INTRODUCCIÓN.

La problemática asociada a las inundaciones es compleja ya que implica la intervención de múltiples factores, entre los que destacan los relacionados con la fisiografía y morfología de la cuenca de drenaje, así como la respuesta hídrica a las características climáticas de la región. La identificación en campo de los sectores inundables, anualmente requiere de tener alguna orientación previa a su ejecución, más aún si se trata de zonas muy intervenidas donde las evidencias físicas son borradas por la acción del hombre. Es aquí donde cobra importancia la simulación hidráulica mediante el uso de softwares especializados y los sistemas de información geográfica. Estos facilitan el manejo de la data espacial y su representación, brindando una visión más integrada y detallada de la región en estudio. También permiten representar la información generada por la corrida de modelos matemáticos en forma de mapas, lo cual constituye un soporte importante para el trabajo en Hidrología y Geomorfología. (Renvi y Nan 2002, Garrido et al, 2013).

Los fenómenos climáticos son un factor principal en la modelación y continua transformación de la superficie terrestre, estos dependiendo de cada región afectan de manera diferente y trayendo consecuencias nefastas en el desarrollo de una localidad, según su intensidad y duración. Las inundaciones son unos de los riesgos naturales que producen mayor número de pérdidas tanto humanas como materiales. Este estudio, se focaliza precisamente sobre el fenómeno de las inundaciones, el cual ha sido recurrente, debido a altas precipitaciones como factor detonante.

El recurso hídrico, es esencial para todos los seres vivos, y su dinámica se convierte en una fuerza importante que nos ofrece constantemente grandes beneficios, aunque existen momentos y sitios en los cuales se pueden generar inundaciones con impactos adversos que traen como consecuencias pérdidas económicas, ambientales y sociales en las poblaciones ubicadas próximas a los ríos.

Los eventos hidrológicos severos son la principal amenaza del país, existiendo una gran población que habita en áreas de riesgo de lluvias intensas e inundaciones por diferentes causas. (Civil,2005)

Por otro lado, como consecuencia de la variabilidad climática, cada vez menos las amenazas son consideradas elementos de la naturaleza o del mundo físico, es decir, que cada vez se construye socialmente la amenaza. (Lavel,1996). Es así que las amenazas pueden ser voluntarias e involuntarias de una parte y naturales y construidas de otra.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La inundación en la parte baja de la subcuenca del rio Camacho está dada por lluvias persistentes, originando incremento anormal de la cantidad de agua por el cambio climático. También la reducida capacidad de escurrimiento del agua sobre el lecho del río, es otra causa de tal suceso, por la habilitación de nuevos cultivos sobre riberas del río, permitiendo fallas en las obras de protección, y como consecuencia, pérdidas de cultivos, vidas humanas y animales.

De modo que la zona, es altamente propensa a verse afectadas por inundaciones, como es el caso de las comunidades de Calamuchita, Muturayo y comunidades vecinas que rodean con su producción agrícola las riberas del cauce del rio. Por lo que se hace necesario la elaboración de un modelo de inundación en tiempo real, acorde a la dinámica hídrica y cambios de caudal, centrado en la necesidad de la predicción del riesgo asociada a la amenaza hidrológica, y así constituir un documento base para la planeación, garantizando condiciones seguras de vida para las generaciones venideras.

FORMULACION DEL PROBLEMA.

¿En qué medida la modelación de zonas de inundación a través de la aplicación de herramientas geomática, contribuyen en la simulación de escenarios de riesgos por inundaciones en la parte baja de la subcuenca del rio Camacho?

JUSTIFICACION.

La presente investigación se justifica ante la evidente problemática que se torna preocupante en la región del municipio por los diferentes desbordes que se vienen suscitando en los últimos tiempos, frente a ello surge la necesidad de identificar puntos críticos que permitan con la construcción de obras de infraestructura hidráulica a fin de disminuir los impactos negativos ocasionados por el aumento del caudal del río Camacho, que hacen vulnerable de manera física, natural y económica a la población.

Dentro de la zona de intervención el uso del software HEC-RAS v.6.2, puede considerarse como una herramienta de orientación para aplicarse en otras investigaciones de características similares para periodos de máximas avenidas, en tal manera que resulte importante la evaluación del comportamiento de un río, para la gestión de proyectos de esta índole.

Debido a la recurrencia de los eventos de inundación, surge la necesidad de implementar y divulgar metodologías adecuadas para el estudio de riesgo por inundación y adaptadas a las condiciones regionales, se dan a conocer sus alcances, limitaciones y recomendaciones, que puedan ser de utilidad para investigaciones posteriores y dejar un precedente que permita mejorar los resultados del proyecto.

Este trabajo considera la necesidad de identificar el riesgo al que están o pueden estar expuestos los habitantes del sector ribereño de la parte baja de la subcuenca de rio Camacho, aportando a la población un estudio técnico que permita a las autoridades municipales prevenir y mitigar el riesgo.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Determinar zonas inundables mediante simulación hidráulica unidimensional, aplicando herramientas HEC-RAS y ArcGIS, en el sector vitivinícola, correspondiente al desemboque y quebrada Rujero, rio Camacho, municipio de Uriondo, departamento Tarija.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

a) Caracterizar el uso actual de la tierra, vegetación y pendientes.
b) Desarrollar una metodología analítica para la identificación y cuantificación de áreas de inundación.
c) Determinar el área de afectación por inundación para un periodo de retorno de 100 años, mediante la aplicación del HEC-RAS v.6.2.

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La simulación hidráulica unidimensional mediante el modelo HEC-RAS v.6.2 permite determinar zonas inundables, en sectores propensa a inundaciones, tramo desemboque y quebrada Rujero, río Camacho.

CAPITULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA

CAPITULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1.- Generalidades Sobre las inundaciones.

El agua es un recurso vital para la vida. El uso del agua aumentó a un ritmo dos veces más veloz que el aumento de la población pero las estadísticas son deplorables, en África del Norte, Medio Oriente y el Sur de Asia se aprecia escasez crónica de agua, cuatro de cada diez personas en el mundo viven en áreas con problemas de falta de agua, además que en la medida que crecen las ciudades se multiplican hasta por seis las necesidades de agua, ya es seria la estimación que para el año 2025 aproximadamente 5500 millones de personas enfrentarán problemas de escasez de agua en sus respectivos países. (León, 2010). A pesar del agua ser una fuente indispensable, y de prescindir de este recurso no existiera vida en el planeta.

Las intensas lluvias provocan inundaciones las cuales son desbastadoras destruyendo todo a su paso dejando sin hogar y sin alimentos a cientos de personas que están a cercanías del rio, ocasionando también la muerte.

Debido a los cambios climáticos se ha ido incrementando la frecuencia y la violencia de los períodos de lluvias, por lo que se intensifican las inundaciones en zonas bajas, significando un riesgo potencial de afectación a las personas y la infraestructura en general.

Las inundaciones son fenómenos naturales que se originan al caer grandes precipitaciones en un período corto de tiempo en un área determinada; causando determinados efectos en relación con el tipo de suelo, las pendientes topográficas del lugar, el desarrollo hidrológico de la zona, las trasformaciones hechas por el hombre al medio natural y por supuesto el cambio climático que es un hecho que se manifiesta a escala global. (Manrique Brown dic.2013).

(Ferrando 2006) citado por (Sebastián L Basso) menciona que las inundaciones son producto de otros procesos hidrológicos de recurrencia, como son las precipitaciones. Además, menciona que las inundaciones se producirían por un desequilibrio el cual se manifiesta en un momento, lugar y situación dado entre el volumen hídrico a evacuar en una determinada sección de tiempo y la capacidad de evacuación de los cauces.

Sumado a esto, las inundaciones vienen acompañadas por sedimentos los cuales son transportados y arrastrados, y que esta proporción del volumen sumado a variaciones en la capacidad de carga del curso de agua influirán directamente en los desbordes del canal.

(Bustamante Huamán.2013). Las inundaciones son un evento catastrófico y recurrente para un río. Se produce cuando lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de infiltración y retención del suelo. La capacidad máxima de transporte del río es superada y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos cercanos a los propios cursos del agua. Las inundaciones generan daños en el entorno de las personas, sus bienes e infraestructura, y además de causar graves daños al medio ambiente.

1.2.- Factores fundamentales que influyen en las inundaciones.

Las inundaciones en su mayoría son provocadas por lluvias intensas asociadas a otros problemas como modificaciones del terreno producidas por:

- Las prácticas agrícolas inadecuadas.
- Tala de árboles.
- Incendios.
- Urbanización y otras intervenciones inadecuadas en el medio ambiente.

La ocurrencia de las lluvias extremas y prolongadas también determina el régimen hídrico de los ríos, lo cual origina las mayores crecidas durante el período lluvioso. Pequeños arroyos y ríos aumentan su caudal de forma súbita y producen inundaciones en el entorno de sus cuencas fluviales. De continuar las lluvias, el terreno anegado se extiende, y en lugares con poca pendiente del terreno, a veces se unen varias corrientes fluviales formando extensas zonas inundadas. (J.L) En las inundaciones producidas por huracanes, tormentas tropicales, e intensas lluvias no sólo intervienen las condiciones meteorológicas, sino también otros factores que influyen negativamente, pudiendo agravar sus consecuencias.

Entre estos se encuentran:

1. Las obstrucciones en los desagües naturales o artificiales, debido a la acumulación de sedimentos, piedras, árboles y otros materiales que reducen sus capacidades de circulación.

2. Las características de los terrenos montañosos.

3. El estado técnico y de mantenimiento de las obras hidráulicas en especial, de los embalses y micro embalses, pudiéndose originar fallas en sus cortinas y mecanismos de seguridad.

4. La construcción sin previa compatibilización, de viales u otras obras civiles pueden influir negativamente en los drenajes.

5. El cambio climático, el cambio en el uso de los suelos, la urbanización, deforestación.

Las lluvias asociadas a estos fenómenos meteorológicos pueden ser intensas durante un extenso período de tiempo, provocando la destrucción en diferentes zonas.

1.3.- Identificación de zonas de riesgo

(Bustamante Huamán. 2013). Para la estimación del riesgo de inundación generado por desborde de un río, se requiere analizar la afección que dicho desborde provoca a las diferentes áreas donde existan poblaciones, servicios esenciales, estructuras hidráulicas, etc. a lo largo del cauce o llanuras de inundación. Entonces, se deberá identificar las áreas afectadas a fin de clasificar el riesgo, como afecciones graves a núcleos urbanos, pérdidas incidentes de vidas humanas, daños materiales, daños medio ambientales, obstrucciones en el cauce y otras afecciones a consecuencia de una inundación.

Además, (Ferrando.2006) describe las características hidro-morfológicas las cuales influirán directamente en las inundaciones. La primera son las características del régimen pluviométrico y térmico que registre el clima local. La segunda son las características morfométricas que esta cuenca presente al desarrollo del sistema de

drenaje y la capacidad de retención hídrica de la cuenca. Estos factores influirán directamente en la torrencialidad, velocidad de respuesta, tiempo de concentración y el volumen de los caudales totales.

(Torres q, e.2010). En la investigación "Aplicación del Modelo de Simulación Hidráulica Hec-RAS para la emisión de pronósticos hidrológicos de inundaciones en tiempo real, en la cuenca media del río bogotá – sector Alicachin" se sostiene que la aplicación del modelo Hec-RAS, para efectos de la investigación, constituye tres pasos fundamentales:

1. Paso: Crear por medio de herramientas de SIG como ArcGIS – ArcView y la extensión Hec-GeoRAS, los modelos digitales de elevación – DEM con un archivo de importación para Hec-RAS, que contenga información geométrica de las secciones transversales, del cauce y las llanuras de inundación del sistema hídrico del Río Bogotá.

2. Paso: Aplicar la modelación del flujo permanente con el modelo Hec-RAS

el cual genera un archivo de exportación para ArcGIS – ArcView.

3. Paso: Generar los resultados de la mancha de agua: superficies de inundación y grids de profundidad natural.

1.4.- Herramientas para el estudio de modelamiento

Se disponen de modelos matemáticos muy sofisticados y de gran prestigio, éstos se clasifican principalmente en relación a la dimensionalidad del análisis del flujo. Modelos numéricos tales como SSIMM, FLUENT, CFX y FLOW-3D emplean los tres componentes del vector velocidad (modelos numéricos tridimensionales); RiCOM, Hydro-2de, River2d, MIKE-21, RMA-2, FESWMS y FLOW-2D son modelos basados en la hipótesis del flujo bidimensional, y AULOS, MIKE-11 y HEC – RAS, y sobre este último se abordará en este trabajo ya que este es un modelo numérico de dominio público. (Montes octubre de 2011)

Existen un extenso conjunto de instrumentos informáticos para la modelación hidráulica, pero a excepción del HEC-RAS, las demás son comerciales, este es un software gratuito que se obtiene de internet.

1.4.1.- Modelo HEC-RAS

El modelo HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos "U.S. Corp. of Engineers, Hydrological Engineering Center, HEC" es uno de los modelos más utilizados a nivel mundial para estudios hidráulicos de flujo uniforme, unidimensional y permanente, su popularidad se debe a su flexibilidad en la creación de escenarios hidráulicos, a su rapidez en los cálculos, su fácil manejo y operación.

El modelo HEC-RAS es capaz de modelar perfiles de superficies de agua de regímenes de flujo mixto, subcrítico y torrencial. Este tipo de modelos no ha sido desarrollado para cuencas de alta pendiente como es el caso de las cuencas de la zona andina, sin embargo, se estima que en el caso de estudio donde se cuenta con pendientes altas se está trabajando al límite de las capacidades del modelo, por tanto, para la zona los resultados serán aceptables, lo cual deberá ser tenido en cuenta a la hora de analizar e interpretar los resultados.

El modelo de simulación hidráulica HEC-RAS, permiten pronosticar la dinámica de los niveles de agua en los eventos hidrometeorológicos extremos de inundación, definiendo las cotas de inundación a través de perfiles transversales, simulando de manera aproximada el comportamiento de la dinámica del recurso hídrico y del cauce con características de secciones mojadas variables con cualquier geometría a lo largo del cauce, diferentes tipos de rugosidad para ciertas partes del perfil mojado, distintas profundidades del agua y con caudal variable a lo largo del cauce en condiciones de régimen de flujo sub-critico o súper-crítico con efectos hidráulicos debido a obstáculos transversales naturales o artificiales en el cauce. (Naranjo). Para el funcionamiento del HEC-RAS (River Analysis System) se debe tener en cuenta datos geométricos estos son diversas secciones transversales al largo del cauce o cauces considerados, este modelo calcula la pendiente de ese tramo, otro dato es el caudal este puede ser un solo valor constante o variable en el tiempo. El modelo HEC-RAS

tiene las características necesarias para realizar una simulación hidráulica en cualquier tramo de un rio. Tiene la capacidad para interactuar con modelos digitales de terreno mediante sistemas de información geográfica ArcGIS y proporcionar resultados de alta calidad en cuanto a mapas de inundaciones.

El modelo HEC-RAS permite realizar una ejecución de los perfiles de flujo mixto, que incluye y combina los resultados del perfil supercrítico y del perfil subcrítico. Para lo cual se requiere de una topografía detallada del cauce, con la cual es posible estimar de forma confiable los perfiles de flujo que circulan por el cauce. El modelo hidráulico requiere adicionalmente de unas condiciones de borde y de unas condiciones iniciales, ya que se trata de un esquema de solución por diferencias finitas.

1.4.2.- Simulación Hidráulica

(Rocha Arturo 1998). Las simulaciones hidráulicas nos presentan una manera de análisis de la interrelación entre la topografía del cauce de un río, y los volúmenes de agua transportados, así como la manera que influyen en el nivel de agua las obstrucciones u obras hidráulicas que se presenten a lo largo de su cauce. Permite determinar los niveles de aguas máximas, llanura de inundación, velocidades y otros parámetros hidráulicos, para avenidas extremas con diferentes periodos de retorno; de manera que se visualice el comportamiento del flujo de acuerdo a las características geomorfológicas del cauce.

1.4.3.- Simulación unidimensional

Actualmente, existen programas que permiten modelar y pronosticar los diferentes caudales y niveles que puede llegar a tener un río, esto ayuda a tener un mejor entendimiento del comportamiento de un cauce en épocas de lluvia. Para simular inundaciones en llanuras y en ciudades, los investigadores han utilizado modelos hidrodinámicos (Chatterjee et al., 2008), estos modelos pueden ser unidimensionales y bidimensionales. En los modelos unidimensionales el río es considerado como una línea con una serie de secciones transversales que se interpolan entre sí.

1.4.4.- Sistema de Información Geográfica (SIG)

Es un sistema de software, hardware y procedimientos, diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente.

Es una tecnología que por medio de equipos informáticos maneja informaciones geográficas como son los datos espaciales (mapas o representaciones cartográficas de enclaves naturales o urbanos) y los datos temáticos (tablas que contienen la información alfanumérica). La capacidad de los SIG para obtener, procesar y representar los resultados en forma de mapas temáticos resulta fundamental para estudios hidrológicos y en especial para el análisis de riesgo en inundaciones fluviales. (Bustamante Huamán 2013).

1.5.- Sector vitivinícola.

Una región vitivinícola es aquella en la que hay una fuerte tradición tanto d**el cultivo de la vid** como de la **elaboración de los vinos**. La fama de estas regiones suele estar muy extendida, de manera que, con sólo mencionar el nombre de la zona, el usuario ya sabe cuáles son las características que puede encontrar en el vino y cuáles son sus variedades más importantes.

Es lamentable cómo los fenómenos naturales golpean la producción agrícola dentro de provincia, dejando a varias familias desamparadas y en algunos casos sin terrenos de cultivo y como así también sin cosechas, ya que por tales circunstancias los cultivos de vid están ha cercanías de las riberas del río, y estas se ven seriamente afectados por las crecidas. (Red hum, inundación Uriondo. Ene- 2015).

CAPITULO II

CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.

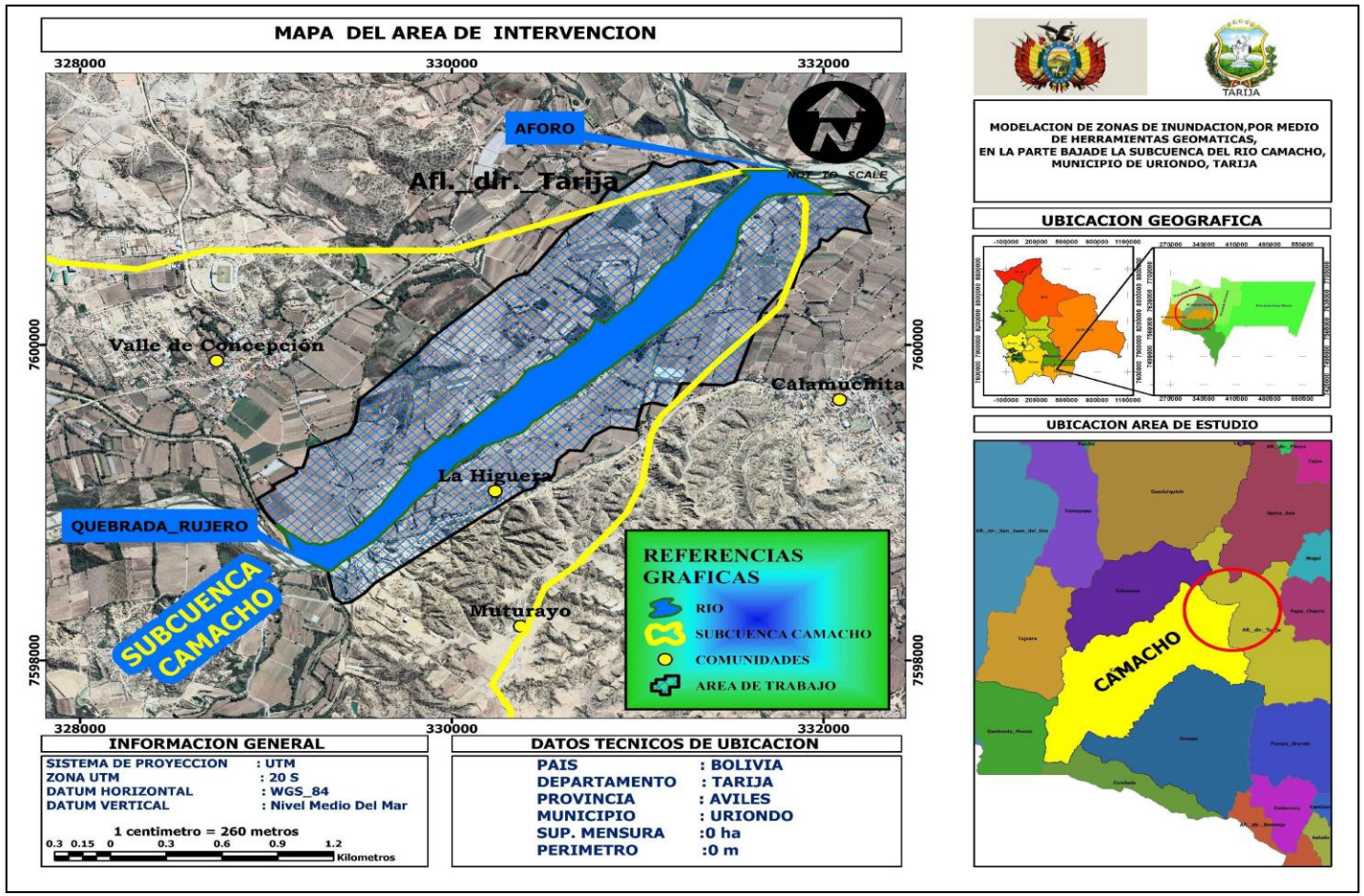
2.1.- Localización del área de estudio.

2.1.1.- Ubicación geográfica.

La distribución geográfica del presente trabajo está definida en el desemboque (aforo) del río Camacho, que está en el municipio de Uriondo, dentro la primera sección municipal de la provincia Avilés, el área de intervención queda a la altura del Valle de la Concepción, y comunidades que circundan son, la higuera, Calamuchita y pampa la villa.

Geográficamente se localiza entre los paralelos 21°42'15,9046" 21°42'21,3323" de latitud sur y los meridianos 64°36'02,2894" a 64°38'52,2727"de longitud oeste, sobre una altitud que oscila entre (1680 m.s.n.m) en la parte baja, y la parte más alta es (1731 m.s.n.m) con colinas irregulares, sub redondeadas. El acceso al área de estudio es a través del camino carretero Tarija - Bermejo, desviándose a la altura del cruce de Calamuchita, las condiciones de accesibilidad a la cuenca son buenas durante todo el año; con algunas irregularidades en la época de lluvia (diciembre a marzo). Este acceso se lo puede realizar mediante el servicio de transporte diario de minibuses que parte de la ciudad hasta la localidad de Calamuchita. (PTDI Uriondo. 2021-2025)

Mapa 1. Mapa del área de investigación



Fuente: Elaboración propia

2.1.2.- Características climáticas.

2.1.2.1.- Clima.

De acuerdo a las características climatológicas de la región; Uriondo, se encuentra en la zona templada del valle central del departamento de Tarija con micro regiones de montaña y valle, de acuerdo a la estación meteorológica Centro Vitivinícola, la temperatura media es de 18,1 ºC, con extremos de -9ºC en invierno y 40ºC en verano y una precipitación media anual de 434,2 mm año. (PTDI Uriondo.2021-2025)

Cuadro 1. Resumen climático del año 1995 - 2020

Estación: JUNTAS
Provincia: AVILEZ
Departamento: TARIJA

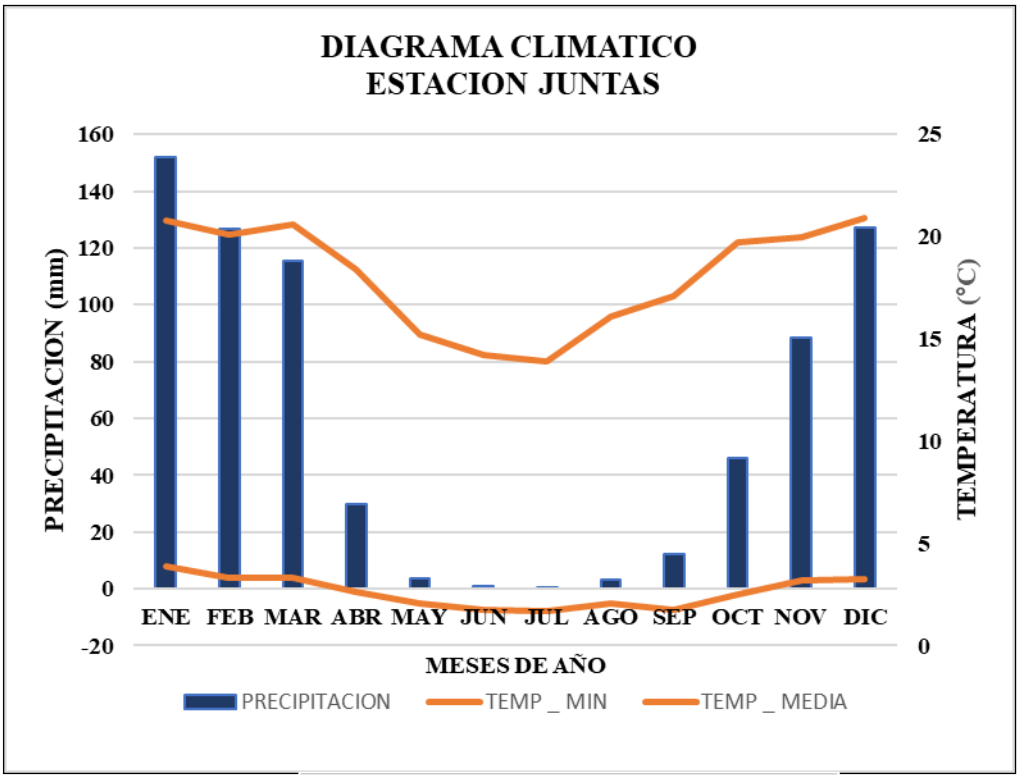
Latitud S.: 21° 48' 37"
Longitud W.: 64° 47' 51"
Altura: 1.882 m.s.n.m.

Índice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	**27.3**	**26.6**	**26.6**	**26**	**24.7**	**25.5**	**25**	**27**	**26.7**	**27.7**	**27.1**	**27.5**	**26.5**
Temp. Min. Media	°C	**14.4**	**13.7**	**13.4**	**10.8**	**5.8**	**3**	**2.8**	**5.1**	**7.6**	**11.7**	**12.9**	**14.4**	**9.6**
Temp. Media	°C	**20.8**	**20.1**	**20**	**18.4**	**15.2**	**14.2**	**13.9**	**16.1**	**17.1**	**19.7**	**20**	**20.9**	**18**
Temp. Max.Extr.	°C	**38**	**37**	**38**	**38**	**36**	**37**	**38.5**	**39**	**39**	**40**	**38**	**39**	**40**
Temp. Min.Extr.	°C	**8**	**4**	**4**	**-1**	**-5**	**-7.5**	**-8**	**-5**	**-7.5**	**-2**	**3**	**3.5**	**-8**
Precipitación	mm	**151.8**	**126.9**	**115.3**	**29.9**	**3.5**	**0.8**	**0.6**	**3.3**	**12.1**	**46.1**	**88.5**	**127**	**705.8**
Pp. Max. Diaria	mm	**100**	**79.5**	**80.5**	**40.5**	**18.3**	**6**	**5**	**30**	**24.5**	**66**	**75**	**82**	**100**
Dias con Lluvia		**15**	**13**	**13**	**5**	**1**	**0**	**0**	**1**	**2**	**7**	**10**	**14**	**81**

Fuente. senamhi 2020

.

Cuadro 2. Diagrama de climático del año 1997 - 2021



Fuente: Elaboracion propia

2.1.2.2.- Precipitaciones Pluviales.

Las lluvias mayormente son de origen orográfico, principalmente por la condensación de las masas húmedas provenientes del sur este, estas presentan precipitaciones altas en la zona montañosa.

El periodo de lluvias entre los meses de octubre a marzo, es considerado de mucha importancia porque coincide con la época de siembra, hecho que aprovechan familias dedicadas al agro. Las precipitaciones mínimas son entre abril a julio. (PTDI Uriondo 2021-2025)

2.1.3.- Características Biofísicas.

2.1.3.1.- Morfología.

Morfológicamente, el área de estudio se localiza en la primera sección de la provincia Avilés, y fisiográficamente en la Cordillera Oriental, formado por una zona montañosa estructural, llanuras erosionadas, zona de valles formadas por una serie de terrazas fluvio - lacustres y terrazas aluviales modelada por la abundante red de drenaje que presentan estas tierras, en todo el largo del rio Camacho que corresponde.

2.1.3.2.- Vegetación.

La vegetación con que cuenta esta zona, refleja unas características particulares de topografía y climáticas de la región, las especies arbóreas como arbustivas que se sitúan en las riberas del rio, se tiene de acuerdo al siguiente cuadro. (PTDI Uriondo. 2021-2025)

Cuadro 3. Flora representativa

N	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	Anacardiaceae	*Schinus molle*	Molle
2	Bignoniaceae	*Jacaranda mimosifolia*	Tarco
3	Betulaceae	*Alnus acuminata*	Aliso
4	Leguminosae	*Geoffroea decorticans*	Chañar
5	Leguminosae	*Acacia Caven*	Churqui
6	Bignoniaceae	*Tecoma stans*	Guaranguay
7	Leguminosae	*Acacia visco*	Jarca
8	Leguminosae	*Prosopis alba*	Algarrobo
9	Leguminosae	*Tipuana tipu*	Tipa
10	Leguminosae	*Acacia aroma*	Tusca
11	Salicaseae	*Salix humboltiana*	Sauce criollo
12	Salicaseae	*Salix babylonica*	Sauce llorón
13	Salicaseae	*Populus alba*	Álamo blanco

Fuente: (PTDI Uriondo. 2021-2025)

2.1.3.3.- Fauna.

En la región se encuentra una gran variedad de animales silvestres de las cuales nombramos a continuación: liebre, vizcacha, paloma, huayco, conejo, etc.
Cada una de estas especies se encuentra dependiendo de la zona más húmeda o poca humedad y mayor vegetación. (PTDI Uriondo. 2021-2025)

2.1.3.4.- Suelos.

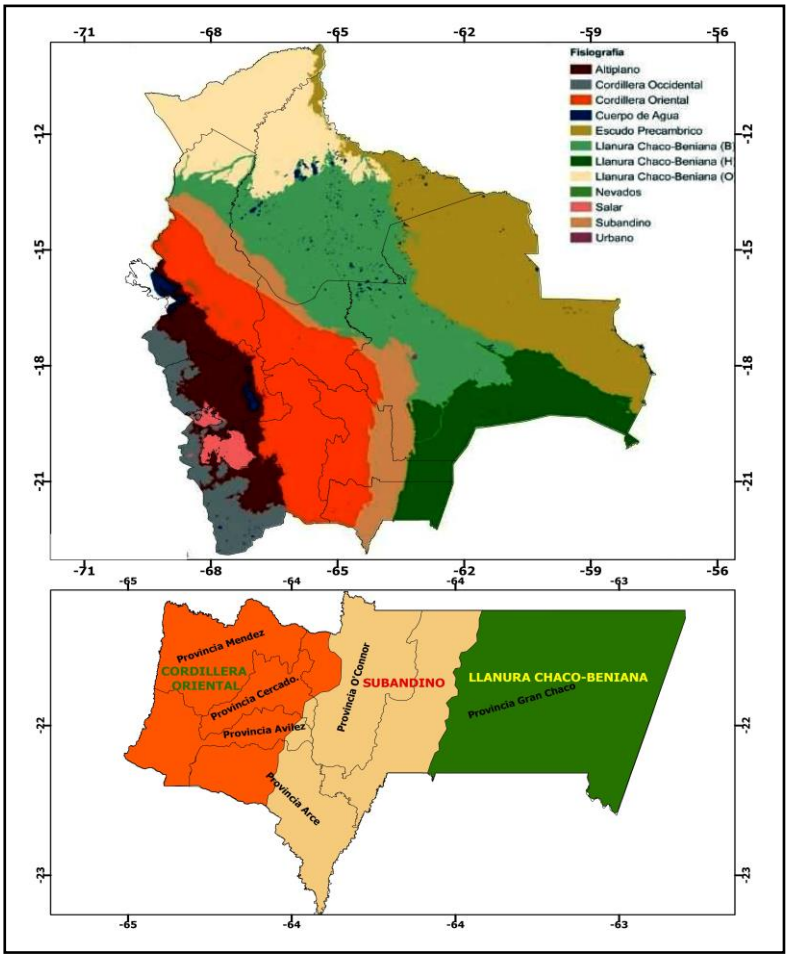
Los suelos de esta zona son casi en su totalidad de origen aluvial, variando la textura de moderadamente liviano a mediano y pesado y en algunas zonas muy profundos.
La caracterización y clasificación científica de suelos del ámbito territorial del Municipio de Uriondo, según las unidades de terreno identificadas y mapeadas. Estas unidades de terreno se encuentran en su mayoría dentro de la Provincia Fisiográfica de la Cordillera Oriental, y las restantes dentro de la Provincia Fisiográfica del Subandino. (PTDI Uriondo 2021-2025)

2.1.4.- Características fisiográficas.

El mapa fisiográfico de Bolivia consta de seis provincias fisiográficas: la Cordillera Occidental, el Altiplano, la Cordillera Oriental, el Subandino, la Llanura Chaco_Beniana y el Escudo Precámbrico.
En Tarija se encuentra de oeste a este las provincias fisiográficas de la Cordillera Oriental, el Subandino y la Llanura Chaco-Beniana en su zona sud correspondiente al Chaco.

EL área de estudio pertenece a la provincia fisiográfica (cordillera oriental), esta provincia fisiográfica que forma un arco desde el límite con Perú hasta la frontera con Argentina, se ubica desde el norte del lago Titicaca en el Departamento de La Paz, se prolonga hasta el sur por el sector occidental de Cochabamba, noreste de Potosí hasta el extremo occidental de los departamentos de Chuquisaca y Tarija en el sur del país.

Mapa 2. Mapa de provincias fisiográficas



Fuente: Centro Digital de Recursos Naturales de Bolivia

2.1.5.- Caracteristicas Demograficas.

La población de la Provincia Aviles de acuerdo al censo del Instituto Nacional de Estadistica, es de 13.309 habitantes de los cuales el 49 % son mujeres y 51 % son hombres, siendo toda la poblacion rural como se indica en el cuadro adjunto.

2.1.5.1.- Población, Superficie y Densidad.

Cuadro 4. Características Demográficas

Provincia	Superficie		Población		Densidad
	Km2	%	Habitantes	%	Hab./Km2
Avilés	2742	7.3	13308	4.5	6.4

Fuente: PTDI Uriondo. 2021-2025

Considerando que la población no es estática, es decir que varia de un tiempo a otro, se estudian los movimientos poblacionales mas importantes como la migración, tasa de crecimiento y la tasa de analfabetismo.

Se considera la migración como los movimientos territoriales humanos, donde se pueden clasificar en definitivos y temporales.

La migración se da en todas las comunidades del Valle de Concepción, relacionados con el tipo de producción o de alio agrícola; sin embargo existen otras razones que influyen para que la poblacion tenga que migrar, entre ellas tenemos: la insuficiencia de trabajo, los bajos ingresos pero principalmente el rendimiento bajo de la produccion agrícola, este tipo de migración es temporal, la poblacion se desplaza hacia la Argentina y al resto del departamento.

La migración produce consecuencias severas, como el descuido de los terrenos, haciendas y afecta la educación de sus hijos.

La tasa de migración del Municipio de Uriondo es de 2.07% anual.

La tasa de crecimiento anual de acuerdo al censo y datos proporcionados por el INE es de 1.06 %. La tasa de masculinidad el de 100%

El indice de fecundidad, es decir cantidad de hijos por mujer es de 4%.

La Tasa de Mortalidad es de cada 1000 niños 61 mueren.

La tasa de alfabetismo anual es de 24.31 %.

2.1.5.2.- Producción.

La principal actividad económica de los pobladores del Municipio es la agricultura, pilar fundamental de la economía de la población, entre los cultivos de la zona podemos nombrar los siguientes productos: papa, maíz, cebolla, arveja, pero principalmente el cultivo de la vid que les reditila buenos dividendos, dicho producto ademas de ser comercializado para el consumo de mesa, una parte se destina para la elaboración de vinos y singanis; sin embargo no podemos dejar de lado la ganaderia, pues se cria ganado vacuno, porcino y caprino.

Siendo la agricultura la actividad principal que desarrolla alrededor de 6.000 has. de tierra cultivable - frontera que esta siendo ampliada por la implementación del riego.

Con relación al insumo utilizado en la producción agrícola, en algunos casos se utiliza la semilla mejorada y semilla tradicional.

No debemos dejar de serialar que a esta producción les persiguen una serie de enfermedades y plagas por lo que se debe hacer use de fertilizantes e insecticidas.

El destino de la producción agrícola es para su comercialización en el mercado, en un porcentaje elevado y el saldo es para su auto consumo.

Los productos generalmente son trasladados a los mercados de la ciudad de Tarija, donde se fijan precios estables; sin embargo en los últimos tiempos se esta llevando la producción al resto del pais principalmente a Santa Cruz.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS.

3.1.- Materiales.

Las herramientas computacionales (software), materiales e información utilizadas en el desarrollo de la simulación hidráulica son los siguientes:

3.1.1.- Material de gabinete.

Software empleado para cálculos hidrológicos:

- Hidroesta v.2.

Información para cálculos hidrológicos:

- Información del SENAMHI de Precipitaciones Máximas en 24 horas anual de las estaciones meteorológicas (Juntas).

Software empleado para el modelamiento hidrológico:

- HEC. RAS versión 6.0.2
- ArcMap 10.4.1

Otros:

- Portátil Hp
- impresora, Epson
- Softwares para la redacción y presentación de la investigación: Microsoft Word 2019, Microsoft Excel 2013 y Adobe Reader X

3.1.2.- Materiales de campo

- Cámara fotográfica digital
- Brújula
- Equipo topográfico (Galaxy GNSS PLUS-RTK)
- GPS (sistema de posición geográfico)

3.2.- Metodología.

La metodología aplicada y pasos que se siguieron para alcanzar los objetivos planteados se describen a continuación:

- Trabajo de campo.
- Gabinete.

3.2.1.- Etapa de campo

En base al trabajo de campo se obtuvo la información necesaria para la aplicación del modelo de simulación HEC-RAS v.6.2, esta etapa se desarrolló a través de los siguientes procedimientos simplificados:

3.2.1.1.- Levantamiento topográfico del cauce

- El levantamiento topográfico se llevó adelante mediante un relevamiento in-situ para posteriormente poder generar los datos alfa numéricos necesarios para poder realizar una triangulación y por ende generar un modelo digital de elevación esos datos son (x, y, z,).

- Todo ese relevamiento topográfico se realizó mediante el uso de Equipo de topografía (Galaxy GNSS PLUS-RTK**,** en el levantamiento topográfico se consideró el lecho, taludes, borde, los caminos pertenecientes a mi área de estudio y por ende el terreno natural, con la finalidad de considerar la mayor cantidad de puntos para poder tener una mejor interpolación de las curvas de nivel y tener un buen MDT (Modelo Digital de terreno.). **Anexo de fotografías 6 – 8.**
- Las precisiones obtenidas en las coordenadas del levantamiento dependieron de varios factores tales como:
    - ✓ Condiciones climáticas (nublado o despejado influye en la visibilidad de los satélites).
    - ✓ Precisión de los equipos utilizados, número de satélites disponibles al momento de realizar el levantamiento.
    - ✓ Errores operacionales.

De esta forma la precisión de los puntos del levantamiento puede llegar a ser del orden topográfico de los 2 cm de manera no acumulativa.
Es así que de acuerdo a las especificaciones mencionadas enteramente se consideró cada una de ellas y se pudo conseguir una buena representación del terreno.

- Al final del día, los puntos observados en campo, se importaron a la computadora, observando que los puntos levantados hayan cubierto toda la zona de interés y evitando dichas zonas queden sin el número de puntos, para tener una buena configuración de terreno.

3.2.1.2.- Análisis granulométrico del lecho y cauce

La granulometría permitió determinar la rugosidad estos expresados en valore tales como los valores Manning, el cual es un componente muy importante y que condiciona el grado de resistividad o no al flujo del agua. Si el valor de Manning es alto entonces la resistencia al flujo producirá una elevación del nivel del agua, y si el valor de Manning es bajo sucede todo lo contrario.

Cuadro 5. Conductos Abiertos Excavados y de Alineamiento Recto

Excavado en:	Calidad Buena	Calidad Regular
Tierra, limpio de vegetación	0,016	0,018
Tierra, con hierba corta y pocas malezas	0,022	0,027
Suelo con alto contenido de grava, limpio	0,022	0,025
Tierra, sección irregular y muchas malezas	0,030	0,035
Tierra, con lados limpios de vegetación y fondo de grava	0,025	0,030
Tierra, con lados limpios de vegetación y fondo de cantos rodados	0.030	0.035
Roca lisa y con pocas irregularidades	0.035	0.040
Roca dentada y con muchas irregularidades	0.040	0.045
Canales sin mantenimiento con maleza densa de la misma altura del agua o mayor	0.080	0.120
Canales sin mantenimiento con fondo limpio y rastrojo y matorrales en los lados. Gastos Altos	0.050	0.080

Excavado en:	Calidad Buena	Calidad Regular
Canales sin mantenimiento con fondo limpio y rastrojo y matorrales en los lados. Gastos Bajos	0.070	0.110

NOTA: Cuando la calidad de la construcción es mala usar los mayores valores de "n".

Fuente: Bolinaga, J. J. “Drenaje Urbano” INOS

Los parámetros de los coeficientes de rugosidad de Manning se tomaron de acuerdo a la observación visual y comparativas con tablas establecidas en estudios realizados,

Cuadro 6. Valores de coeficientes de Manning

Cobertura	n
Agricultura	0.03
Caminos	0.02
Lechos de rio	0.04
Tierras sin cobertura	0.02

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.- Etapa de gabinete.

En esta etapa se siguieron la secuencia de acuerdo a los objetivos planteados.

3.2.2.1.- Elaboración de mapas de uso de la tierra, cobertura vegetal y de pendiente. (no supervisada).

3.2.2.1.1.- Mapa de uso actual de tierra.

Con los diferentes tipos de criterios que se toman para la elaboración del mapa de uso actual de la tierra, se precedió a la elaboración del mapa. **(Ver anexo de mapas, mapa 1).**

3.2.2.1.2.- Mapa de cobertura vegetal

Con los diferentes tipos de criterios que se toman para la elaboración del mapa de uso actual de la tierra, se precedió a la elaboración del mapa. **(Ver anexo de mapas, mapa 2).**

3.2.2.1.3.- Mapa de pendientes

Con los diferentes tipos de criterios que se toman para la elaboración del mapa de uso actual de la tierra, se precedió a la elaboración del mapa. **(Ver anexo de mapas, mapa 3).**

3.2.2.2.- Recopilación de la hidrología para determinar los caudales máximos.

De acuerdo a la ubicación de la zona de investigación, para el análisis hidrológico se seleccionó la estación meteorológica que tienen mayor influencia, bajo ese criterio se consideró como más influyente a la estación de juntas por estar en normal funcionamiento.

Asumiendo la validez de los registros meteorológicos del SENAMHI, los datos tomados de la estación son de precipitaciones máximas diarias (mm/24h) anuales. Mediante estos datos se aplicó la metodología de Gumbel.

3.2.2.3.- Método de Gumbel

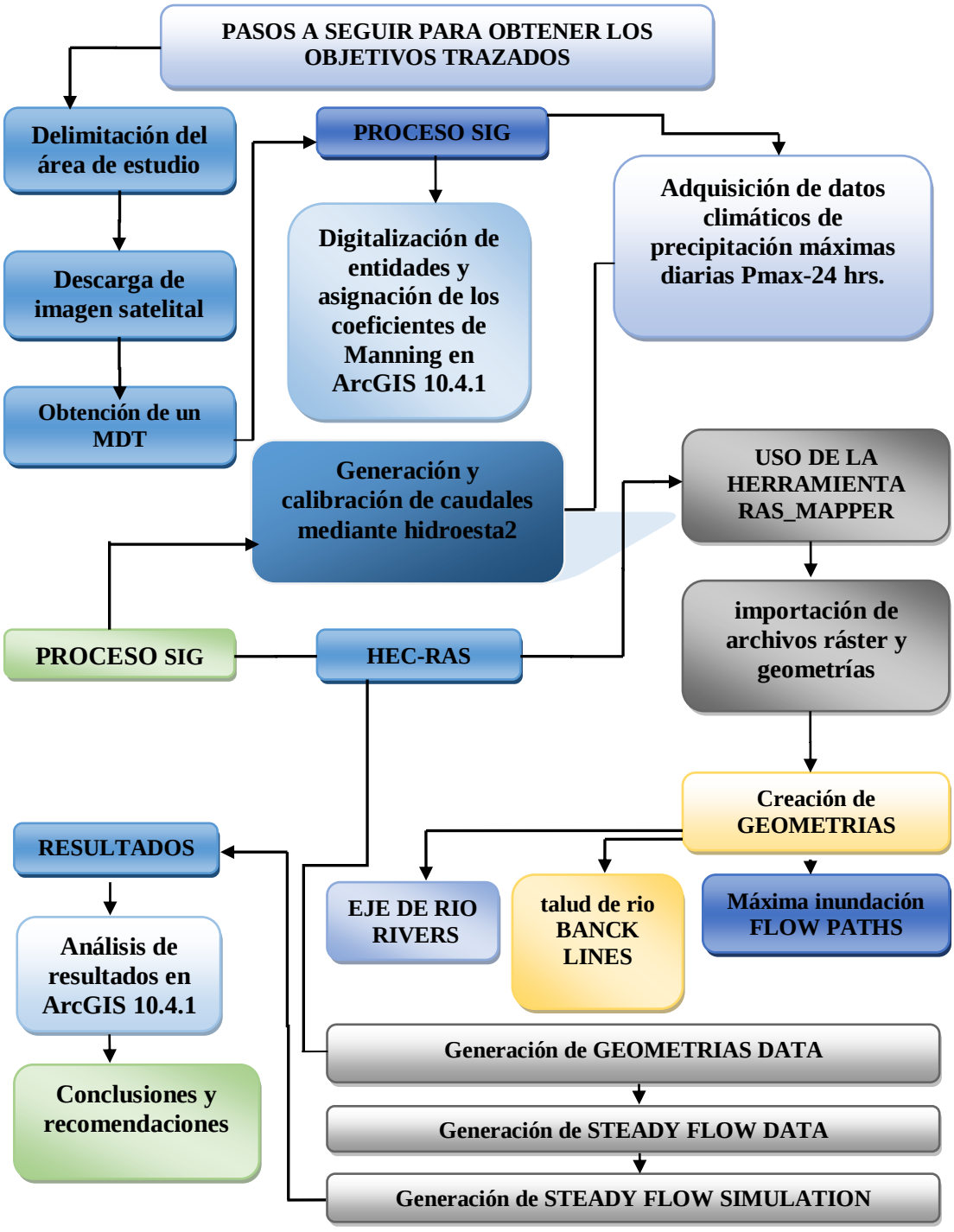
Es una teoría de probabilidad y estadística. La distribución de Gumbel, llamada así en honor de Emil Julius Gumbel (1891-1966), es utilizada para modelar la distribución del caudal máximo, por lo que se usa para calcular valores extremos. Por ejemplo, sería muy útil para representar la distribución del máximo nivel de un río a partir de los datos de niveles máximos. Es por esto que resulta muy útil para predecir terremotos, inundaciones o cualquier otro desastre natural que pueda ocurrir. A partir de una base de datos de valores máximos de precipitación de un sector determinado, se obtienen los siguientes datos estadísticos: precipitación máxima, numero de datos de la serie, sumatoria de la serie, precipitación media, desviación estándar y Varianza. Con estos valores bastan para proceder a modelar con HEC-RAS.

Dicho método es aplicado de manera tradicional con fórmulas planteadas o plantillas automatizadas en Excel, pero para esta ocasión se trabajó con hidroesta-v2, un software que permite calcular los caudales máximos, lo que diferencia con el método tradicional, es que el programa lo automatiza como se verá el siguiente punto de la generación de los caudales máximo para estación de juntas.

2.2.3.- Marco de trabajo

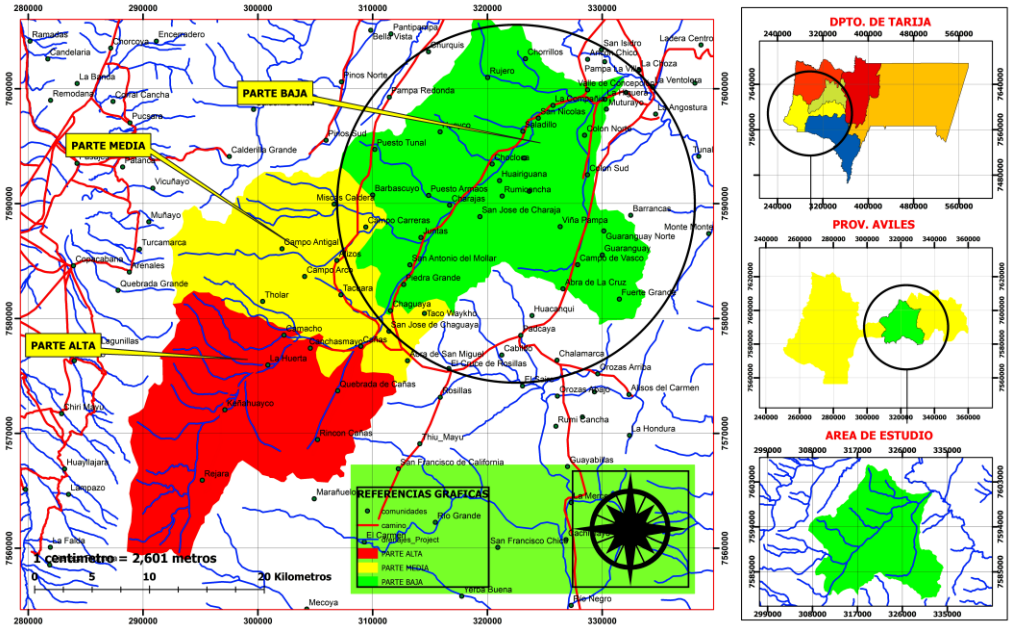
A continuación, se detalla cada uno de los pasos a seguir, para proceder a la modelación de la simulación de inundación.

Marco de trabajo 1. Metodología aplicada



Fuente: Elaboración propia

Mapa 3. Mapa base de ubicación del área de estudio.



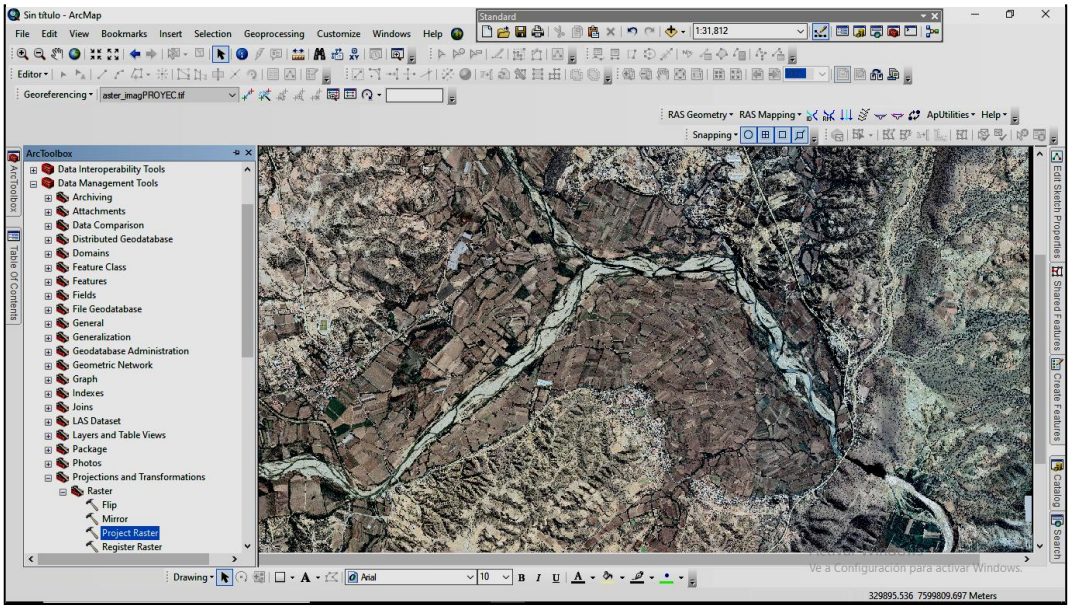
Fuente: Elaboración propia

3.2.4.- Manejo y preparación de la geo-información.

3.2.4.1.- Descarga y procesamiento de la imagen satelital.

Este proceso se llevó adelante mediante la descarga de la imagen satelital, haciendo el uso del software SAS-Planet, para luego conseguir su proyección cartográfica UTM WGS 84 de la imagen (latitud, longitud) a partir de una herramienta que la podemos encontrar dentro de la extensión herramientas de gestión de datos la cual es proyección y transformación, y se proyecta el ráster como se muestra a continuación:

Figura 1. Procesamiento de la Imagen satelital mediante el software ArcGIS.



Fuente: Elaboración propia

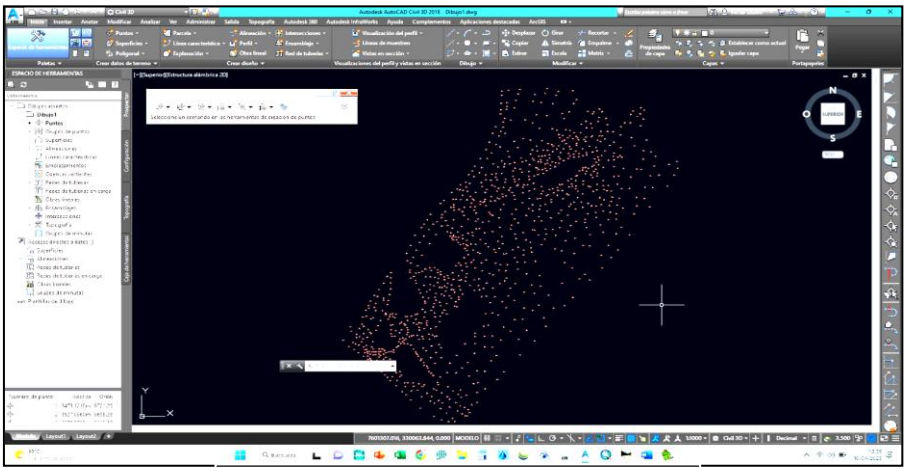
Realizada la descarga de la imagen se procedió a la verificación si realmente se descargó de la manera correcta y para ello usamos el programa ArcGIS Desktop, ya que es un programa que nos permite verificar las proyecciones cartográfico.

3.2.5.- Obtención del modelo digital de terreno (MDT)

Previo al levantamiento taquimétrico in-situ, se realizó un pros-proceso con sistemas de información geográfica y se generó mediante interpolación de elevaciones

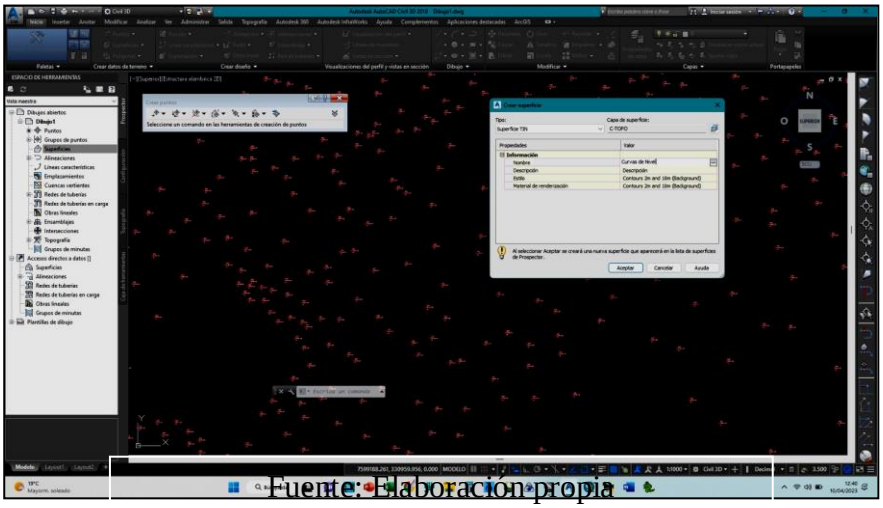
Dichos puntos tomados en campo son exportados de la colectora al software AutoCAD, para su procesamiento.

Figura 2. Datos del levantamiento topográfico



Fuente. Elaboración propia

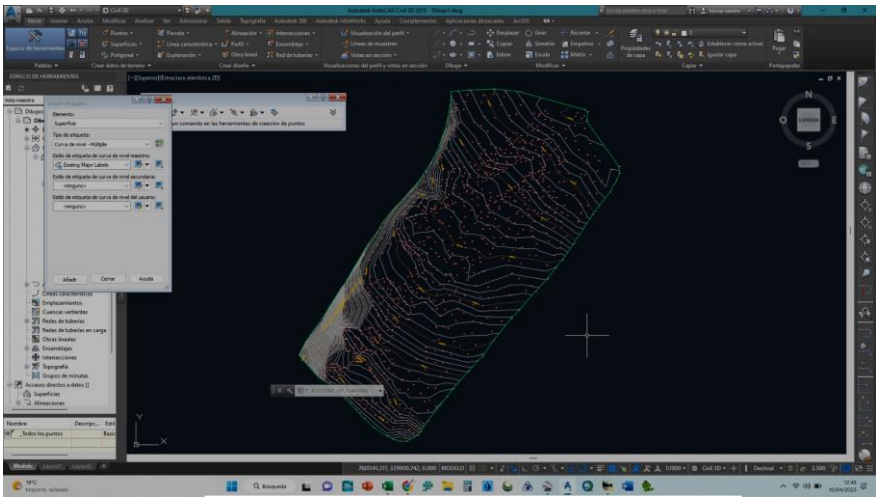
Figura 3. Configuración para generación del MDT



Fuente. Elaboración propia

Configurando la nube de puntos acorde al levantamiento taquimétrico realizado en mi área de estudio, para la posterior generación del modelo digital de elevación y por ende generar las curvas de nivel.

Figura 4. Generación de las curvas de nivel



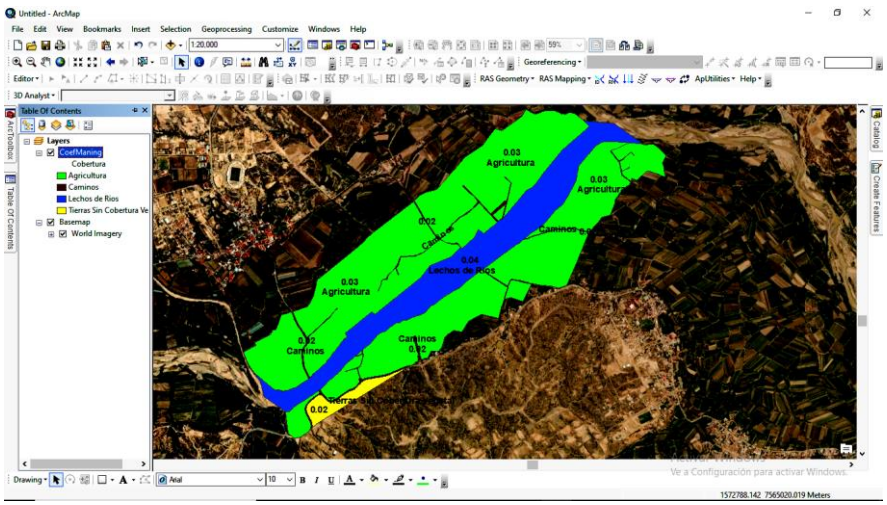
Fuente: Elaboración propia

Realizada las configuraciones anteriores se obtuvo las curvas de nivel, las mismas representan de manera real la forma de la tierra para posteriormente realizar la generación del modelo digital de elevación (MDE)

Mediante las interpolaciones de datos, se obtuvo el modelo digital de terreno (MDT). con una resolución espacial de 1 x 1.**(ver anexo 1 de perfiles)**

3.2.6.- Digitalización del área de influencia y la asignación de los coeficientes de rugosidad según Manning, mediante ArcGIS

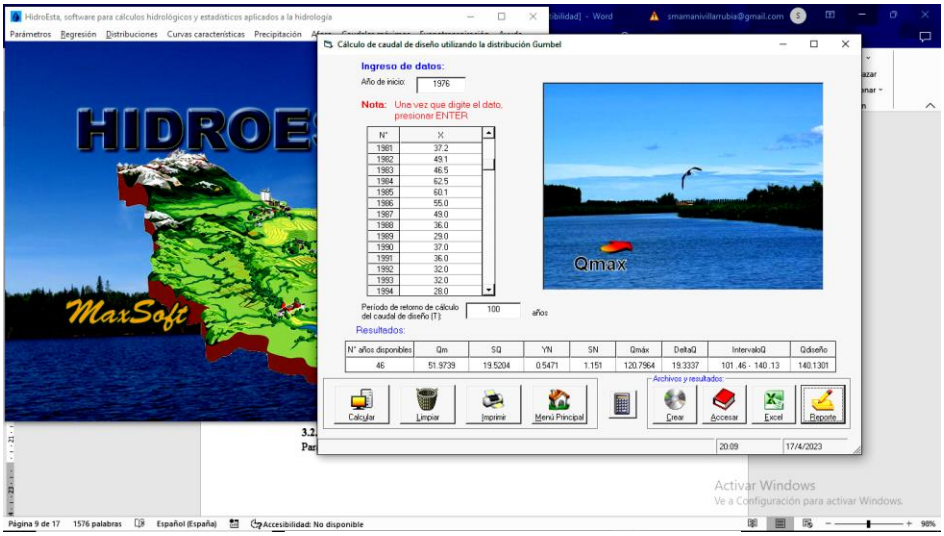
Figura 5. Interpolación de la geometría con los valores de Manning



Fuente: Elaboración propia

3.2.7- Generación de los caudales máximo para estación de juntas, mediante hidroesta2

Figura 6. Calibración de caudales máximos



Fuente: Elaboración propia

Para tal cálculo de caudales máximos (Q-máx.), hidroesta2 permitió la automatización de dicho proceso.**(ver figura 8 y el reporte según Gumbel).**

3.2.7.1.- Reporte según el método de Gumbel para la estación juntas.

Número de años disponibles:	46
Promedio Q:	51.9739
Desviación estándar Q:	19.5204
Parámetro YN:	0.5471
Parámetro SN:	1.151
Q máximo:	120.7964
Delta Q:	19.3337
Intervalo variación Q:	101 .46 - 140 .13

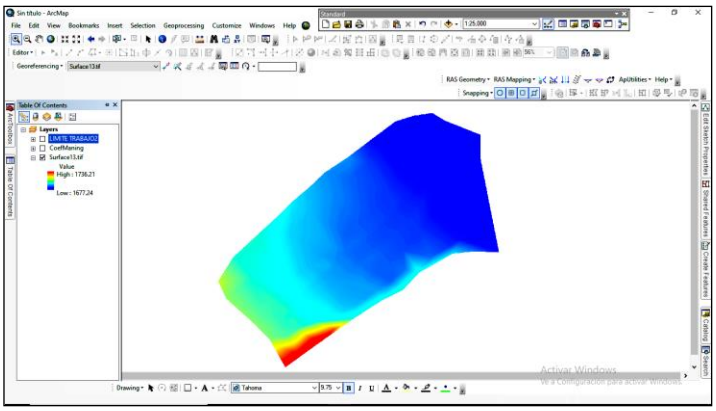
El caudal de diseño por Gumbel, para un período de retorno de 100 año es: 140.1301 m3/s

3.2.8.- Simulación hidráulica unidimensional con HEC-RAS v.6.0.2

Para correr el modelo hidráulico fue necesario la siguiente información:

- Topografía del cauce.
- Valores de rugosidad de Manning.
- Caudales máximos según Gumbel

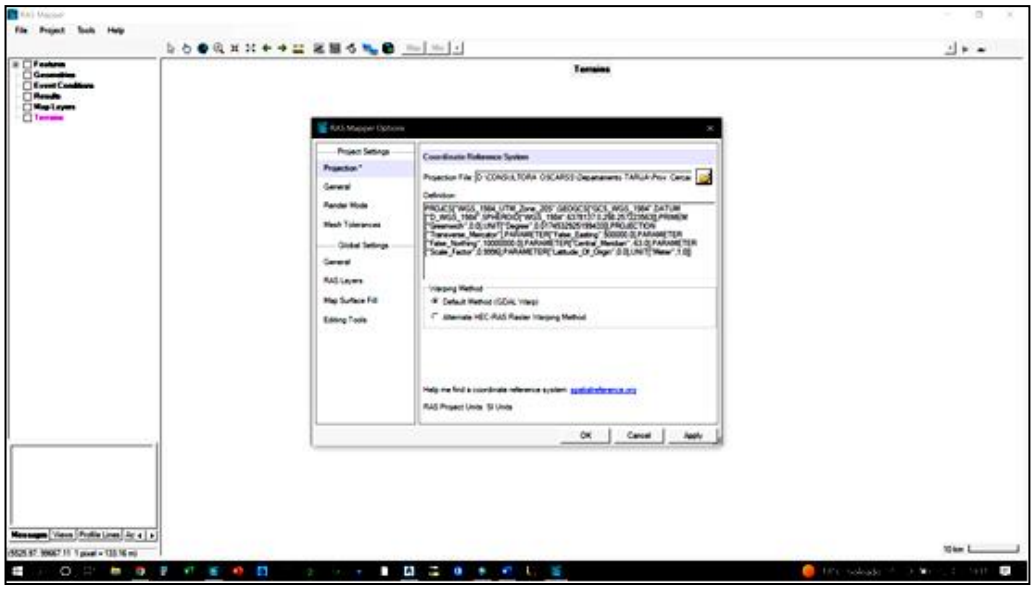
Figura 7. Preparación del modelo digital de terreno en ArcGIS.



Fuente: Elaboración propia

3.2.8.1.- Definición del sistema de proyección

Figura 8. Asignación de la proyección de la proyección



Fuente: Elaboración propia

Como muestra la figura 8, HEC-RAS v.6.2 requiere una serie de configuraciones para la creación del proyecto de simulación y se toma el siguiente procedimiento:

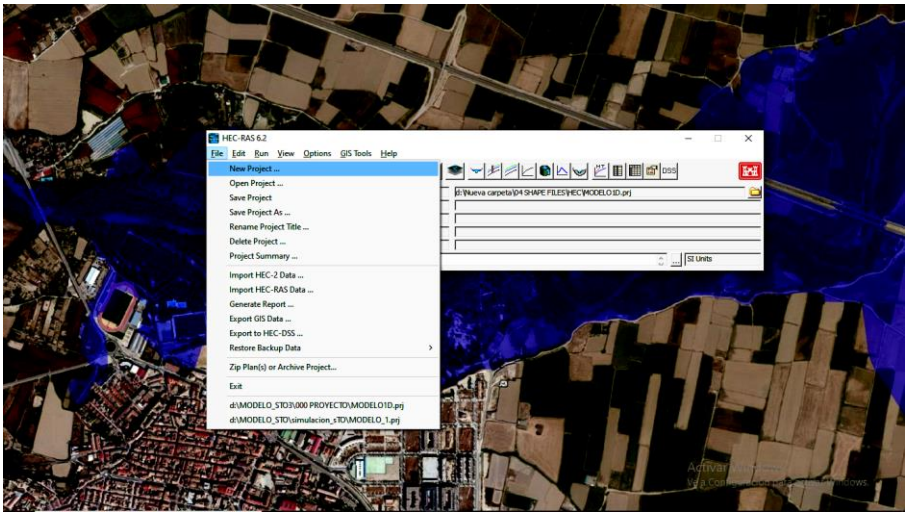
Para el desarrollo de dicho modelo hidráulico en Hec-ras se realizaron los siguientes pasos:

- ✓ Crear un proyecto nuevo.
- ✓ Introducir los datos geométricos.
- ✓ Introducir los datos caudales y las condiciones de contorno.
- ✓ Desarrollo de los cálculos hidráulicos
- ✓ Visualización e interpretación de los resultados

3.2.8.2.- Nuevo proyecto en HEC-RAS

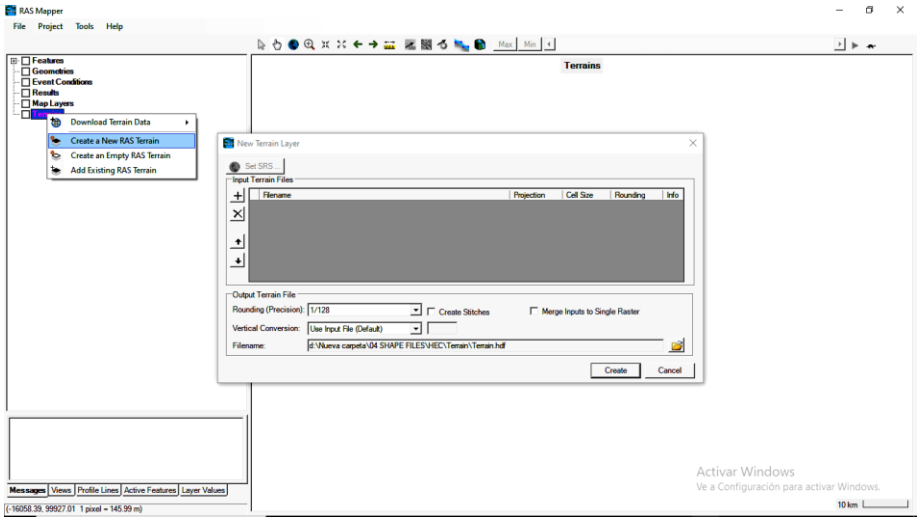
Para comenzar a trabajar se creó un nuevo proyecto, seleccionando File/New Proyect. Creamos o seleccionamos una carpeta donde (nuevo proyecto) y se crea asignando un nombre en "Title". Para el desarrollo del modelo que representará el área y cómo podemos ver se eligió una carpeta denominada Camacho. Esta carpeta contendrá todos los documentos y archivos analizados en este trabajo.

Figura 9. Vista de inicio del programa



Fuente: Elaboración propia

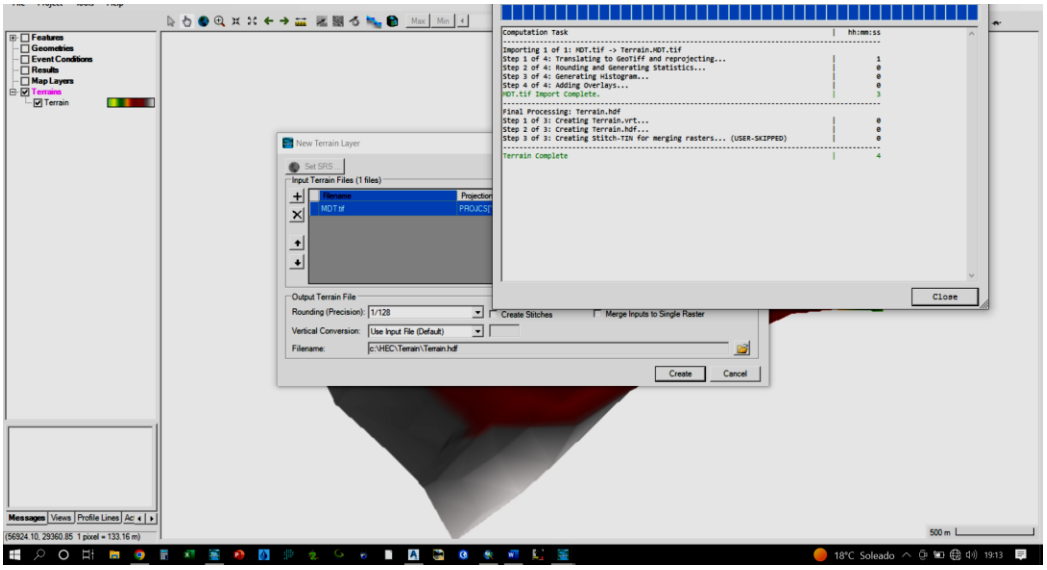
Figura 10. Vista previa del ingreso del modelo de digital del terreno



Fuente: Elaboración propia

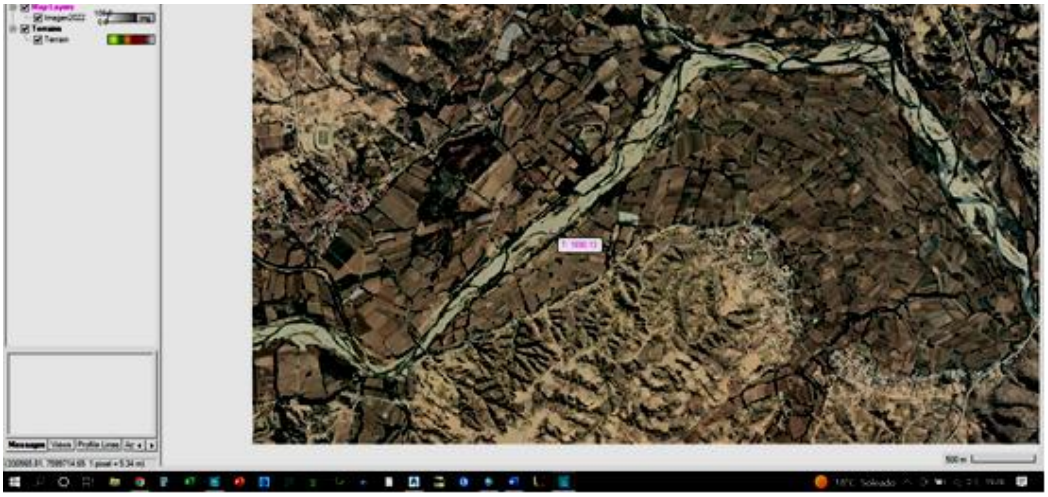
Para establecer un marco georreferenciado, se estableció primero una proyección georreferenciada en HEC-RAS Mapper.

Figura 11 . Importando el Modelo Digital de Elevación "MDE"



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Importación de la orto foto.

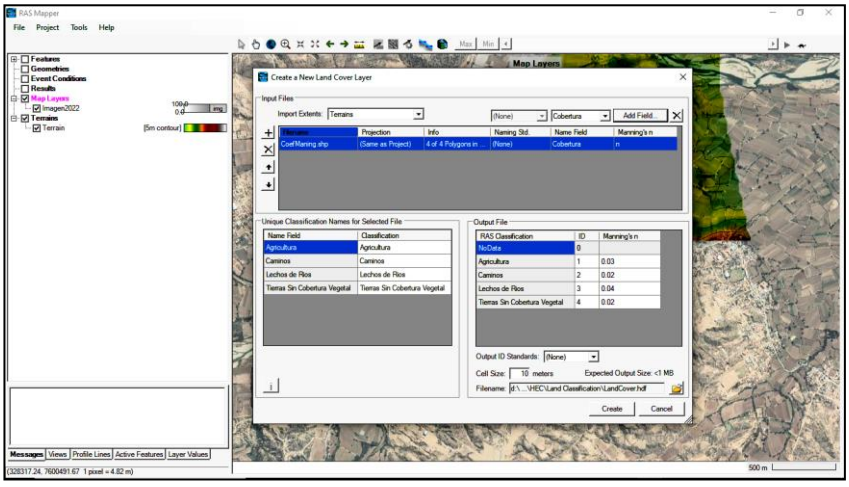


Fuente: Elaboración propia

3.2.8.3.- Importación de los datos geométricos de coeficientes de Manning

Los datos de Manning ya establecidos según el cuadro (cuadro 6), e interpolado en ArcGIS, son exportados a HEC-RAS e importados por la herramienta RAS-Mapper.

Figura 13. Importación los coeficientes de Manning

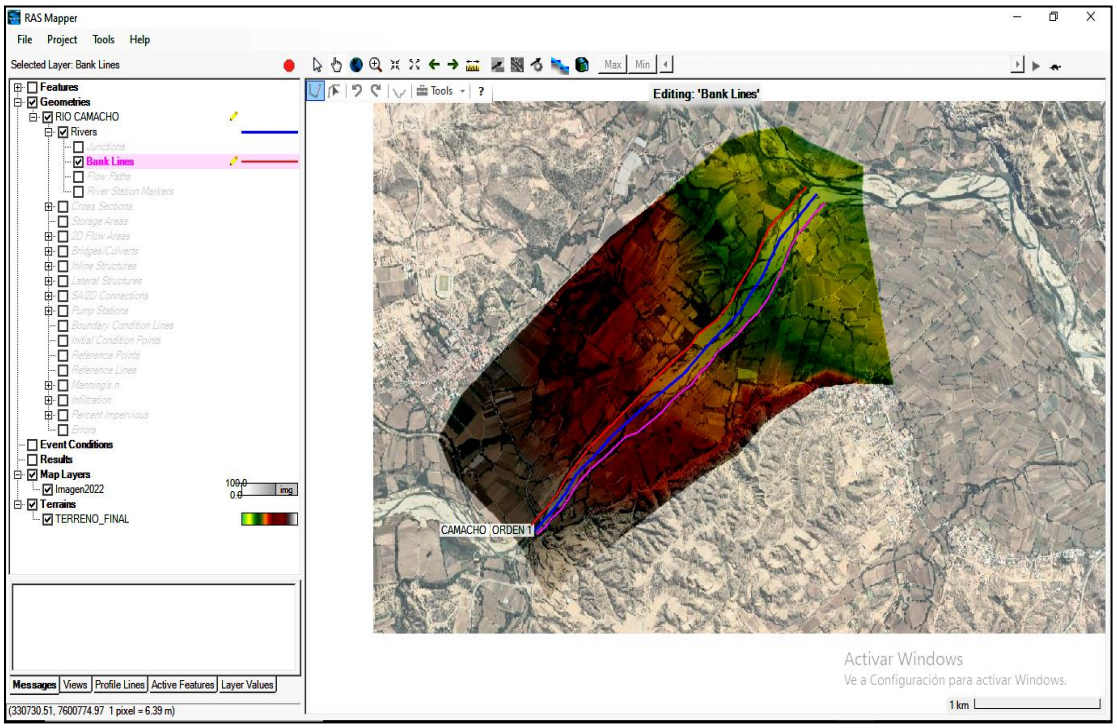


Fuente: Elaboración propia

3.2.9.- Creación de las geometrías

Una vez abierto se procede a importar la geometría o las secciones trasversales. Para desarrollar los datos geométricos, se debe ingresar un gráfico esquemático del Río Camacho, después se grafica en tramos de aguas arriba hacia aguas abajo, estos pasos se realizan en RAS-mapper con el fin de integrar todo en un sistema de información geográfica, después de realizar estos pasos se procede a introducir las secciones transversales.

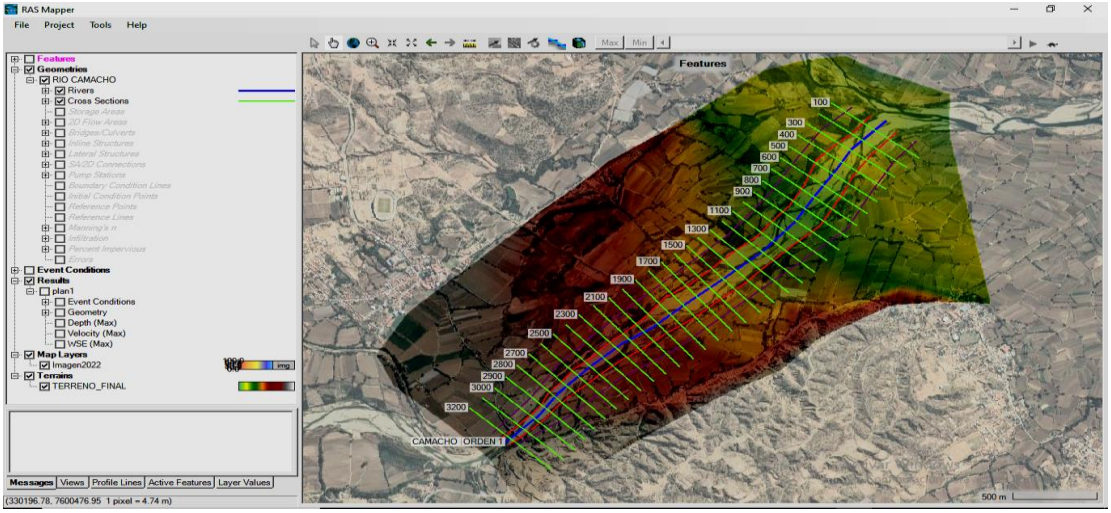
Figura 14. Graficación de la geometría (en la dirección positiva del flujo).



Fuente: Elaboración propia

3.2.9.1.- Perspectiva x-y-z del rio Camacho

Figura 15. Geometria del rio Camacho y secciones transversales



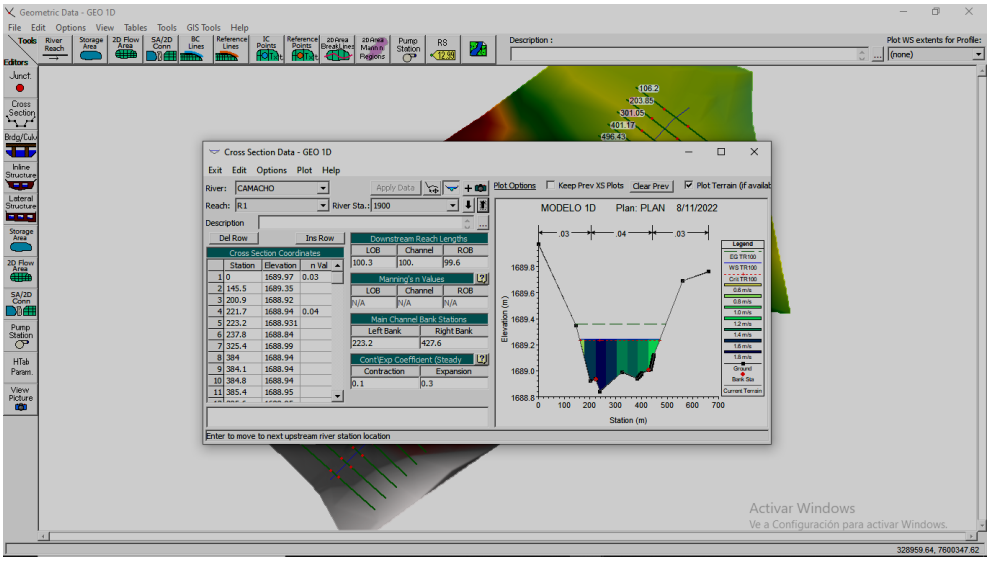
Fuente: Elaboración propia

Para trazar las líneas perpendiculares al eje de río, estas deben de cubrir las 5 líneas longitudinales al cauce, tales secciones transversales se hicieron con Auto-Generate Cross sections, donde se le da valores de longitud de líneas e intervalos de línea a línea, para este proyecto se lo asigno intervalos de 100 y longitud de 650m.

3.2.10.- Generación de la geometría Data.

Teniendo todos los ejes de ríos tanto transversal como longitudinal, queda hacer la interpolación con el modelo digital de elevación (MDE), y de la misma forma con la geometría de los coeficientes de Manning.

Figura 16. Sección transversal del río Camacho este procedimiento se realizó a las 37 secciones transversales establecidas



Fuente: Elaboración propia

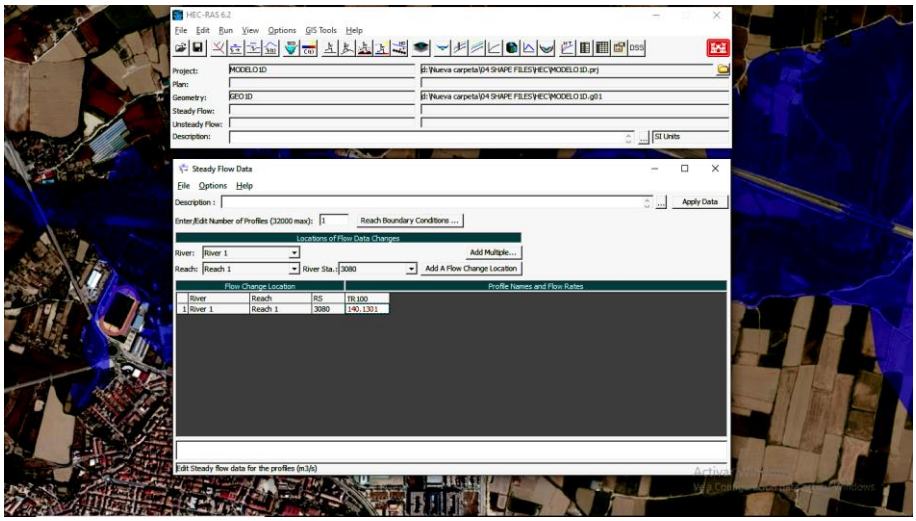
Aquí vemos una de las secciones perpendiculares al río, donde se aprecia la interpolación con el modelo digital de elevación y los coeficientes de Manning.

3.2.11.- Generación de datos de flujos constantes. (steady Flow data)

Para esta ocasión nos vamos a la función view/edit steady flow data, aquí es donde se introduce los caudales máximos calculados por el método de Gumbel (valor tomado de hidroesta2).

Luego se da las condiciones de flujo, para este caso se tomó la condición de régimen subcrítico porque se están tomando los datos aguas arriba a aguas abajo y ejecutamos el programa como lo muestra la siguiente figura 17.

Figura 17. Asignación de los caudales máximos y condiciones de flujos.

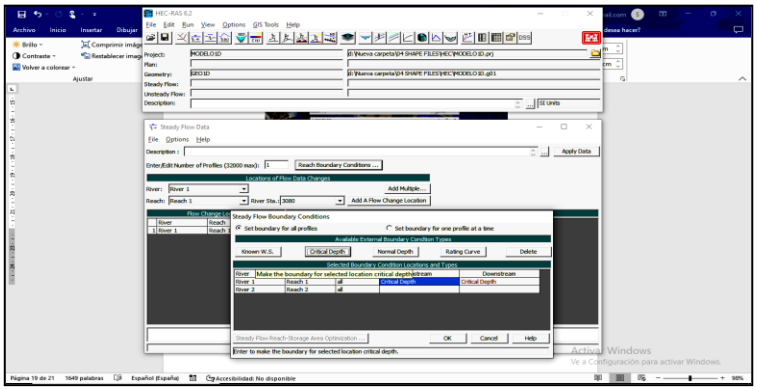


Fuente: Elaboración propia

3.2.12.- Simulación de flujo constante.(steady Flow simulation).

Se creo un plan que incorpore un fichero de datos de geometría y otros datos hidráulicos y para ello se selecciona la herramienta, Perform a steady Flow simulation, se da la condición de flujo mixto porque se están tomando flujos subcríticos tantas aguas arriba a aguas abajo. Esto permitirá que los datos procesados anteriormente sean tomados para que se dé la simulación.**(ver figura 18)**

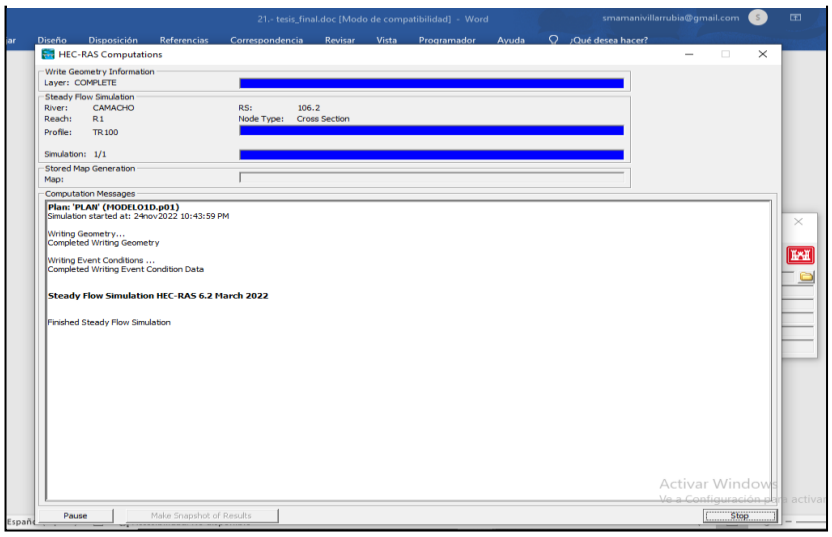
Figura 18. Vista de la creación del plan para que se dé la modelación



Fuente: Elaboración propia

Habiendo terminado de asignar los flujos, se termina el proceso de HECRAS, de aquí en adelante los datos serán analizados en ArcGIS para concluir con la simulación de inundación del rio Camacho.

Figura 19. Computo terminado



Fuente. Elaboración propia

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

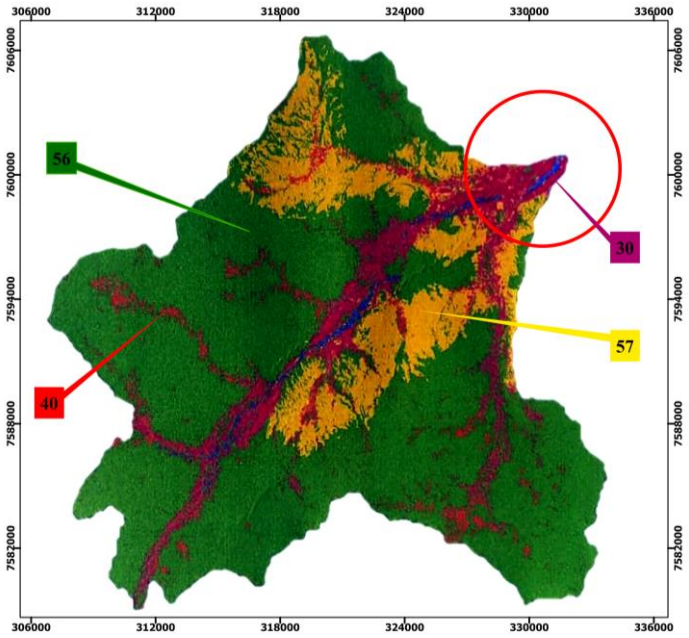
CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIONES

4.1.- Resultados.

4.1.1.- Descripción del uso actual de la tierra, según la FAU-UNESCO 1973:

Figura 20. Mapa de uso actual de la tierra



la caracterización de la parte baja de la subcuenca del río Camacho, se representa las diferentes categorías de uso de suelo. Tal como se puede apreciar la imagen, cada unidad de uso de suelo representa una categoría, para el (56) representa la unidad de Silvopastoril, con vacunos caprinos y ovinos, (40) están como agropecuario extensivo con cultivos anuales, ovinos, caprinos y vacunos, (57) representa a la unidad, silvopastoril con vacunos caprinos, ovinos usos secundarios, áreas sin uso (áreas erosionadas) y (30) que es de interés dentro del presente proyecto, esta como agrícola extensivo con cultivos anuales y perennes, que va de (1680 a 1947 m.s.n.m).

un clima cálido (semihúmedo a húmedo): con una temperatura media anual que van desde (12.60 °C a 26.60 °C) y precipitaciones de (466.8 mm/año).

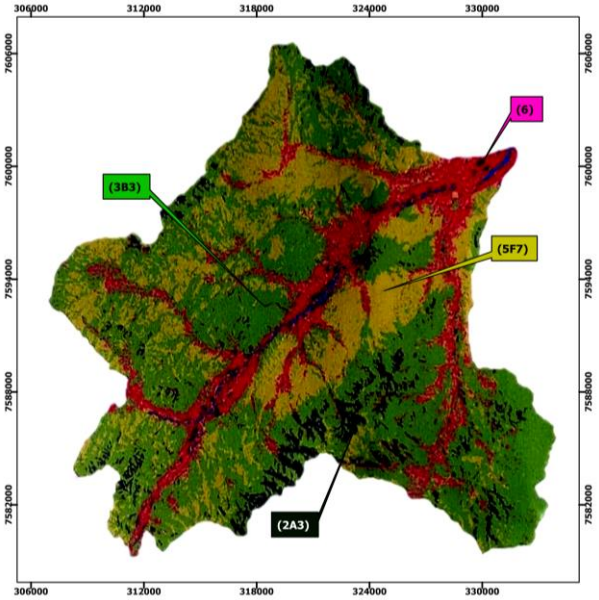
Tipo de uso que está abarcando una superficie de 3245.98 has y un porcentaje de 7.51 % del área total.

El uso (Agrícola extensivo con cultivos anuales y perennes) caracterizado por la agrícola que se realiza con cultivos anuales y permanentes. Dentro de los cultivos anuales que se produce son: Papa, Camote, Cebolla, Tomate, Arveja, Zanahoria. Remolacha. entre otros productos. como así también se produce una serie de hortalizas entre ellas: acelga, perejil, espinacas etc. Las comunidades dedicadas este rubro son: Juntas, Chochoca, Puesto Armaos, Campo de Vasco, La compañía Piedra Grande, Colon Norte: Colón Sud: Barbascuyo y Viña pampa.

En específico el área de intervención, aforo de la cuenca a quebrada Rujero, esta da por cultivos permanentes, con pendientes de 2, 5, 8 y de 15 %, lo fuerte en cuanto a la agricultura es la producción de uva; también frutas como ser: manzanas, durazno, membrillo, peras: etc. así también cítricos: naranjas: mandarinas y pomelos; las comunidades dedicas a estos cultivos son: Chocloca, Valle de Concepción, Colón Norte, Pampa la villa, Calamuchita, la Higuera, Muturayo, Rujero, la Compañía y otras comunidades aledañas.

4.1.2.- Cobertura vegetal, según la FAU-UNESCO 1973:

Figura 21. Mapa de cobertura vegetal



cada unidad esta categorizada por una cobertura vegetal, para la parte baja de la subcuenca esta categorizada por diferentes unidades que son: **(3B3)** Matorral mayormente caducifolio semideciduo, **(5F7)** Vegetación herbácea graminoide baja con matas y cojines, **(2A3)** Bosque ralo Mayormente siempre verde semideciduo y **(6)** Área antrópicas.

Esta unidad antrópica es de interés porque abarca el are de influencia del proyecto, está en el piso ecológico altitudinal denominado montano a una altura de (1680 a 1947 m.s.n.m), un clima cálido (semihúmedo a húmedo): con una temperatura media anual que van desde (12.60 °C a 26.60 °C) y precipitaciones de (466.8 mm/año).

Se lo encuentra formando fajas angostas a lo largo de valles, en la parte baja de las laderas, en terrazas aluviales: en lechos del río, en acuíferos que alimentan el mismo, en serranías bajas de extrema disección, llanura de pie de monte moderada, con pendientes de formas rectas y convexas, existiendo clases desde Plano de (0-2%) ligeramente inclinado (2-5 %) pedregosidad en la superficie muy poca de (0-2%) drenaje superficial (lento) con una exposición de Este a Oeste. En la unidad existe pérdida de la capa arable y también signos avanzados de procesos erosivos de tipo hídrico (laminar y en surco) con un grado de erosión severo.

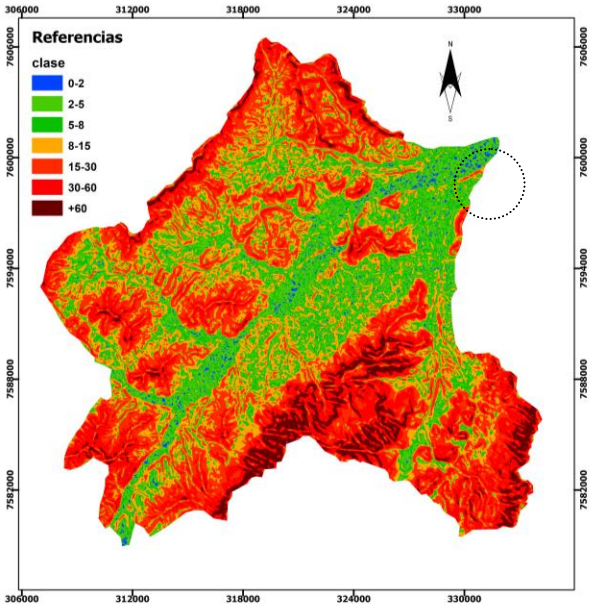
Unidad de paisaje que está abarcando una superficie de 4822,02 has; ocupa un porcentaje de 11, 15 % del área total.

Los tipos de cultivos que se encuentran en esta unidad: son variables que Van de cultivos anuales a cultivos perennes de acuerdo a las condiciones climáticas existentes en el área, dicha unidad también está conformada por diferentes tipos de especies tanto arbóreas: arbustivas y gramíneas, las especies más abundantes son: Churqui (*Acacia caven*), Jarca *(Acacia visco)*,Tusca *(Acacia aroma)*, Con 20-30% de cobertura y entre otra especies con menor densidad de cobertura como ser: Molle *(Schinus molle L)* Sauce llorón *(Salix babilónica)*, Sauce criollo *(Salix humboltiana)*, Algarrobo *(Prosopis alba)* y Nogal *(Juglans australis Griseb)* en cuanto a las gramíneas con mayor abundancia son: Grama pata de perdiz *(Eragrostis sp)*, Pasto Rosado *(Rhynchelitrum repens (Willd C.E. Hubb)* Indeterminado (Viguiera sp), Cola de zorro *(Aristida mendocina Henrard* con 30-40% de cobertura y entre otra especies con menor densidad de cobertura como ser: Pasto *(Bothriochloa Saccharoides (Sw) Rydb.)* Chilca *(Tessaria sp.):* Malva *(Sida sp) Comadrita (Zinnia peruviana L Linnaeus.), Cadillo (Cenchrus myosuroides Kunt).*

Las comunidades que se encuentran en esta unidad son: Piedra Grande: San Antonio el Mollar. Barbascuyo, Juntas, Charaja, Puesto Armaos, Colón Sud, Colón Norte, Barrancas, Viña Pampa, Guaranguay, Muturavo, San José de Charaja, Chocloca, Almendros, Saladillo, San Nicolas, Compañía, Rujero y Valle de Concepción, son comunidades dedicadas a la actividad vitícola; de tubérculos y hortalizas.

4.1.3.- Relieve

Figura 22. Mapa de pendientes



La inclinación o desnivel del suelo, de la parte baja de la subcuenca del río Camacho, está dada por diferentes clases como ser: **0-2 %** Plano o casi plano, **2-5 %** Ligeramente ondulado, **5-8 %** Ondulado, **8-15 %** Fuertemente ondulado, **15-30 %** Moderadamente escarpado, **30-60 %** Fuertemente escarpado, **>60 %** Extremadamente escarpado.

Adentrando a las condiciones del terreno en el área de influencia, las pendientes oscilan de 0-2 % hasta 5-8 %, con alturas de (1670 a 1732 m.s.n.m), donde las condiciones son planas, ligeramente ondulado a ondulado, por estar a las riberas del río, dichas condiciones de terreno son directamente afectas por acontecimientos de inundaciones.

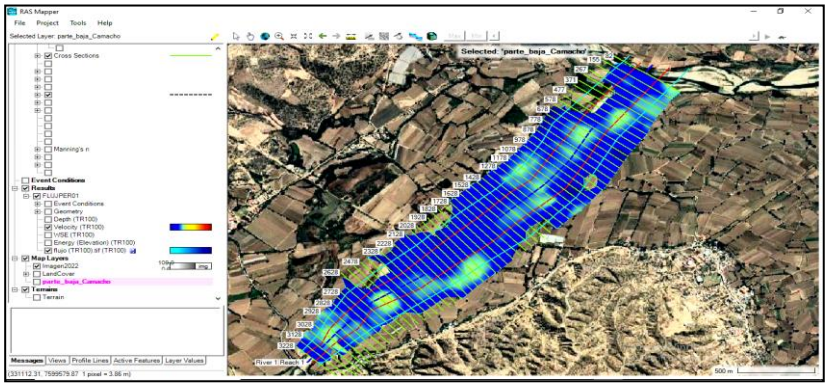
Las comunidades que se encuentran en aforo de la subcuenca y representadas por esta unidad de pendientes son: Higuera, Pampa la villa, Valle de Concepción, Calamuchita y Muturayo.

4.2.1.- Metodología analítica para la identificación y cuantificación de áreas de inundación.

Dicha metodología desarrollada en la modelación hidráulica unidimensional mediante las herramientas aplicadas, se obtuvieron resultados que van acorde a la dinámica hídrica, cabe señalar que realizados por post-procesos de la información alfa numérica y grafica se pudo conseguir los siguientes resultados.

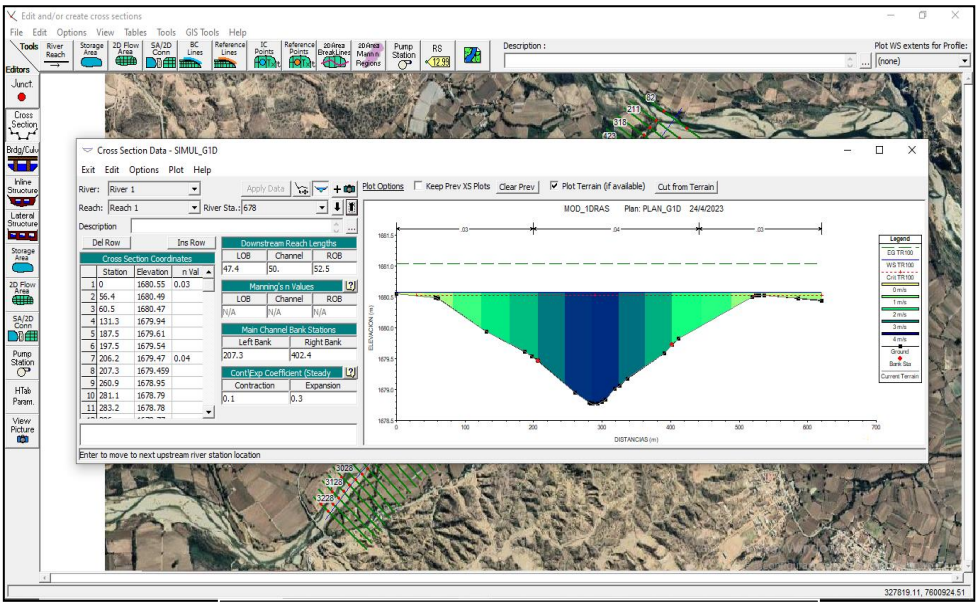
Donde el inicio de inundación parte de la altura de (1675 hasta 1695 m.s.n.m).

Figura 23. Vista del modelo de inundación



Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Velocidad de escurrimiento



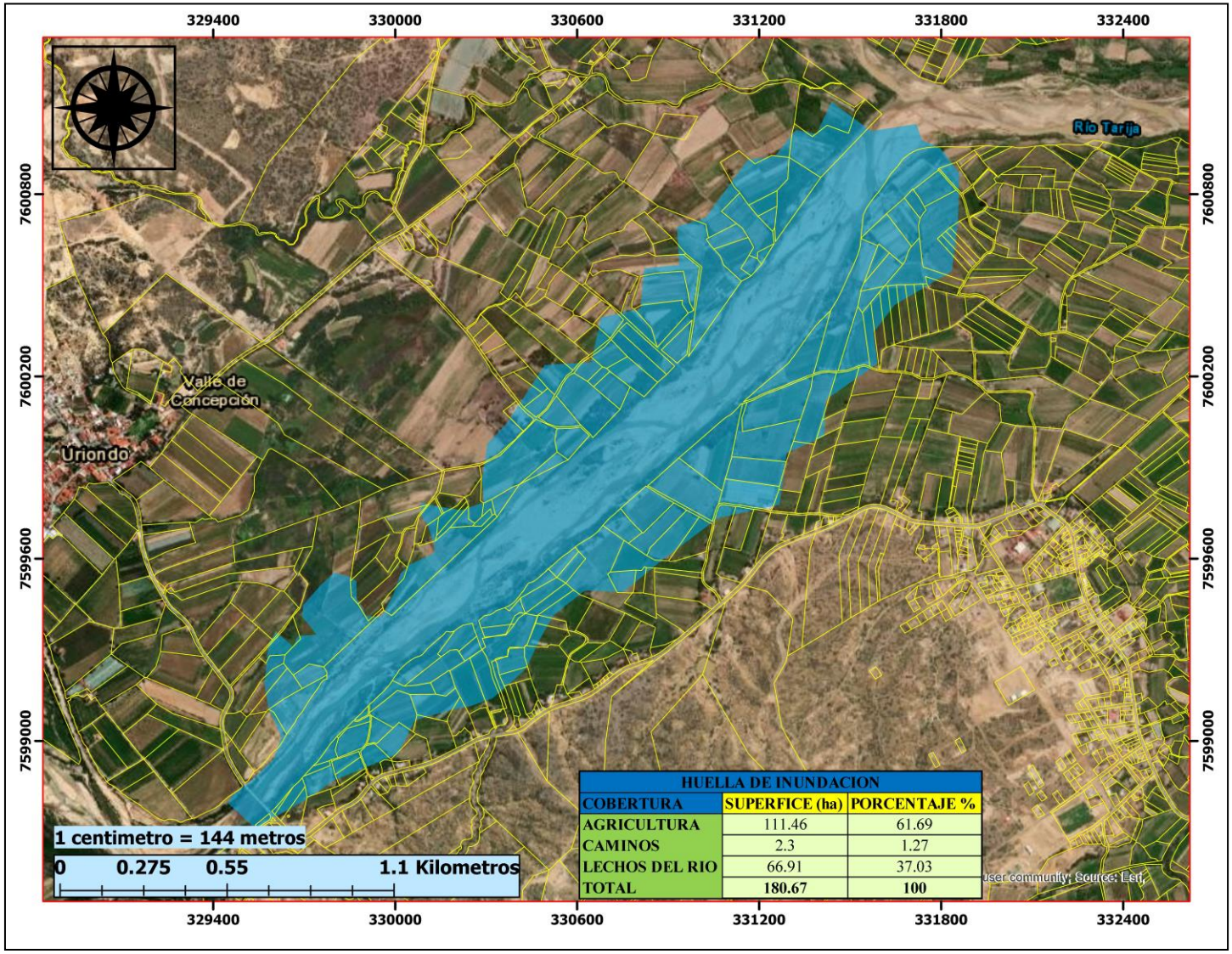
Fuente: Elaboración propia

El perfil transversal al cauce del rio, representa el comportamiento del caudal, donde si la velocidad es variable el flujo cambia.

4.3.1.- Determinación del área de afectación por inundación para un periodo de retorno de 100 años, mediante la aplicación del HEC-RAS v.6.2.

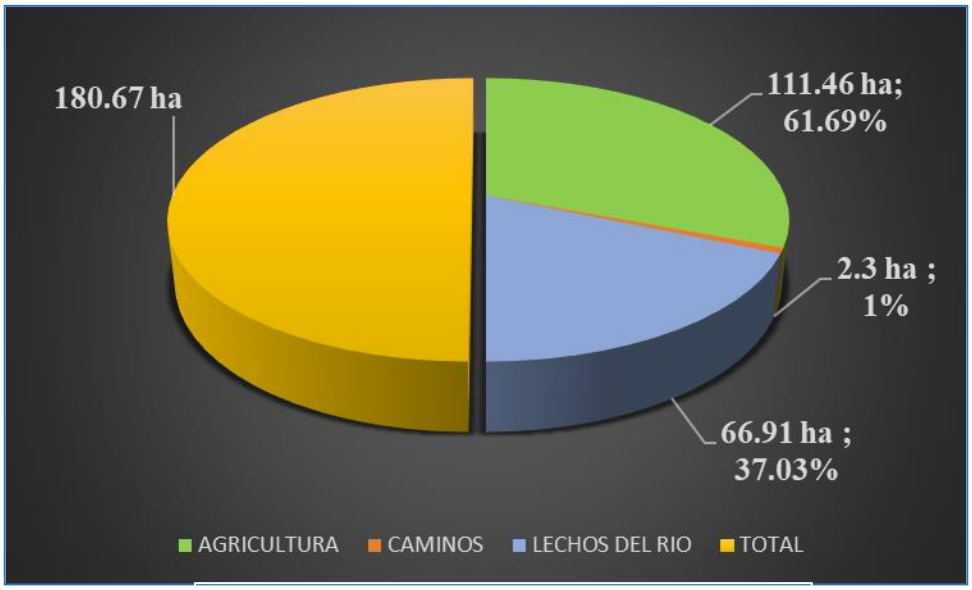
En el presente mapa de inundación que se presenta a continuación, se puede apreciar claramente las zonas y áreas que son más vulnerables al fenómeno de la niña, que es latente hoy en día, por el tema del cambio climático**. (Ver el siguiente mapa)**

Mapa 4. Mapa de zonas inundables



Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Área de geología inundable para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: Elaboración propia

El diseño gráfico demuestra la afectación porcentual de toda la hulla de inundación dentro del área de estudio acorde a las condiciones de los entornos de la zona de influencia, tomado de la digitalización del área y la asignación de los coeficientes de rugosidad según Manning, mediante ArcGIS. **(Ver figura 5).**

Cuadro 7. Reporte estadístico de afectación por inundación

REPORTE ESTADISTICO DE AFECTACION POR INUNDACION			
Clasificación	**Beneficiarios**	**Superficie (ha)**	**Superficie (m2)**
PEQUEÑA	162	106.1400	1,061400
MEDIANA	2	5.9736	59,736
TOTAL	**164**	**112.1136**	**1,121136**

Fuente: Elaboración propia

Mediante la huella de inundación, esta información es interpolada con las bases del Inra, con datos de predios titulados, y de tal interpolación se genera el reporte de afectación por la posible llanura de inundación para un periodo de retorno de 100 años.

Acorde a los datos estadísticos reportados, se puede apreciar 164 parcelas afectadas de manera directa, afectando a los cultivos, vegetación Arborea, arbustiva y fauna, entre ellos podemos citar acorde a la caracterización:

En la cobertura vegetal gran cantidad de especies serán afectadas de manera directa entre ellas podemos citar:

Vegetación.

Cuadro 8. Flora indirectamente afectada por la inundación

N	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	Anacardiaceae	*Schinus molle L*	Molle
2	Bignoniaceae	*Jacaranda mimosifolia*	Tarco
3	Betulaceae	*Alnus acuminata*	Aliso
4	Leguminosae	*Geoffroea decorticans*	chañar
5	Leguminosae	*Acacia Caven*	Churqui
6	Bignoniaceae	*Tecoma stans*	Guaranguay
7	Leguminosae	*Acacia visco*	Jarca
8	Leguminosae	*Prosopis alba*	algarrobo
9	Leguminosae	*Tipuana tipu |(Benth)*	Tipa
10	Leguminosae	*Acacia aroma*	Tusca
11	salicaseae	*Salix humboltiana*	Sauce criollo
12	salicaseae	*Salix babylonica*	Sauce llorón
13	salicaseae	*Populus alba*	Álamo blanco

Fuente: Elaboración propia

Muchas de las especies son nativas y otras endémicas, para poder llegar a ser especies aportadoras del dióxido de carbono y suministradores de monóxido de carbono, los lleva años para poder desarrollarse y estos desastres naturales lastimosamente los afecta de manera directa arrancándoles de raíz ya que las mismas se encuentran en riberas de río, esto debido a los diferentes procesos erosivos que ocasiona una inundación de manera natural.

Fauna.

La fauna es otro de los más afectados debido a que muchas especies se encuentran en las riberas de los ríos ya que es el único lugar donde pueden encontrar refugio esto es debido a la fuerte actividad agrícola y esto los pone vulnerable al fenómeno de la niña entre las especies más afectadas podemos citar: liebre, vizcacha, paloma, huayco, conejo, etc. Son especies que día a día se están perdiendo debido a estos desastres naturales y muchas de ellas optan por migrar de territorio y cada vez son menos visibles.

Producción.

Sin lugar a duda los productores son los que viven el dolor y en llanto por la pérdida económica al ver todos sus cultivos inundados ya que es el pilar fundamental de la economia de la poblacion, entre los cultivos de la zona podemos nombrar los siguientes productos: papa, maiz, cebolla, arveja, pero principalmente el cultivo de la vid que les reditila buenos dividendos, dicho producto ademas de ser comercializado para el consumo de mesa, una parte se destina para la elaboración de vinos y singanis; sin embargo no podemos dejar de lado la ganaderia, pues se cria ganado vacuno, porcino y caprino.

Acorde a las estadisticas recabadas se puede apreciar 162 parcelas pequeñas acorde a la clasificacion según Inra y 2 parcelas medianas, que son afectadas de manera directa por un siniestro de esta naturaleza acorde al modelamiento hidrologico realizado. Con un total de afectacion en superficie de 112.136 has.

4.4.1.- Discusiones.

En la zona de estudio aforo y quebrada Rujero "Subcuenca del río Camacho parte baja, permitió registrar 4 tipos de cobertura vegetal y uso de la tierra con pendientes representativas del sitio.

En las coberturas y uso dé la tierra identificados, se han constatado cambios muy significativos, dichos cambios son producidos por diferentes clases de erosión ya sean (geológicos y antrópicos): dentro de los geológicos que afectan día a día están los provocados de manera natural, que están desgastando la superficie de la tierra o el paisaje geomorfológico: sin la intervención del hombre. La antrópica o también denominada erosión acelerada causada netamente por la actividad humana (Wolman 1995), Al eliminarse o alterarse la vegetación natural para la realización de diferentes tipos de uso tanto agrícola, silvopastoril y como combustible, se rompe el equilibrio natural y como tal se produce la erosión acelerada, los tipos de erosión identificados y los que están afectando con mayor significancia están los eólicos y los hídricos.

Adentrando al campo de la modelación hidráulica unidimensional en cauces naturales a través de la aplicación de herramientas geomáticas, contribuyen en la simulación de escenarios de riesgos por inundaciones. Dado que, para un periodo de retorno con caudal máximos, se puede apreciar claramente que el espejo de agua aumenta considerablemente en el área.

El modelamiento en diferentes ámbitos, la metodología es compartida con ciertos criterios que el investigador quiera adicionar de acuerdo a objetivos que pretenda alcanzar. Como datos de partida para los cálculos se cuenta con el modelo digital de elevación del área de estudio, los valores de caudal y el coeficiente de Manning. Al aplicar cada uno de los pasos que se sugieren en el procedimiento para la simulación hidráulica, se obtienen resultados en forma gráfica y en forma de tablas, que van desde los diferentes perfiles hasta las zonas de inundación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.- Conclusiones.

- En base a todo lo anterior, podemos interpretar que las condiciones biofísicas del área de influencia son bien intervenidas por la actividad del hombre, coberturas y usos de la tierra identificados y de acuerdo a las visualizaciones y análisis en campo se detectan cambios causados de manera natural como por el accionar del hombre, de tal condición que representa el terreno, es claramente que un fenómeno natural de alta precipitación de lluvia, pueda ocasionar directamente una inundación.
- La metodología aplicada ha permitido describir cualitativa y cuantitativamente la respuesta del sistema hídrico ante un evento extremo de inundación.
- Finalmente validar nuestra hipótesis, se obtuvieron resultados aceptables en condiciones de flujo permanente de acuerdo con la información hidráulica y geométrica ingresada en el modelo.
- Se logró simular satisfactoriamente el comportamiento hidrológico del río Camacho y prever su comportamiento en periodos de retorno de 100 años. Siendo la afectación de 180.67 Hectáreas, donde la agricultura es la que más porcentaje sufre de afectación con un (61.96 %), los lechos del rio son cubiertos en su totalidad alcanzando un porcentaje (37.03%), y así también los caminos de acceso con porcentaje de afectación (1 %), donde la huella de inundación parte de (1675 hasta 1695 m.s.n.m.)

El modelo hidráulico HEC-RAS, presentó suficiente aptitud para las condiciones locales del área de estudio.

Se logró implementar el procedimiento propuesto empleando como caso de estudio el río Camacho, permitiendo obtener gráficamente la zona de inundación en un área determinada para un caudal dado.

En síntesis, el presente trabajo proporciona procedimientos que permite a especialista de la rama hidráulica, realizar simulaciones hidráulicas para la evaluación de riesgos de inundaciones mediante la interrelación de los programas ArcGIS y HEC-RAS.

5.2.- Recomendaciones

- Lo más resaltante del modelamiento de zonas de inundación es trabajar muy bien el modelo digital de elevación (MDE), si dicho modelo no está bien calibrado la simulación de inundación arrojara los datos de manera errónea que no va con acorde a tiempo real.
- Ampliar la base de datos de geoespaciales con el propósito de obtener modelos de elevación digital de más alta resolución, haciendo uso de instrumentos de alta precisión, como estación total, Galaxy GNSS PLUS-RTK, o drones, ya que estos permitirán obtener información real, acorde a la realidad misma.
- Se recomienda procesar información indispensablemente congruente con la realidad del área específica en estudio, como topografía, valores de rugosidad de Manning, etc. para lograr una simulación hidráulica con resultados confiables que se puedan orientar también en temas de organización, dirección y control de actividades relacionadas con la identificación de peligros y evaluación de riesgos, para crear planes y procedimientos de emergencia, con la finalidad de trabajar con gestión activa y responder de manera acertada a los riesgos a los que están expuestos la población.
- En cuanto al cauce principal, también es importante que se tomen medidas de mitigación como el dragado del Río Camacho y sus unidades hidrográficas en las zonas críticas de inundación para evitar futuras catástrofes. Como medida de mitigación ante los posibles daños, ante todo resulta recomendable la construcción de elementos de protección o gaviones.
- Se recomienda establecer desde un principio las coordenadas en las que se trabajará en ArcGIS, asegurándose que todas se encuentren referenciadas y así evitar errores cuando se vayan a exportar los archivos a HEC-RAS.