje en (km-1)

∑Lc: suma de longitudes de los cursos que integran el cauce (km)

A: Área de la cuenca (km)

Densidad de corrientes

Según Bateman (2007), la densidad de corriente se puede calcular por la fórmula:

$$Ds = \frac{Ns}{A} \qquad (3)$$

Donde:

Ds: Densidad de corriente

Ns: Numero de corrientes perennes o intermitentes

Ls: Longitud total de las corrientes

Tiempo de concentración

Según Gutierrez (2011), expresa la siguiente fórmula para el cálculo del tiempo de concentración:

$$Tc = 0{,}3\left(\frac{L}{50{,}25}\right)\ 0{,}77 \qquad (4)$$

Tc: tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del rio principal en km

So: diferencia de cotas sobre longitud en porcentaje

Estimación de caudales- Manning

En las prácticas de Manejo de Cuencas Hidrográfica se realizó el método de batimetría para indicar las distintas profundidades del cauce, se estableció intervalos de distancia de 1 metro en todo el ancho del río en el punto de control y 10 metros aguas arriba, para determinar las áreas y el perímetro de mojado del tributario Salomé, para posterior determinar el gasto base del tributario Salomé.

Formula de Manning

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \qquad (5)$$

Donde:

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

R= Radio hidráulico (m)

S= Pendiente de la tubería (m/m)

V= Velocidad del flujo (m/s)

Coeficiente de rugosidad

Los coeficientes para algunos materiales superficiales usados se pueden encontrar mediante la siguiente ecuación:

n = 0.0495 * (D_{50}= diámetro de las piedras) ^ 0.16. Ecuación de Bray (6)

Donde:

D50= Diámetro para el cual pasa el 50% de las partículas en metros (m).

5.3.2 Características hidrológicas del suelo.

Cuenca hidrológica la relacionamos a las precipitaciones que caen en una determinada área, esta a su vez se escurre por el suelo y una parte se infiltra en las aguas subterráneas formando un ciclo hidrológico Brieva (2018).

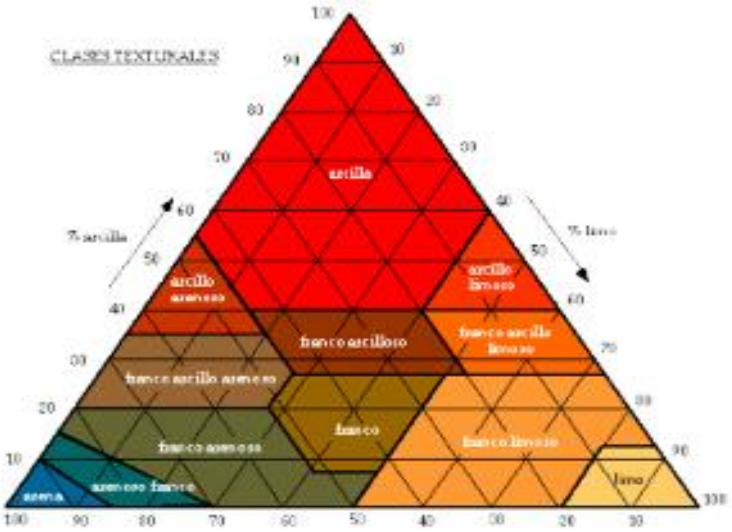
Textura.

% Arena = 100 – (lectura corregida 40 segundos * 100 / peso de la muestra)

% Arcilla = (lectura corregida 2 horas * 100 / peso de la muestra)

% Limo = 100 – (% Arena + % Arcilla)

Figura 2 Clases de texturas del suelo.



Fuente: Canales y Ochoa, 2007

Velocidad de infiltración

El método que se utilizará para la infiltración es el anillo simple, este consistió en utilizar (baldes), se realizó pruebas de infiltración en cada cauce. Primeramente, se procedió a buscar un lugar plano para instalar el infiltrómetro, para luego limpiar la cobertura del suelo para así evitar la intervención en el flujo normal del agua, posteriormente se enterró el infiltrómetro unos centímetros en el suelo, para luego nivelar el infiltrómetro, colocando en el mismo una funda plástica y se rellenó con agua hasta la altura total del balde, se retiró la funda plástica, seguidamente con la regla y cronómetro, se midió la variación de la altura del agua en el tiempo. La medición con el cronometro se realizó en el minuto 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 90 y 120. Además, se realizó una calicata, en la cual se identificó los perfiles existentes (Eiza y Carfagno, 2014).

Materia orgánica

Se determinó el valor de la materia mediante la ecuación:

M.O. % = %C * 1.724 (factor de Von Bemmelen) (7)

Número de curva.

Para estimar el número de curva se realizará con el siguiente procedimiento:

- Se determinó la tasa mínima de infiltración según el tipo de suelo.
- Se estableció el tipo de vegetación del lugar de acuerdo a las mediciones de infiltración.
- Se fijó la condición hidrológica del sitio.
- Se obtuvo el número de curva

Para la determinación del tipo de suelo se registró los valores de infiltración acumulada de 1 a 120 minutos de cada lugar de medición de infiltración, de estos datos se escogió el mínimo valor de infiltración y se estableció el tipo de suelo según la clasificación de Martínez et al.,2003. expuesta en la tabla 1

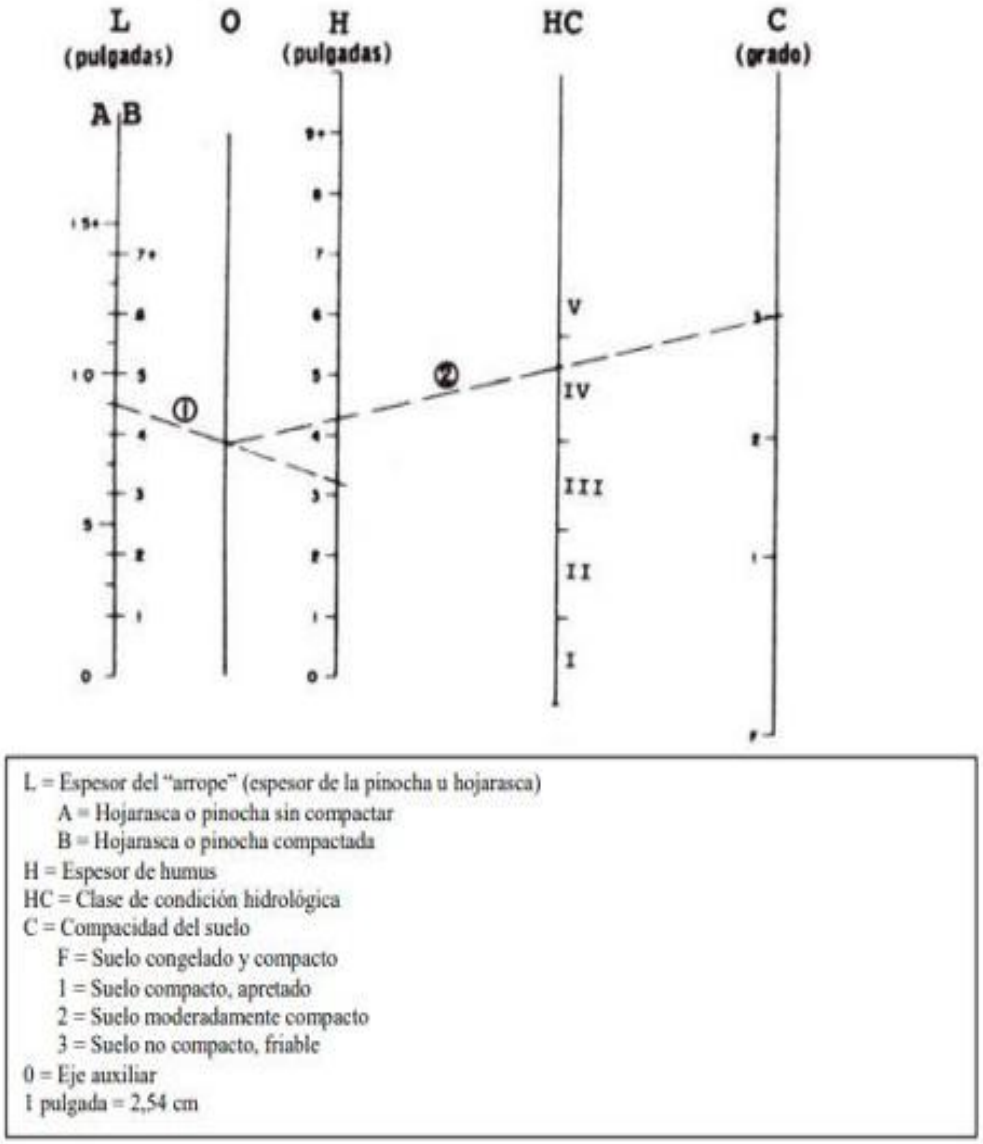
Tabla 1. *Tipos de suelos según la tasa mínima de infiltración*

GRUPO	**-1** **TASA DE INFILTRACIÓN MÍNIMA (*f* según el modelo de Horton) (mm·h)** ***C***
A	7,62 - 11,43
B	3,81 - 7,62
C	1,27 - 3,81
D	0,00 - 1,27

Fuente: (Martínez, etc. al.,2003).

Para establecer la condición hidrológica del lugar se basó en la combinación de factores como se indica en el siguiente (figura 3).

Figura 3. Nomograma para fijar la condición hidrológica.



Fuente: Martínez, et al. (2003)

Para la obtención del número de curva, se realizó los tres pasos anteriores y con la ayuda de la tabla 2 se determinó el número de curva.

Tabla 2 *NC para suelos con humedad.*

Tipo de vegetación	Tratamiento*	Condición Hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93

	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84	88
	R	Buena	63	75	83	87
	R + CR	Pobre	64	75	83	86
	R + CR	Buena	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	C + CR	Pobre	62	73	81	84
	C + CR	Buena	60	72	80	83
	C + T	Pobre	61	72	79	82
	C + T	Buena	59	70	78	81
	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
	C + T + CR	Buena	58	69	77	80
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamientos silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos con firme	-	-	74	84	90	92

Fuente: (Molina, 2002)

5.3.3 Hidrogramas Unitarios sintéticos.

Se sustentan en sus características geométricas y morfológicas de la cuenca hidrográfica. Herrera (2013).

Lluvia de proyecto (lluvia de diseño).

Para determinar de la lluvia de diseño, se necesitó:

- Recopilación de datos de las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF), mediante de los registros de la estación meteorológica Puyo (M008).
- Determinar las intensidades para cada periodo de retorno (2,5,10,25,50 años), en función del tiempo (min), a través de las ecuaciones propuestas en el estudio de lluvias intensas elaborado por el INAMHI (2019).
- Posterior al cálculo de las intensidades se utilizará las siguientes ecuaciones para establecer la lluvia de diseño:

$$H_1 = I_1$$
$$H_2 = 2.I_2 - H_1$$
$$H_3 = 3.I_3 - H_1 - H_2$$
$$H_n = n.I_n - H_{n-1} - H_{n-2} - H_2 - H_1 \qquad (9)$$

Hidrograma SCS.

Para diseñar los modelos de lluvia y escurrimiento se trabajó con el hidrograma SCS. Se utilizó la fórmula del tiempo punta, expuesta abajo.

$$t_p = \frac{D}{2} + t_r \qquad (10)$$

$$D = 0{,}133 t_c \qquad (21)$$

Donde:

T_p: tiempo de punta en horas

D: duración de la lluvia en horas

t_r: tiempo de retardo (t_r=0,6*t_c)

t_c: tiempo de concentración

Hidrograma unitario del SCS

Para la modelación del hidrograma unitario del SCS se realizó con el dato de Caudal punta (Qp) y el dato de precipitación (cm). El caudal en punta se calculó mediante la ecuación: Ecuación: Caudal punta.

$$\mathrm{Qp} = 2{,}08 * ATp \qquad (32)$$

Donde:

- Qp = Caudal en punta (m3/s)
- A = Área de la cuenca (km2)
- Tp = Tiempo en punta (h).

El tiempo en punta se calculó mediante la ecuación:

Ecuación: Tiempo en punta.

$$\mathrm{Tp} = \mathrm{D2} + \mathrm{tr} \qquad (43)$$

Donde:

- Tp = Tiempo en punta
- D = Duración de la lluvia efectiva
- tr= Tiempo de retardo

La duración de lluvia efectiva se calculará mediante la ecuación:

Ecuación: Duración de lluvia efectiva.

$$\mathrm{D} = 0{,}133 * \mathrm{Tc} \qquad (54)$$

Donde:

- D = Duración de la lluvia efectiva

- Tc = Tiempo de concentración en horas

El tiempo de retardo se calculó mediante la ecuación:

Ecuación: Tiempo de retardo.

$$\mathrm{tr} = 0{,}6 * Tc \qquad (15)$$

Donde:

- tr = Tiempo de retardo

- Tc = Tiempo de concentración en horas

5.3.4 Programas para el modelamiento hidrológico.

Modelamiento (HEC- HMS).

Para el modelamiento con el HEC-HMS se creó los componentes Modelos de cuenca, Modelos meteorológicos, Especificaciones de control y Datos de series de tiempo.

1. En los modelos de cuenca se creó una modelo de subcuenca en el cual se indicó el área de la cuenca, se llenó los datos de métodos de perdida (SCS numero de curva), método de transformación (SCS hidrograma unitario) y método de flujo de base (constante mensual), numero de curva en condiciones precedentes a humedad, en flujo base se llenó los datos de caudal en la desembocadura.
2. En los modelos meteorológicos se colocó especificaciones del hidrograma.
3. En especificaciones de control se definió las fechas para la modelación
4. En datos de series de tiempo se estableció las unidades (milímetros acumulativos) y el intervalo de tiempo para colocar las precipitaciones (1 hora), que se llevó a cabo desde el octubre del 2020 hasta diciembre de 2020, finalmente se registrará las precipitaciones obtenidas de la Estación de la ciudad de Puyo y por último se determinó el grafico en el modelo HEC-HMS.

Modelamiento HEC-RAS.

Para la modelación en el programa HEC- GeoRAS se trabajó en base a un modelo digital del terreno (MDT), en formato TIN (Trianguled Irregular Network). Este modelo se realizó con ArcMap y la extensión 3D Analyst a Analista partir de un fichero CAD de curvas de nivel de cualquier formato. De este TIN se registró los datos geométricos de las secciones transversales. Fue necesario que al empezar a formular el TIN, revisó que cada registro contenga un atributo que indique su cota.

Para el empleo del ArcGIS, en la realización del modelo digital HEC- GeoRAS, es necesario contar con un buen control de calidad de cartografía del lugar (curvas de nivel), puesto que el registro de datos pocos representativos no es garantía de un trabajo bien realizado y en ocasiones dificulta el proceso.

5.4 Recursos y materiales

Tabla. 3. Materiales

Computador	Nivel
GPS	Cámara fotográfica
Libreta de campo	Ropa de campo
Lápiz	Flexómetro
Botas	Cinta métrica

Fuente: Elaborado por autores.

CAPÍTULO IV

5. RESULTADOS

5.1.Cálculo de las características de la cuenca

Los cálculos para la caracterización de la cuenca Salomé se realizó mediante el programa ARC-GIS. Donde el rio Salomé reporta un área de 5 km^2, definiéndola como una cuenca de tamaño muy pequeño según (Chow et al. 1994), una cuenca es muy pequeña cuando su tamaño esta en el rango a menor de 25 km^2. Este lugar de estudio fue elegido por encontrarse sometido a mayor presión humana.

La medida del perfil longitudinal del cauce principal es de 9 km. Las curvas de nivel desde la naciente se encuentran en 960 msnm y 920 msnm en la desembocadura. Con respecto al tiempo de concentración la microcuenca presenta un valor de 2,5 horas (150,3 minutos).

Figura 4 Área de recarga del tributario Salomé.



Fuente: Elaborado por autores.

Consecuentemente se presenta las características topográficas del lugar los cuales se utilizaron para los cálculos estadísticos en el proyecto de investigación.

Tabla 3. *Características de la cuenca Salomé*

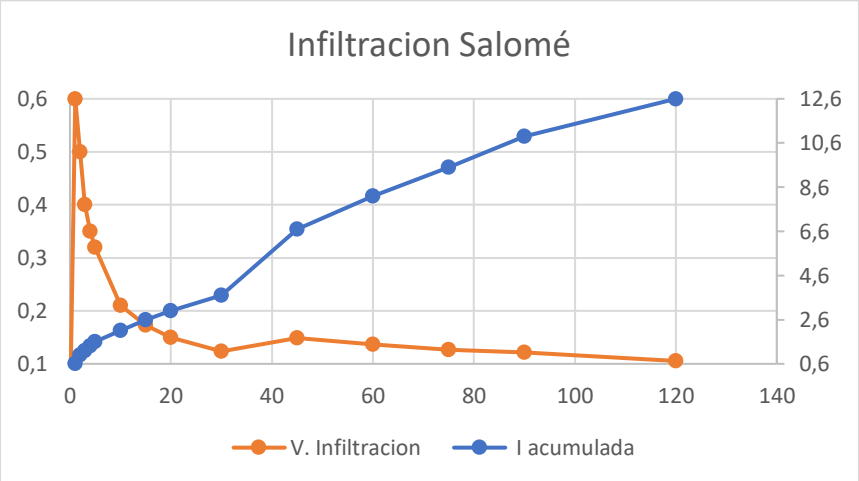
Parámetros	**Cantidad**	**Unidad**
Área	5	km^2
Perímetro	15	km
Longitud cause principal	9	km
Distancia Lineal	6176	m
Naciente	960	msnm
Desembocadura	920	msnm
dH	40	m
s	0,0064	%
Tc	2,50	horas
Tc	150,3	minutos

Fuente: Elaborado por autores

5.2. Prueba de infiltración

En la prueba de infiltración realizada en el rio Salome, con una duración de 120 minutos. Se evidencia en la **(fig. 6)** como la infiltración acumulada aumenta y la velocidad de infiltración disminuye con respecto al tiempo. En el primer minuto posee un valor de 12,6 cm/min y según el recorrido del tiempo el valor desciende a 0,6 cm/min, en las 2 horas; para la infiltración acumulada en el primer minuto un valor de 0,1 cm y a las 2 horas un valor de 0,6 cm. Con respecto a la velocidad de infiltración (Fc) resultó de 63 mm/h, y la infiltración acumulada (Fo) fue de 312,9 mm/h.

Figura 5. Velocidad de infiltración



Fuente: Elaborado por autores.

5.3.Cálculo del número de curva

Se determinó el número de curva de la cuenca del río Salome mediante los parámetros de: valores de lluvia de los días previos a realizar la prueba de infiltración conjuntamente del tipo de suelo, tipo de vegetación, cobertura vegetal y la condición hidrológica; resultando un coeficiente de 57,2 mm de la lluvia de 5 días previos a realizar la prueba de infiltración que corresponde a una condición húmeda III húmeda, con un tipo de suelo correspondiente al grupo A (Arenoso-limoso), el tipo de cobertura vegetal presente es pastizales o pasto natural y la condición hidrológica del suelo resulto buena. Lo que se concluyó que el número de curva es de NC 59.

Tabla 4. *Número de curva NC, de la cuenca del rio Salome*

5 días antes de infiltración	Tipo de suelo	Condición hidrológica del suelo	Numero de curva
57,2 mm	A	Buena	59

Fuente: Elaborado por autores

5.4. Determinación de caudales

En la siguiente tabla se ha calculado los diferentes caudales a partir de las áreas de mojado y el perímetro de mojado a diferentes profundidades de la microcuenca Salome, tanto en la entrada y la desembocadura. Con el fin de determinar el gasto base en función de los datos, el cual corresponde 2,3 m^3/s esto se debe a factores como el crecimiento poblacional, descargas domesticas interrelacionado con los factores ambientales: temperatura, precipitaciones influyendo directamente en el aumento del cauce.

Tabla 5. *Área y perímetro de la entrada y salida del punto de monitoreo*

	Entrada		Salida	
Altura del nivel del agua (cm)	Área de mojado (m^2)	Perímetro de mojado (m)	Área de mojado (m^2)	Perímetro de mojado (m)
50	9,7	23,9	6,0	15,2
40	8,7	21,2	5,2	13,1
30	7,7	17,7	4,4	10,3
20	6,7	14,1	3,7	7,9
10	5,7	10,5	2,9	4,3
0	4,8	9,9	2,3	7,7
-10	3,9	9,8	1,6	7,5

Fuente: Elaborado por autores

Tabla 6. *Caudales de acuerdo a su nivel de crecida*

Alto crecida (cm)	Área Promedio (m^2)	Perímetro Promedio (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente (%)	Coef. Rugosidad	Velocidad (m/s)	Caudal (m^3/s)
50	7,8	19,5	0,4	0,005	0,031	1,2	7,5
40	6,9	17,2	0,4	0,005	0,031	1,3	6,5
30	6,0	13,9	0,4	0,005	0,031	1,3	5,8
20	5,2	10,9	0,5	0,005	0,031	1,4	5,1
10	4,4	7,4	0,6	0,005	0,031	1,6	4,8
0	3,6	8,8	0,4	0,005	0,031	1,3	2,9
-10	2,8	8,6	0,3	0,005	0,031	1,1	1,8

Fuente: Elaborado por autores

Los valores en las mediciones mensuales de los caudales fluctúan entre 2,3 m3/s como mínimo y un máximo de 4,8 m^3/s en el mes de enero, dichos valores permiten predecir la variación de los caudales en el rio en los distintos meses.

Tabla 7. *Gasto base en los distintos tiempos de monitoreo.*

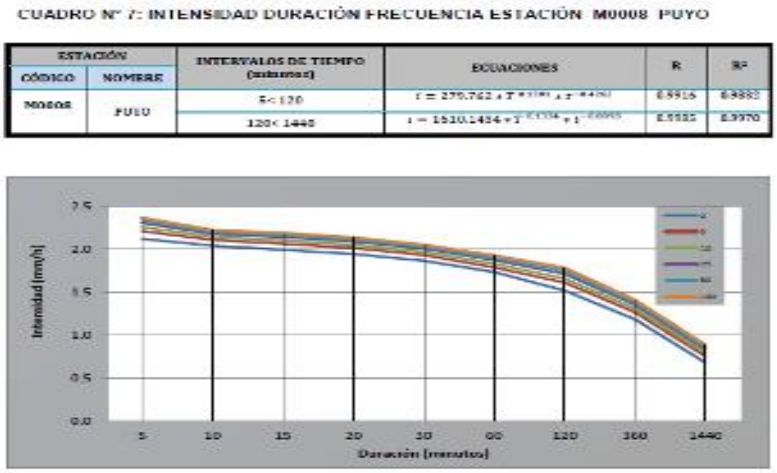
Mes	Septiembre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Gasto Base (m^3/s)	2,3	2,3	2,3	4,8	2,9	2,3

Fuente: Elaborado por autores

5.5. Lluvia de diseño

El cálculo para la lluvia de diseño fue realizado en base a curvas IDF, obtenidas del manual de determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación del INAMHI, publicado en el año 2015, evidenciadas en la **(Fig.6).**

Figura 6. Curvas IDF para la estación meteorológica M008 puyo



Fuente: INAMHI, 2015

La siguiente tabla indica en modelo de distribución de la precipitación diseñada para los distintos periodos de retorno.

Tabla 8. *Período de retorno de la subcuenca Salomé*

Período de retorno						
Horas	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
2	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7
3	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9
4	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0
5	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2
6	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5
7	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9
8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3
9	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0
10	3,1	3,5	3,8	4,3	4,7	5,2
11	4,5	5,0	5,5	6,3	6,9	7,5
12	20,2	23,6	26,5	24,6	34,5	38,7
13	53,1	59,3	64,4	78,2	78,2	84,9
14	5,9	6,7	7,3	8,3	9,1	9,9
15	3,6	4,1	4,5	5,1	5,6	6,1
16	2,7	3,0	3,3	3,8	4,1	4,5
17	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,7
18	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1
19	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7
20	1,4	1,6	1,7	2,0	2,2	2,4
21	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1
22	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9
23	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8
24	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7

Fuente: Elaborado por autores

5.6. Hidrograma unitario sintético (HEC-HMS)

Para el modelamiento hidrológico de la subcuenca del rio Salomé se utilizó el programa (HEC-HMS), en la cual se trabajó con algunos parámetros de la cuenca como: área de recarga hídrica, número de curva, pendiente, tiempo de concentración y gasto base. También se ingresó la lluvia de diseño para generar la simulación para cada periodo de retorno (2, 5, 10,25,50 y 100 años).

Periodo de retorno 2 años

A continuación, se puede visualizar la simulación de las precipitaciones en milímetros y el caudal total a 24 horas, para un periodo de retorno de 2 años. Cabe recalcar que en el transcurso del tiempo existió una variabilidad máxima a las 12:00 pm con una precipitación de 59.3 mm incrementando el caudal en el transcurso del día a un máximo de 10 m^3/s.

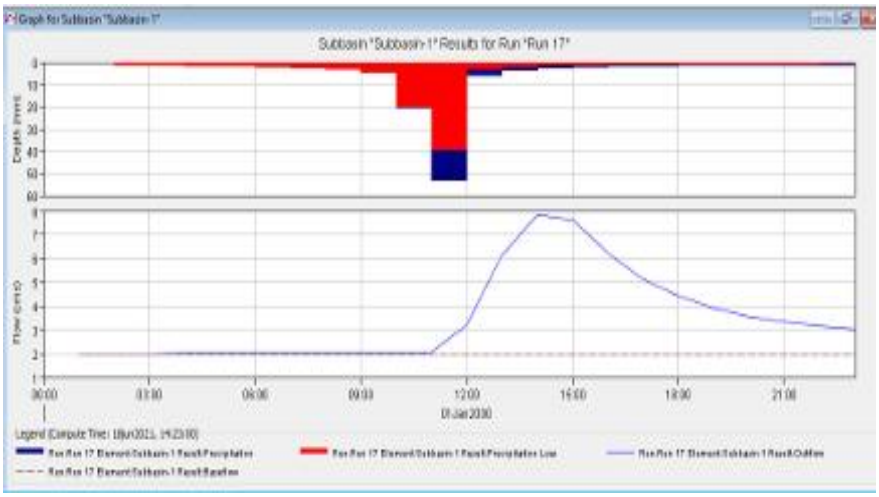
Tabla 9. *Simulación HEC- HMS periodo de retorno 2 años.*

Hora	Precipitación (mm)	Caudal Total (m^3/S)
01:00		2
02:00	1,1	2
03:00	1,2	2
04:00	1,3	2
05:00	1,5	2
06:00	1,7	2
07:00	2	2
08:00	2,4	2
09:00	3,1	2
10:00	4,5	2
11:00	20,2	2,1
12:00	53,1	3,2
13:00	5,9	6,1
14:00	3,6	7,9
15:00	2,7	7,6
16:00	2,2	6,2
17:00	1,8	5,2
18:00	1,6	4,4
19:00	1,4	3,9
20:00	1,3	3,6
21:00	1,2	3,3
22:00	1,1	3,1
23:00	1	3

Fuente: Elaborado por autores

A continuación, se presenta el gráfico del flujo de profundidad para 2 años de periodo de retorno en un tiempo estimado de 24 horas.

Figura 7. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 2 años.



Fuente: Elaborado por autores

Periodo de retorno 5 años

Se muestra en la **(Tabla 10),** la simulación de las precipitaciones en milímetros y el caudal total a 24 horas, para un periodo de retorno de 5 años. Cabe recalcar que en el transcurso del tiempo existo una variabilidad máxima a la 12:00 pm con una precipitación de 59,3 mm incrementando el caudal en el transcurso del día a un máximo de 10 m^3/s.

Tabla 10. *Simulación HEC- HMS periodo de retorno 5 años.*

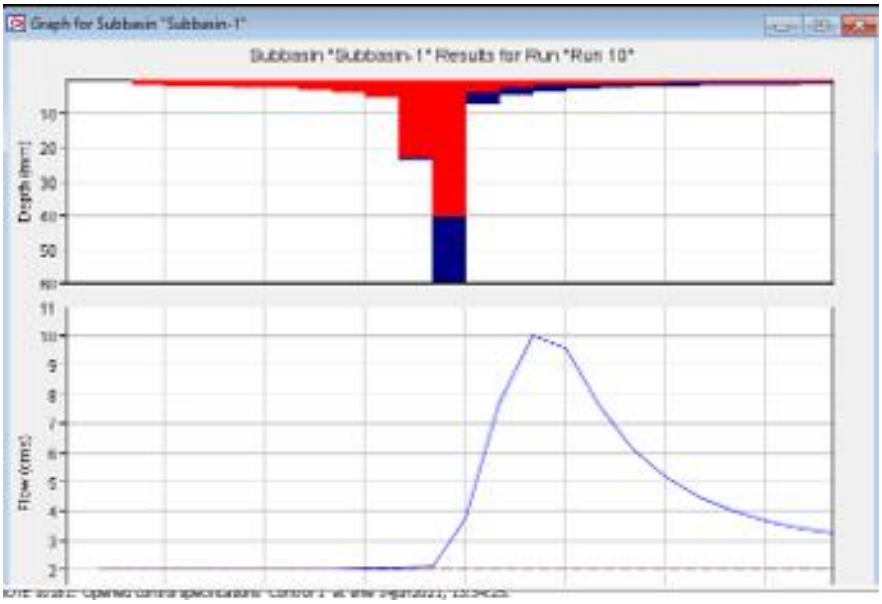
Hora	Precipitación (mm)	Caudal Total (m^3/s)
1:00		2
2:00	1,3	2
3:00	1,4	2
4:00	1,5	2
5:00	1,7	2
6:00	1,9	2
7:00	2,2	2
8:00	2,7	2
9:00	3,5	2
10:00	5	2
11:00	23,6	2,1
12:00	59,3	3,7
13:00	6,7	7,7
14:00	4,1	10

15:00	3	9,6
16:00	2,5	7,6
17:00	2,1	6,1
18:00	1,8	5,2
19:00	1,6	4,5
20:00	1,4	4
21:00	1,3	3,7
22:00	1,2	3,4
23:00	1,1	3,2

Fuente: Elaborado por autores

A continuación, en la **(Fig. 8)** se presenta el gráfico del flujo de profundidad para 5 años de periodo de retorno en un tiempo estimado de 24 horas.

Figura 8. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 5 años, indicando que el color azul son los resultados de la precipitación en el transcurso del tiempo.



Fuente: Elaborado por autores

Periodo de retorno 10 años

Se puede visualizar en la (tabla 11), la simulación de las precipitaciones en milímetros y el caudal total a 24 horas, para un periodo de retorno de 10 años. Cabe recalcar que en el transcurso del tiempo existió una variabilidad máxima a la 12:00 pm con una precipitación de 64,4 mm incrementando el caudal en el transcurso del día a un máximo de 11,9 m^3/s.

Tabla 11. *Simulación HEC- HMS periodo de retorno 10 años*

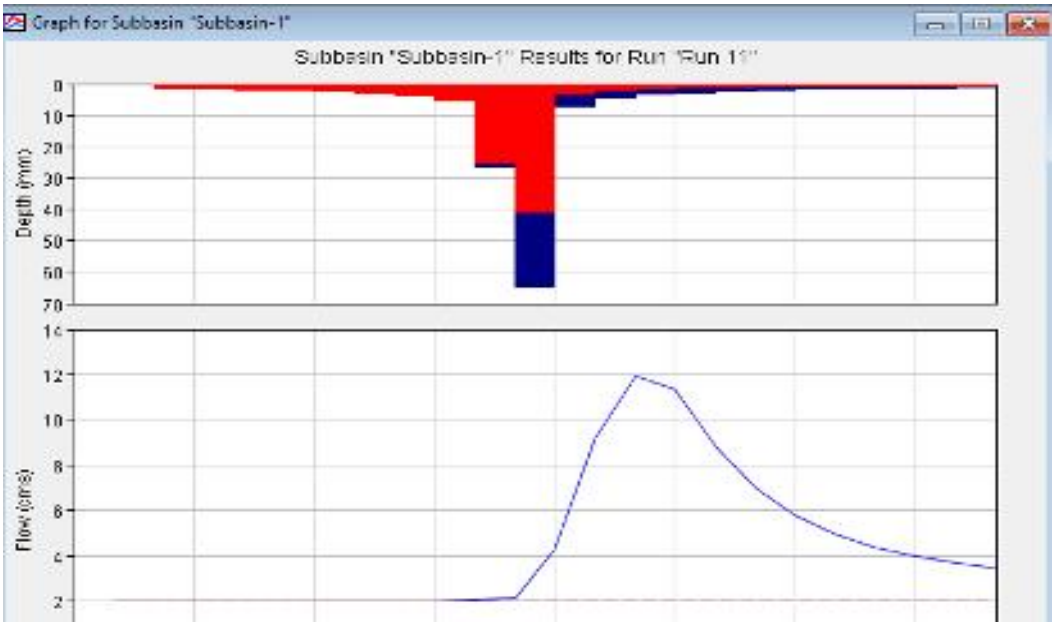
Hora	Precipitación (mm)	Caudal Total (m^3/s)
1:00		2

2:00	1,4	2
3:00	1,5	2
4:00	1,7	2
5:00	1,8	2
6:00	2,1	2
7:00	2,5	2
8:00	3	2
9:00	3,8	2
10:00	5,5	2
11:00	26,5	2,2
12:00	64,4	4,3
13:00	7,3	9,2
14:00	4,5	11,9
15:00	3,3	11,3
16:00	2,7	8,8
17:00	2,3	7
18:00	2	5,8
19:00	1,7	4,9
20:00	1,6	4,4
21:00	1,4	4
22:00	1,3	3,7
23:00	1,2	3,5

Fuente: Elaborado por autores

A continuación, se presenta el gráfico del flujo de profundidad para 10 años de periodo de retorno en un tiempo estimado de 24 horas.

Figura 9. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Elaborado por autores

Periodo de retorno 25 años

A continuación, se puede visualizar la simulación de las precipitaciones en milímetros y el caudal total a 24 horas, para un periodo de retorno de 25 años. Cabe recalcar que en el transcurso del tiempo existió una variabilidad máxima a la 12:00 pm con una precipitación de 78,2 mm incrementando el caudal en el transcurso del día a un máximo de 15,1m^3/s.

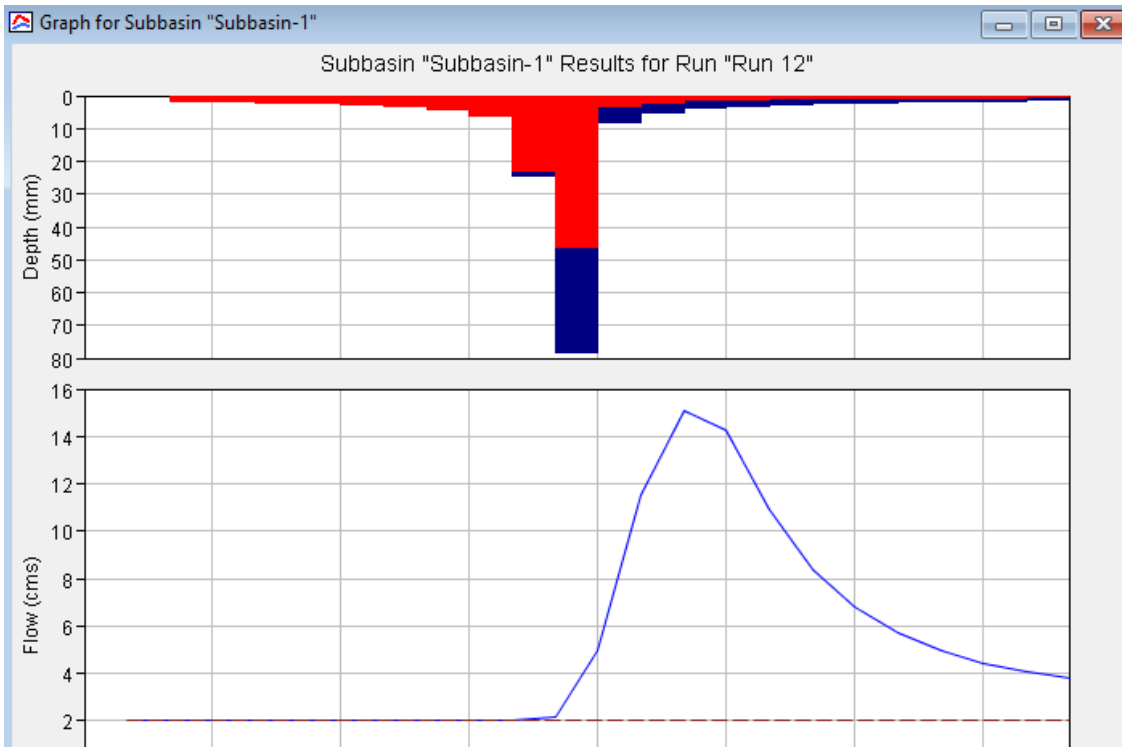
Tabla 12. *Simulación HEC- HMS periodo de retorno 25 años*

Hora	Precipitación (mm)	Caudal Total m^3/S)
01:00		2
02:00	1,6	2
03:00	1,7	2
04:00	1,9	2
05:00	2,1	2
06:00	2,4	2
07:00	2,8	2
08:00	3,4	2
09:00	4,3	2
10:00	6,3	2
11:00	24,6	2,2
12:00	78,2	5
13:00	8,3	11,5
14:00	5,1	15,1
15:00	3,8	14,3
16:00	3	10,9
17:00	2,6	8,4
18:00	2,2	6,8
19:00	2	5,7
20:00	1,8	4,9
21:00	1,6	4,4
22:00	1,5	4,1
23:00	1,4	3,8

Fuente: Elaborado por autores

Se presenta el gráfico del flujo de profundidad para 25 años de periodo de retorno en un tiempo estimado de 24 horas.

Figura 10. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Elaborado por autores

Periodo de retorno 50 años

Se visualiza en la (**Tabla 13**) la simulación de las precipitaciones en milímetros y el caudal total a 24 horas, para un periodo de retorno de 50 años. Cabe recalcar que en el transcurso del tiempo existió una variabilidad máxima a la 12:00 pm con una precipitación de 78,2 mm incrementando el caudal en el transcurso del día a un máximo de 17,7 m^3/s.

Tabla 13. *Simulación HEC- HMS periodo de retorno 50 años*

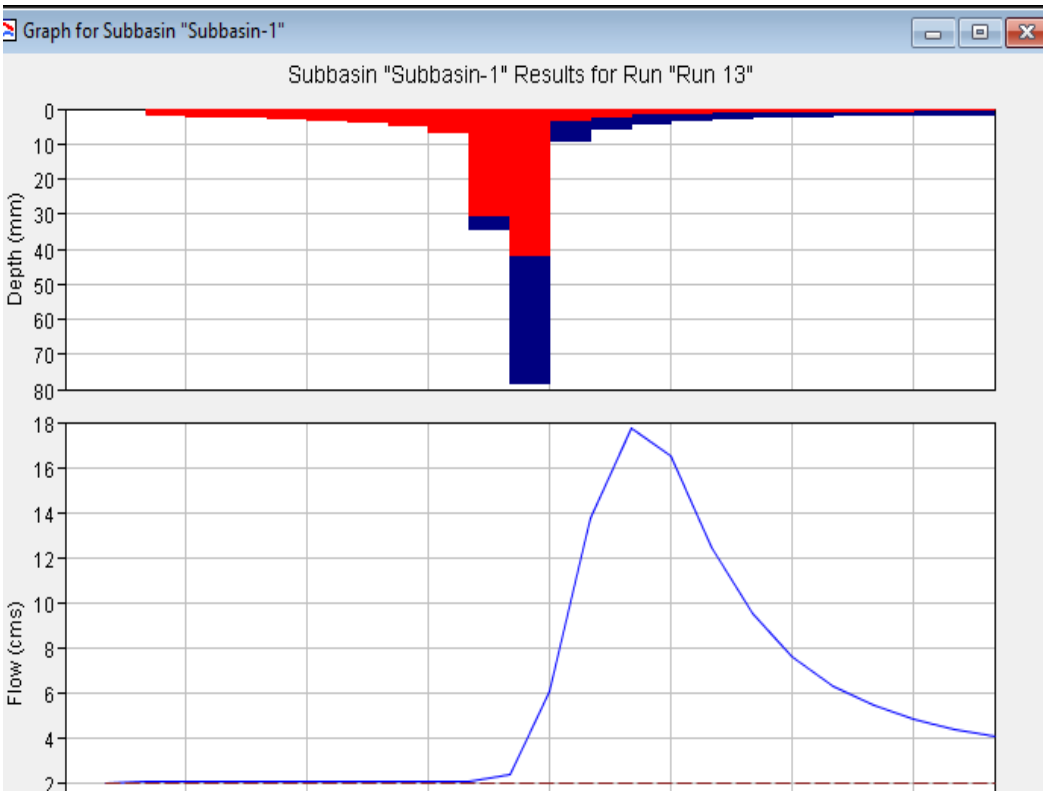
Hora	Precipitación (mm)	Caudal Total m^3/S
01:00		2
02:00	1,7	2
03:00	1,9	2
04:00	2	2
05:00	2,3	2
06:00	2,6	2
07:00	3	2
08:00	3,7	2

09:00	4,7	2
10:00	6,9	2
11:00	34,5	2,4
12:00	78,2	6
13:00	9,1	13,7
14:00	5,6	17,7
15:00	4,1	16,5
16:00	3,3	12,4
17:00	2,8	9,5
18:00	2,4	7,6
19:00	2,2	6,3
20:00	1,9	5,4
21:00	1,8	4,8
22:00	1,6	4,4
23:00	1,5	4,1

Fuente: Elaborado por autores

En la **(Fig.11)** se presenta el flujo de profundidad para 50 años de periodo de retorno en un tiempo estimado de 24 horas.

Figura 11. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaborado por autores

Periodo de retorno 75 años

Se muestra en la **(Tabla 14),** la simulación de las precipitaciones en milímetros y el caudal total a 24 horas, para un periodo de retorno de 75 años. Cabe recalcar que en el transcurso del tiempo existió una variabilidad máxima a la 12:00 pm con una precipitación de 82,1 mm incrementando el caudal en el transcurso del día a un máximo de 18,9 m^3/s.

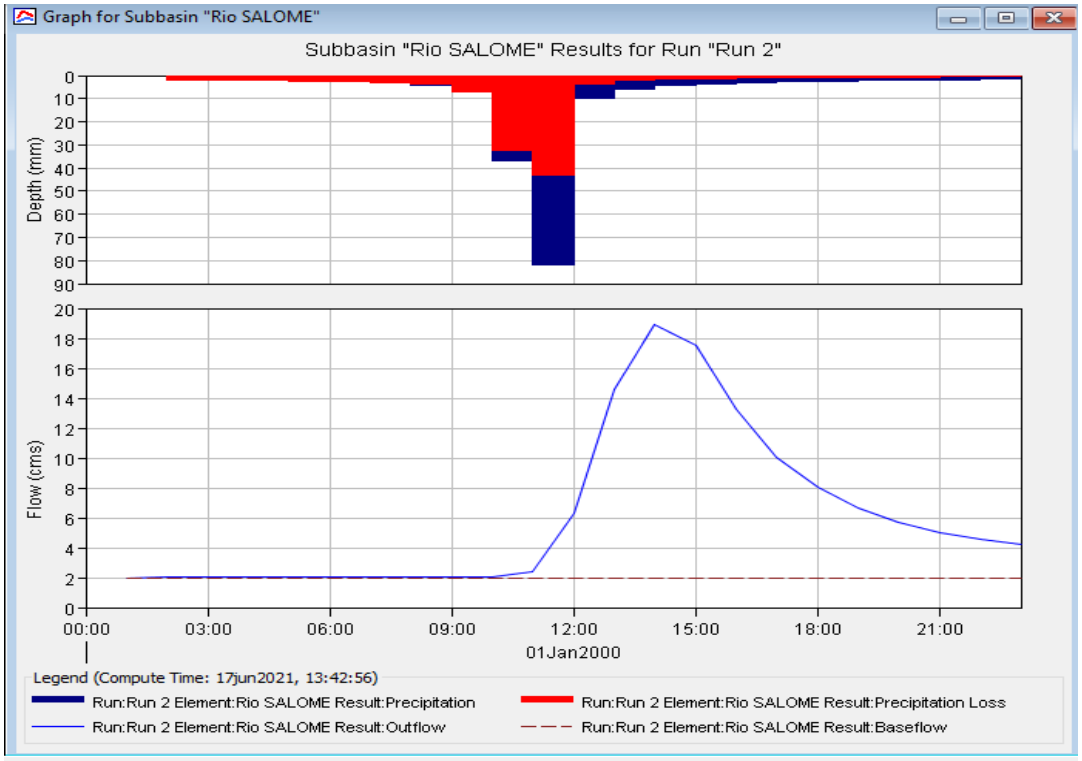
Tabla 14. *Simulación HEC- HMS periodo de retorno 75 años*.

Hora	Precipitación (mm)	Caudal Total (m3/s)
1:00		2,0
2:00	1,70	2,0
3:00	1,80	2,0
4:00	2,00	2,0
5:00	2,20	2,0
6:00	2,40	2,0
7:00	2,80	2,0
8:00	3,20	2,0
9:00	3,95	2,0
10:00	7,20	2,0
11:00	36,90	2,4
12:00	82,10	6,3
13:00	9,60	14,6
14:00	5,90	18,9
15:00	4,40	17,6
16:00	3,50	13,2
17:00	3,00	10,1
18:00	2,60	8,0
19:00	2,30	6,6
20:00	2,10	5,7
21:00	1,90	5,0
22:00	1,70	4,6
23:00	1,60	4,2

Fuente: Elaborado por autores

A continuación, en la **(Fig. 12)** se presenta el gráfico del flujo de profundidad para 75 años de periodo de retorno en un tiempo estimado de 24 horas.

Figura 12. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 75 años.



Fuente: Elaborado por autores

Periodo de retorno 100 años

Se visualiza en la (**Tabla 15**) la simulación de las precipitaciones en milímetros y el caudal total a 24 horas, para un periodo de retorno de 100 años. Cabe recalcar que en el transcurso del tiempo existió una variabilidad máxima a la 12:00 pm con una precipitación de 84,9 mm incrementando el caudal en el transcurso del día a un máximo de 20,9 m^3/s.

Tabla 15. *Simulación HEC- HMS periodo de retorno 100 años*

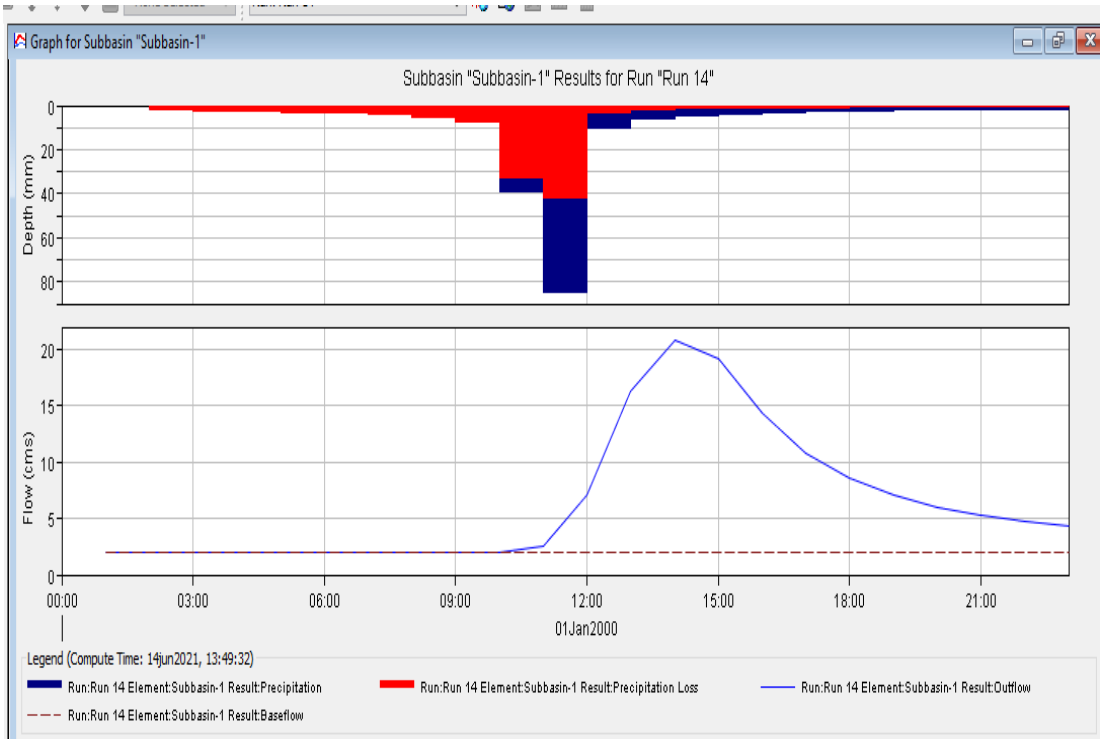
Hora	Precipitación (mm)	Caudal Total m^3/s)
01:00		2
02:00	1,9	2
03:00	2	2
04:00	2,2	2
05:00	2,5	2
06:00	2,9	2
07:00	3,3	2

08:00	4	2
09:00	5,2	2
10:00	7,5	2,1
11:00	38,7	2,5
12:00	84,9	7,1
13:00	9,9	16,3
14:00	6,1	20,9
15:00	4,5	19,2
16:00	3,7	14,3
17:00	3,1	10,8
18:00	2,7	8,6
19:00	2,4	7
20:00	2,1	6
21:00	1,9	5,3
22:00	1,8	4,7
23:00	1,7	4,4

Fuente: Elaborado por autores

En la **(Fig.13)** se presenta el flujo de profundidad para 100 años de periodo de retorno en un tiempo estimado de 24 horas.

Figura 13. Hietograma e Hidrograma para la subcuenca Salomé en periodo de retorno de 100 años.



Fuente: Elaborado por autores

En la (Tabla 16), se muestra los resultados de la simulación Hec-HMS con su respectivas perdidas y escorrentías para los diferentes tiempos de retornos.

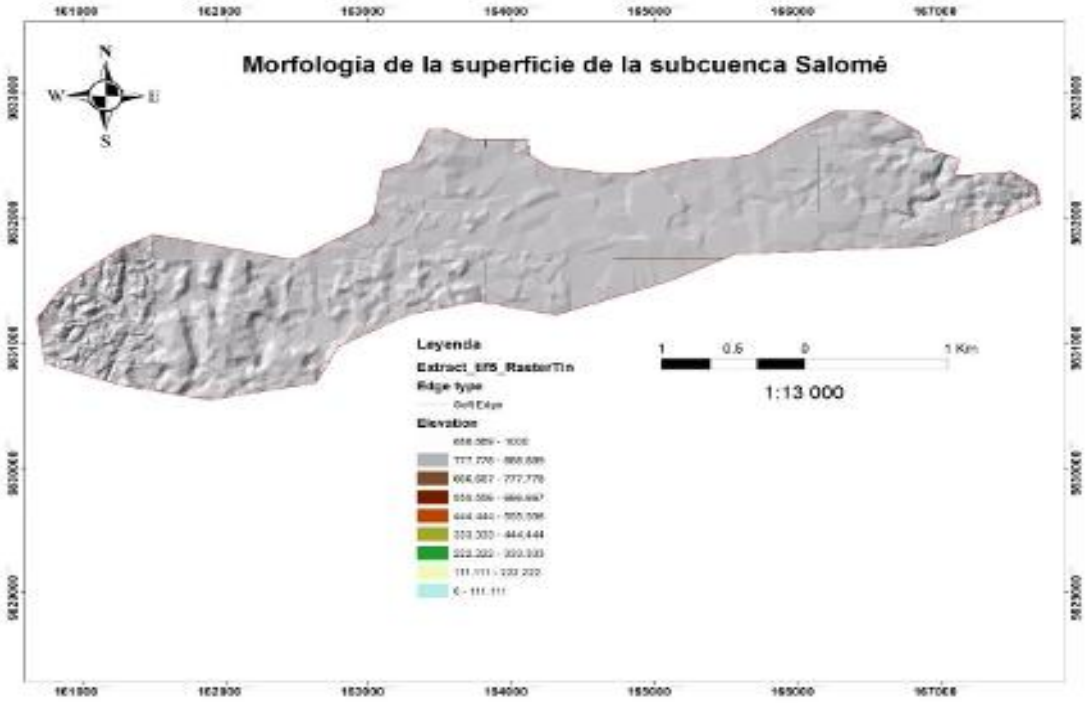
Tabla 16. *Resultados de la simulación en el programa en Hec-HMS.*

Tiempos de retorno	Caudal pico (m^3/s)	Precipitación bruta (mm)	Perdidas (mm)	Escorrentía (mm)
2	7,9	53,1	38,95	14,15
5	10,0	59,3	40,09	19,21
10	11,9	64,4	40,72	23,68
25	15,1	78,2	46,37	31,83
50	17,7	78,2	41,72	36,48
75	18,9	82,10	42,90	39,20
100	20,9	84,9	41,80	43,1

Fuente: Elaborado por autores

Una vez creado el Ráster to TIN de la figura 14 se evidencia los intervalos de elevación generados por el programa, establecido por colores para cada uno de sus rangos de altura del cauce del rio en estudio.

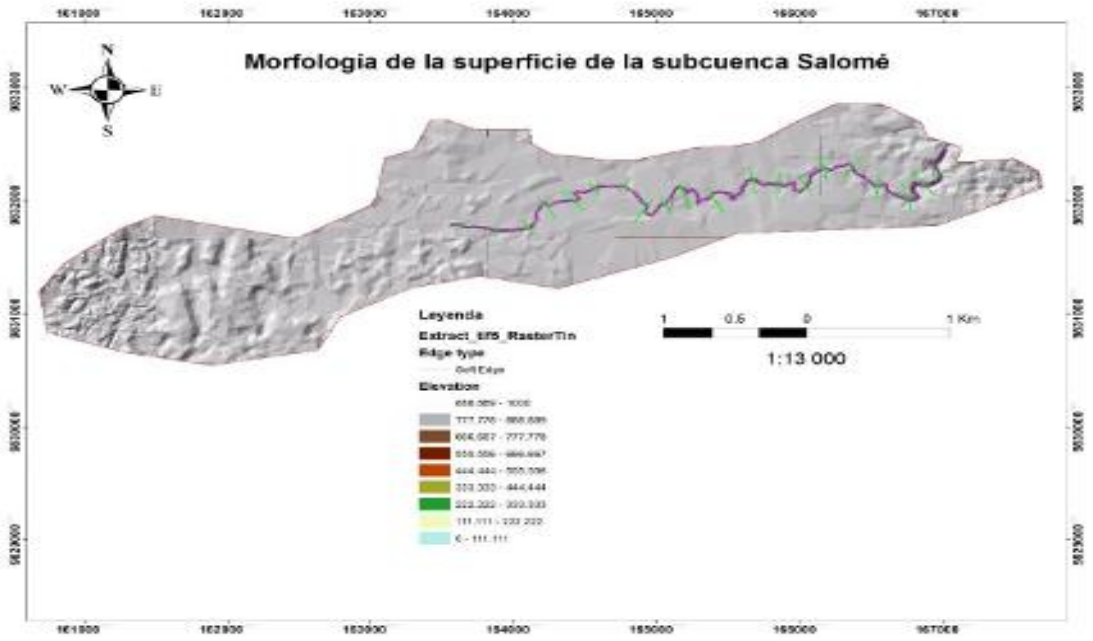
Figura 14. Morfología de la superficie de la subcuenca Salomé



Fuente: Elaborado por autores

Seguidamente se muestra el detalle de la morfología del cauce donde se evidencia el curso del rio principal con sus respetivas Banks lines y Flowpanths la cual permite estimar hasta donde el flujo de agua puede llegar en una crecida del rio Salomé.

Figura 15. Morfología de la superficie de la subcuenca Salomé



Fuente: Elaborado por autores

Una vez realizado el proceso en el software ArcGIS, con la información obtenida se trabajó en HEC-Ras, donde se exporta el valor de n de Manning, (0,031), caudal máximo (21 m^3/s), a los 100 años del rio en estudio, de igual forma se visualiza el tipo de flujo y por último se exporta el archivo al ArcGIS, el cual presenta información de las secciones y caudales para los diferentes tiempos (velocidad 5,1 m/s).

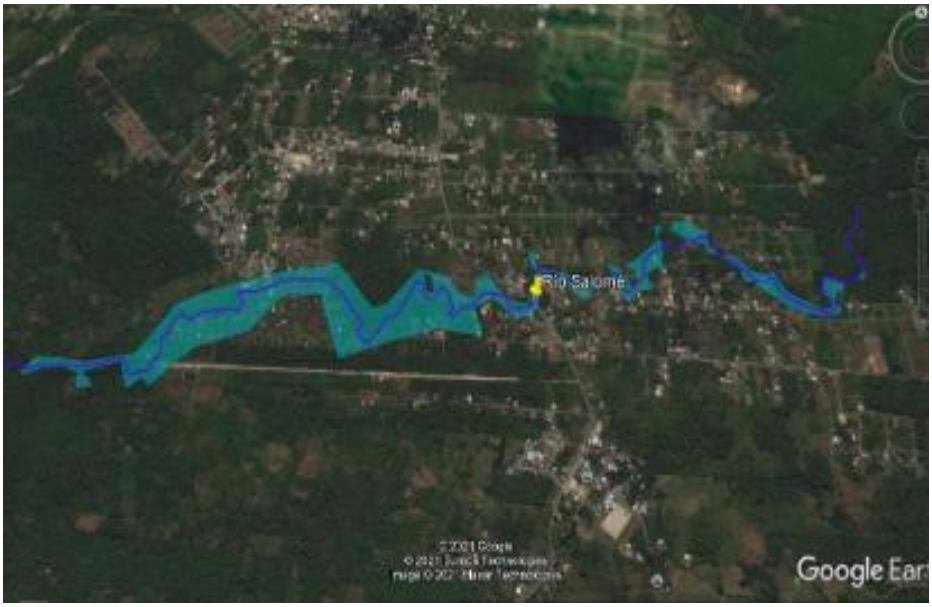
Figura 16. Resultados de la simulación de inundación en el programa en Hec-RAS



Fuente: Elaborado por autores

En la figura 17. se puede visualizar el cauce principal del río Salomé en la parroquia Tarqui, en donde mediante el editor de código Google Earth Engine, con la utilización de la coordenada del punto de control se codifica, como también se muestra que aguas arriba y aguas abajo desde el punto de monitoreo existe zonas más propensas a ser afectadas por una inundación debido a que la microcuenca es semi plana perjudicando a las viviendas y zonas agrícolas cercanas a la rivera del tributario Salomé, de igual forma perjudicando a la economía de las familias de la parroquia Tarqui. Finalmente, el estudio realizado fue con una proyección de 100 años, estas están representadas con un color celeste, en donde podemos corroborar el cumplimiento del cuarto objetivo específico donde se valida los resultados obtenidos con el modelo del HEC- RAS.

Figura 17. Resultados de la simulación de las áreas de inundación en Google Earth Engine.



Fuente: Elaborado por autores

CONCLUSIONES

- La subcuenca del tributario río Salomé presenta un área de 5 km^2, por consiguiente, es una subcuenca muy pequeña, según la clasificación de cuencas, esta se encuentra dentro del estándar establecido >25 km, mientras que el perímetro es de 15 km y la longitud del cauce principal de 9 km dando como resultado un tiempo de concentración de 2,50 horas desde su naciente que tiene una altura de 960 msnm hasta el punto de control con una elevación de 920 msnm. El área de la cuenca hidrográfica presenta una pendiente de 0,0064%.
- Según los registros de nivel de agua del afluente Salomé, realizados con una frecuencia de 8 días durante los meses: septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, donde se determinó el caudal base de 2,3 m^3/s y un caudal en punta de 4,8 m^3/s del río Salomé
- Los hidrogramas generados en el software HEC- HMS son de suma importancia ya que indicó la información detallada de los caudales del comportamiento del tributario Salomé a 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de proyección en el caso de estudio, permitiendo obtener un caudal máximo de 21 m^3/s a los 100 años de proyección.
- El uso del HEC -GeoRAS conjuntamente con el Google Earth Engine, permitió conocer las zonas de inundaciones teniendo en cuenta que desde el punto de control hacia la naciente presenta mayor área de inundación que desde el punto de control hacia la desembocadura del tributario Salomé, visualizando que a los distintos años de retorno existirá una notable afectación en los espacio de recreación, zonas de cultivo en mediana escala a viviendas, perjudicando a la población de Tarqui en la provincia de Pastaza.

RECOMENDACIONES

- Realizar una base de datos con imágenes tif de las distintas subcuencas que tiene la cuenca del río Pastaza para poder realizar una correcta delimitación de las áreas de recargas de sus ríos tributarios y conocer sus diferentes características hidrológicas y morfológicas.
- Realizar monitoreos en distintos puntos del río en estudio para corroborar el caudal base con los diferentes puntos de control, caso contrario determinar en qué punto disminuye o aumenta el caudal.
- Se recomienda realizar varias pruebas de infiltración para poder obtener resultados con mayor exactitud.
- Implementar programas de capacitaciones para dar a conocer cuál es el nivel de riesgo que existe a causa de las altas precitaciones en la parroquia de Tarqui, estableciendo un programa de gestión de riesgo como también un calendario de siembra y cosecha para reducir las afectaciones tanto económico, social y productivo de la población que se acentúa a las riveras del rio Salome.
- Se recomienda realizar un estudio similar para así tener documentos de referencia y poder comparar cuanto infiere la cobertura vegetal al momento de estimar la escorrentía superficial y a la vez el flujo base del rio para sus distintos años de retorno.

REFERENCIAS

Alvado, E. (2017). *Manual de medición de caudales*. Obtenido de https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf

Andrade, M., & Flavio, M. (2005). Politicas de empleo en la planificación turistica local de Ecuador. *United Nations Publications*, 84.

Aplicación de la teoría del número de curva a una cuenca de montaña. Caso de Estudio: cuenca del rio Murca, mediante la utilización de sistemas de información georgráfica. (Julio de 2014). Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13331/Trabajo%20de%20Grado%20Sergio%20Lavao.pdf;jsessionid=2218E6850C32DDF27328BFA06336EC16?sequence=1

Bateman, A. (2007). *Hidrología básica y aplicada.*

Brieva, C. (Junio de 2018). *Caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológicas en cuencas.* Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion_de_cuencas_0.pdf

Cardona, B. (06 de Mayo de 2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas.* Obtenido de http://www.repositorio.usac.edu.gt/4482/1/Conceptos%20b%C3%A1sicos%20de%20Morfometr%C3%ADa%20de%20Cuencas%20Hidrogr%C3%A1ficas.pdf

Castellanos, H. (2017). *Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000600012

Chow, Maidment, & Mays. (1994). *Hidráulica de canales abiertos.* Obtenido de McGraw- Hill.

Eiza, M., & Carfagno, P. (2014). *Medición de la infiltración en el suelo. Infiltrómetro de anillo simple y simulador de lluvias.* Obtenido de https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/4447/INTA_CIRN_InstitutodeSuelos_Eiza_M_Medici%C3%B3n_de_la_infiltraci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Estela, M. (18 de Julio de 2020). *Materia Orgánica*. Obtenido de https://concepto.de/materia-organica/#ixzz6cBPV4nFs

FAO. (1997). *Medición sobre el Terrno de la Erosión y de la Escorrentia.* Recuperado el 27 de Octubre de 2020, de Boletín de Suelos de la FAO: http://www.fao.org/3/T0848S/t0848s06.htm

FAO. (2007). *La nueva generación de programas y protyectos de gestión de cuencas hidrográficas.* Italia. Obtenido de http://www.fao.org/3/a0644s/a0644s00.pdf

FAO. (2009). *Textura del suelo*. Obtenido de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/.!33791!x6706s06.htm

FAO. (2015). *Manual de riego parcelario*. Recuperado el 28 de Octubre de 2020, de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/recnat/pdf/MR_cap1.PDF

Fernández, C., & Alcides, L. (1 de Abril de 2020). *Influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en las áreas de inundación del río Yanuncay en Cuenca.* Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382020000100115

García, C. (2 de Julio de 2018). *El carbono orgánico y la funcionalidad del suelo*. Obtenido de https://www.laverdad.es/ababol/ciencia/carbono-organico-funcionalidad-20180630213734-nt.html

Gutierrez, A. (13 de Febrero de 2011). Estimación del tiempo de concentracion y tiempo de rezago en la cuenca experiemntal urbana de la quebrada San Luis, Manizales. *78*, 58-71. Obtenido de scielo.org.co/pdf/dyna/v78n165/a06v78n165.pdf

Hidrograma unitario sintético. (s.f.). Recuperado el 27 de Octubre de 2020, de http://ing.unne.edu.ar/pub/hidro-tp7.pdf

INOCAR. (2019). *Caracterización hidrológica.* Recuperado el 27 de Octubre de 2020, de https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/proyectos/inocar-senescyt/19-caracterizacion-hidro-oceanografica-y-ambiental-del-margen-costero/47-caracterizacion-hidrologica

Lopez, J., Gonzalez, M., Scaini, A., Goñi, M., Valdenebro, J., & Gimena, F. (2012). Caracterización del modelo HEC-HMS en la cuenca de río Arga en Pamplona y su aplicación a cinco avenidas significativas. *Obras y Proyectos no.12*, 15-30. Recuperado el 30 de agosto de 2020, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132012000200002

Méndez, E. (Junio de 2016). *Validación del método analítico Walkley y Black DE materia organica en suelos arcillosos, francos y arenosos del Ecuador.* Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8137/1/T-UCE-0004-43.pdf

Mendoza, H. (2017). *Evaluación hidrológica e hidráulica mediante la aplicación de modelos, del puente la Zompopera, Pantasma* . Obtenido de http://ribuni.uni.edu.ni/2531/1/92518.pdf

Molina, J. (2002). *Valoración Hidrológica de las cuencas de Los Ríos Tolomosa y la Vitoria*. Obtenido de http://servicios.ucbtja.edu.bo:8090/sihita/css/docs/EST-00014/index.html#p=3

MsClain, M., & Llerena, C. (1998). El manejo de cuencas en la selva: de los Andes a la Amazonia. *Revista Agua y Riego, XI*, 11-13.

Múñoz, I., & Miranda, O. (s.f.). *Manejo de suelo y velocidad de infiltración*. Obtenido de http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR03784.pdf

Pizarro, R., & et. (2014). *Análisis comparativo de tres hidrogramas unitarios sintéticos en dos cuencas mediterráneas de Chile, región del Maule*. Obtenido de

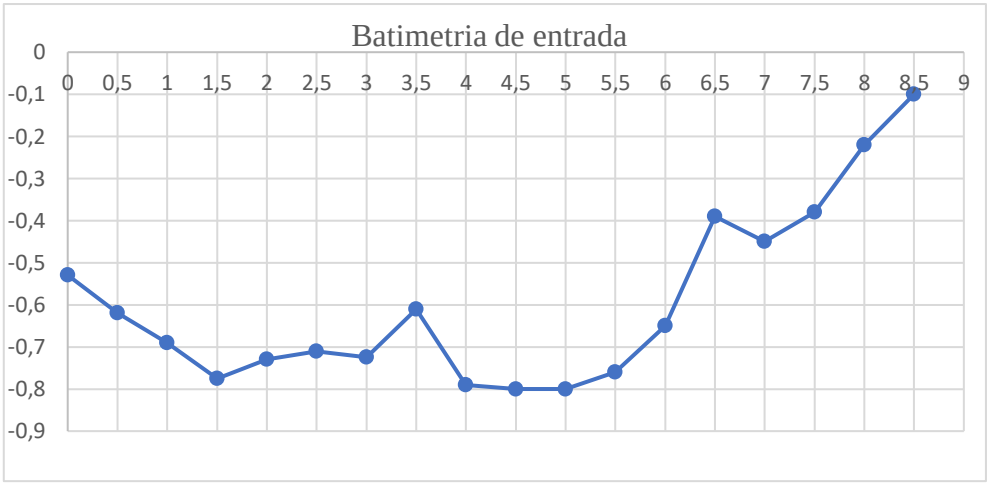
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182014000100002

UNESCO. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarollo de los Recursos Hìdricos.* Paris. Obtenido de https://www.uncclearn.org/wp-content/uploads/library/ga.pdf

Villegas, P. (09 de Enero de 2017). *Método del Número de Curva del SCS*. Obtenido de https://aguaysig.com/metodo-del-numero-de-curva-del-scs/

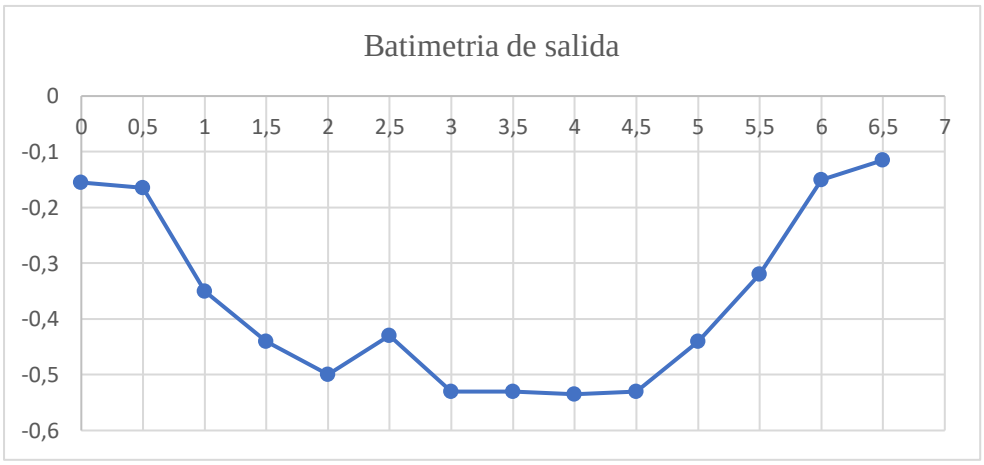
ANEXOS

ANEXO 1. BATIMETRÍA DE ENTRADA.



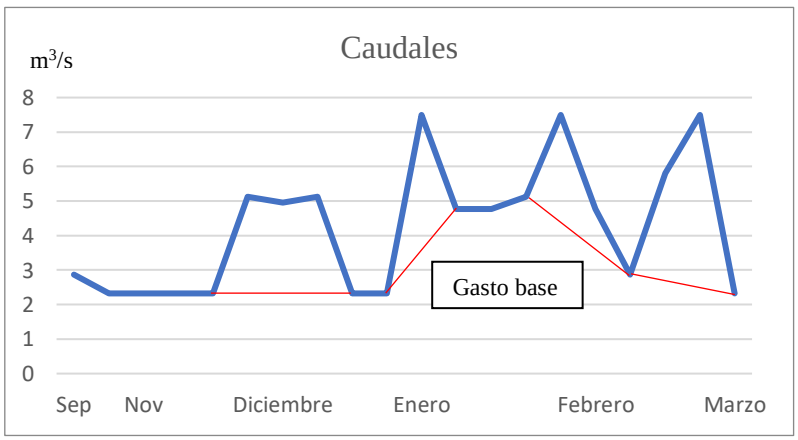
Fuente: Elaborado por autores

ANEXO 2. BATIMETRÍA DE SALIDA



Fuente: Elaborado por autores

ANEXO 3. CAUDAL BASE.



Fuente: Elaborado por autores

ANEXO 4. LLUVIA DE DISEÑO

Lluvia de diseño					
Horas	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años
1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5
2	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6
3	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7
4	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9
5	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0
6	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3
7	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6
8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0
9	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7
10	3,1	3,5	3,8	4,3	4,7
11	4,5	5,0	5,5	6,3	6,9
12	20,2	23,6	26,5	24,6	34,5
13	53,1	59,3	64,4	78,2	78,2
14	5,9	6,7	7,3	8,3	9,1
15	3,6	4,1	4,5	5,1	5,6
16	2,7	3,0	3,3	3,8	4,1
17	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3
18	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8
19	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
20	1,4	1,6	1,7	2,0	2,2
21	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9
22	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8
23	11	1,2	1,3	1,5	1,6
24	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5

Fuente: Elaborado por autores

ANEXO 5. TABLA DE LAS LECTURAS DE INFILTRACION.

Minuto	0	1	2	3	4	5	10	15	20	30	30	45	60	75	90	120
Lectura	6,4	5,8	5,4	5,2	5	4,8	4,3	3,8	3,4	2,7	11	8	6,5	5,2	3,8	2,1

Fuente: Elaborado por autores

ANEXO 6. REGISTRO PRECIPITACION PREVIA 5 DIAS ANTES.

Días	1	2	3	4	5	Total
Precipitación	0	17	27,4	9,6	3,2	**57.2**

ANEXO 7. PRACTICA FÍSICA DE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN





ANEXO 8. REGISTRO DEL NIVEL DEL AGUA RIO SÁLOME





