

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Análisis del comportamiento hidráulico de las estructuras de retención de sólidos en la cabecera de la cuenca de la quebrada San Idelfonso

Línea de investigación: Ingeniería Civil
Sub Línea de investigación: Hidráulica

AUTORES:

Ahumada Zavala, Danisse Caroline

Espino Aparcana, Lucía Cristel

JURADO EVALUADOR:

Presidente: Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Secretario: Vertiz Malabrigo, Manuel Alberto

Vocal: Rodríguez Ramos, Mamerto

ASESOR:

GARCIA RIVERA, JUAN PABLO

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3498-7934>

TRUJILLO – PERÚ
2023

Fecha de sustentación: 2023/12/22

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Análisis del comportamiento hidráulico de las estructuras de retención de sólidos en la cabecera de la cuenca de la quebrada San Idelfonso

Línea de investigación: Ingeniería Civil
Sub Línea de investigación: Hidráulica

AUTORES:

Ahumada Zavala, Danisse Caroline

Espino Aparcana, Lucía Cristel

JURADO EVALUADOR:

Presidente: Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Secretario: Vertiz Malabrigo, Manuel Alberto

Vocal: Rodríguez Ramos, Mamerto

ASESOR:

GARCIA RIVERA, JUAN PABLO

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3498-7934>

TRUJILLO – PERÚ
2023

Fecha de sustentación: 2023/12/22

Análisis del comportamiento hidráulico de las estructuras de retención de sólidos en la cabecera de la cuenca de la quebrada San Idelfonso

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	16%	3%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	archive.org Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ual.es Fuente de Internet	2%
5	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	Submitted to Universidad del Atlántico Medio Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%

9

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

1%

10

Submitted to Universidad Tecnológica Indoamerica

Trabajo del estudiante

1%

11

eusebioingolb.weebly.com

Fuente de Internet

1%


Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo



JUAN PABLO GARCÍA RIVERA
CIP 68614
INGENIERO CIVIL

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Juan Pablo García Rivera**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“Análisis del comportamiento hidráulico de las estructuras de retención de sólidos en la cabecera de la cuenca de la quebrada San Idelfonso”**, autores **Ahumada Zavala, Danisse Caroline** y **Espino Aparcana, Lucía Cristel**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 15%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 15 de Diciembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 15 de Diciembre del 2023



Ahumada Zavala, Danisse Caroline

DNI: 71224673



Espino Aparcana, Lucía Cristel

DNI: 71997199



JUAN PABLO GARCÍA RIVERA
CIP 68614
INGENIERO CIVIL

García Rivera, Juan Pablo

DNI: 18216844

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3498-7934>

RESUMEN

La investigación se enfoca en comprender y analizar el comportamiento hidráulico en la cabecera de la cuenca de la Quebrada San Idelfonso, ubicada en Trujillo, Perú. El estudio implica la recopilación de datos hidráulicos y geomorfológicos para caracterizar la topografía y otros elementos relevantes que influyen en el flujo del agua.

Se emplean técnicas avanzadas de modelado hidráulico para simular y prever el comportamiento del flujo en diferentes condiciones, considerando factores como la precipitación y posibles cambios en el uso del suelo. Además, se realizan análisis estadísticos para evaluar la variabilidad hidráulica y se identifican posibles puntos críticos o áreas de riesgo en la cabecera de la cuenca.

Los resultados obtenidos contribuyen al entendimiento integral de los procesos hidráulicos en esta región específica, ofreciendo información valiosa para la gestión sostenible del agua y la planificación del territorio. Asimismo, los hallazgos pueden tener implicaciones importantes para la mitigación de riesgos asociados a eventos extremos, como inundaciones o sequías, en la Quebrada San Idelfonso y áreas circundantes. Este análisis hidráulico detallado proporciona una base científica sólida para la toma de decisiones informada en la gestión de recursos hídricos y la planificación del desarrollo en la región de Trujillo, Perú.

Palabras Clave: Comportamiento hidráulico, Modelamiento Hidráulico, Diques

ABSTRACT

The research focuses on understanding and analyzing the hydraulic behavior in the headwaters of the Quebrada San Idelfonso basin, located in Trujillo, Peru. The study involves the collection of hydraulic and geomorphological data to characterize the topography and other relevant elements that influence water flow.

Advanced hydraulic modeling techniques are employed to simulate and predict flow behavior under different conditions, considering factors such as precipitation and possible changes in land use. Additionally, statistical analyzes are carried out to evaluate hydraulic variability and possible critical points or risk areas are identified at the head of the basin.

The results obtained contribute to a comprehensive understanding of hydraulic processes in this specific region, offering valuable information for sustainable water management and territorial planning. Likewise, the findings may have important implications for mitigating risks associated with extreme events, such as floods or droughts, in Quebrada San Idelfonso and surrounding areas. This detailed hydraulic analysis provides a solid scientific basis for informed decision making in water resources management and development planning in the Trujillo region, Peru.

Keywords: Hydraulic behavior, Hydraulic Modeling, Dams.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este nivel profesional de mi vida, brindándome siempre fortaleza, salud, sabiduría e inspiración para llevar a cabo este anhelado deseo de mi vida personal,

A mi padre Luis Alberto, El pilar de mi vida que en todo momento me brindó el apoyo incondicional y por ser ejemplo de lucha ante cualquier adversidad que la vida te puede presentar,

A mi madre Danisse Ruth, la persona que me dio la vida, mi inspiración para todo lo que me propongo, me enseñó a conocer el mundo de una manera diferente inculcándome el respeto y la responsabilidad con mano dura, por ella soy una mujer llena de valores,

A mi abuelo Siloé, por siempre creer en mí desde que era pequeña y por enseñarme el trabajo duro en obra gracias por ser mi inspiración desde niña.

Los quiero con inmensidad y espero que cada uno de ustedes sienta orgullo de mí.

Br. Danisse Caroline Ahumada Zavala

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en este camino profesional, brindándome salud, sabiduría y fortaleza para alcanzar todos mis objetivos.

A mis padres, por su apoyo incondicional en todo momento, por enseñarme a seguir adelante y a trabajar duro para cumplir todas mis metas.

A mi hermana, por su apoyo y ser un ejemplo de perseverancia, por darme su respaldo y por los momentos compartidos.

A mis abuelos, por los valores que me han enseñado, por creer en mí y por ser una gran inspiración para mí.

Br. Lucia Cristel Espino Aparcana

AGRADECIMIENTO

- A mi asesor el ingeniero Juan Pablo García Rivera por su constante apoyo, paciencia y guía en todo este proceso de desarrollo de nuestra tesis y por todo el conocimiento adquirido.

- A mi compañera de tesis Lucía Espino Aparcana, por la paciencia en mis días difíciles y por creer en mí y viceversa.

-A Dante y a Pepito, mis mascotas que siempre estuvieron en momentos de tristeza y frustración cuando sentía que el mundo se me venía encima pero el tan sólo verlos me ayudaba a continuar con todo lo propuesto.

Br. Danisse Caroline Ahumada Zavala

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor el Ingeniero Juan Pablo García Rivera por brindarnos su apoyo, tiempo y conocimientos para el desarrollo de nuestra tesis.

A mi compañera de tesis Caroline Ahumada Zavala, por su confianza y comprensión, siendo un apoyo mutuo en el proceso de esta tesis.

A mi familia quienes siempre me estuvieron brindando su apoyo y aliento en mi desarrollo profesional.

Br. Lucia Cristel Espino Aparcana

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el reglamento interno de la Escuela profesional de Ing. Civil, ponemos a vuestra disposición el presente trabajo de suficiencia profesional titulado: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS EN LA CABECERA DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA SAN IDELFONSO.

Para obtener el título profesional de ingeniero civil, así como algunas experiencias para el desarrollo de la ingeniería.

Consideramos señores miembros del jurado que con vuestras sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación de nuestra Universidad.

ÍNDICE

I. INTRODUCCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
1.3.1. Académica.....	2
1.3.2. Técnica.....	2
1.3.3. Social.....	2
II. MARCO DE REFERENCIA.....	4
2.1. ANTECEDENTES.....	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	5
2.1.3. Antecedentes Locales.....	7
2.2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.2.1. Hidrología.....	9
2.2.1.1. Cuenca Hidrográfica.....	9
2.2.1.2. Precipitaciones.....	9
2.2.1.2.1. Estaciones Pluviométricas.....	10
2.2.1.2.2. Periodo de Retorno.....	11
2.2.1.3. Análisis de Frecuencias.....	11
2.2.1.4. Hidrogramas.....	12
2.2.2. Hidráulica.....	12
2.2.2.1. Flujos hiperconcentrados.....	12
2.2.2.2. Estructuras de retención de solidos.....	13
2.2.2.2.1. Diques de retención.....	13
2.2.2.2.2. Distanciamiento entre diques.....	15
2.2.3. Métodos computacionales.....	15
2.2.3.1. DEM – Modelo Digital de Elevación.....	15
2.2.3.2. Sistema de Información Geográfica.....	16
2.2.3.2.1. ArcGIS.....	16
2.2.3.3. Modelamiento Hidrológico e Hidráulico.....	16
2.2.3.3.1. HEC-RAS.....	16
2.2.3.3.2. HEC-HMS.....	17
2.3. Marco conceptual.....	18

2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS	19
2.4.1. Hipótesis	19
2.4.2. Variable	19
2.4.2.1. Operacionalización de variables	20
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	21
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	21
3.1.1. Tipo de investigación.....	21
3.1.1.1. Investigación Aplicada.....	21
3.1.2. Nivel de investigación.....	21
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	21
3.2.1. Población	21
3.2.2. Muestra	21
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	21
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	21
3.4.1. Modelo digital de elevación (DEM).....	21
3.4.2. Precipitación.....	22
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	22
3.5.1. Delimitación de cuenca.....	22
3.5.2. Delimitación de cauces.....	22
3.5.3. Modelamiento sin proyecto	22
3.5.4. Modelamiento con proyecto	22
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	24
4.1. DEM – DIGITAL ELEVATION MODEL.....	24
4.2. Hidrología	25
4.3. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO EN SOFTWARE HEC-HMS:.....	26
4.4. MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN SOFTWARE HEC-RAS:	32
4.4.1. Escenario Sin Proyecto	32
4.4.2. Escenario Con Proyecto	37
4.4.2.1. Distanciamiento entre diques.....	38
4.4.3. Puntos de control	42
4.5. DOCIMASIA DE LA HIPÓTESIS.....	46
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	53

ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

Figura 1.....	24
Figura 2.....	24
Figura 3.....	25
Tabla 1.....	25
Figura 4.....	26
Figura 5.....	26
Figura 6.....	27
Figura 7.....	28
Figura 8.....	29
Figura 9.....	30
Figura 10.....	31
Figura 11.....	32
Figura 12.....	32
Figura 13.....	33
Figura 14.....	33
Figura 15.....	34
Figura 16.....	34
Figura 17.....	35
Figura 18.....	35
Figura 19.....	36
Figura 20.....	36
Figura 21.....	37
Figura 22.....	37
Figura 23.....	38
Figura 24.....	39
Figura 25.....	39
Figura 26.....	40
Figura 27.....	40
Figura 28.....	41

Figura 29..... 41
Figura 30..... 42
Figura 31..... 43
Figura 32..... 43
Figura 33..... 44
Figura 34..... 44
Figura 35..... 45
Figura 36..... 45

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El Perú por ubicarse geográficamente entre el Ecuador y el trópico de capricornio, posee un clima diversificado debido a la influencia de la corriente de Humboldt y la cordillera de los Andes.

A lo largo de los años la Costa Peruana ha sido afectada debido a la gran variación climática; un claro ejemplo es el fenómeno del Niño (anomalía del aumento de temperatura del mar en la costa norte del Perú) provocando intensas lluvias lo cual ha generado grandes pérdidas económicas y humanas.

Uno de los departamentos más afectados es La Libertad, siendo la Ciudad de Trujillo la zona con mayor índice de vulnerabilidad, por el fenómeno denominado “El Niño”.

La Quebrada San Idelfonso ha presentado una serie de precipitaciones extremas durante los fenómenos antes mencionados, la cual su cauce natural es la ciudad de Trujillo desembocando al Océano Pacífico.

Una forma de proteger a las ciudades contra inundaciones es controlar la descarga desde las partes altas por medio de unos diques transversales que tienen como función la retención de sedimentos, laminación del flujo y disminución de la pendiente.

En la quebrada San Idelfonso existieron algunos diques transversales los cuales fallaron el año 2017 durante las precipitaciones extraordinarias. La evaluación de estos diques indicó que fallaron producto de tubificación porque no contaban con capa impermeable entre el cuerpo del dique y su revestimiento.

Ante la falta de eficiencia de dichas estructuras es necesario un análisis adecuado y más detallado a estas estructuras de retención de sólidos ya que aportarían en la implementación de nuevas estrategias para un manejo adecuado y efectivo con el fin de mitigar daños en caso de un posible impacto debido a los fenómenos naturales denominados “El Niño” y el ciclón “Yaku”.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Analizar el comportamiento hidráulico de las estructuras de retención de sólidos en la cabecera de la cuenca de la quebrada San Idelfonso.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Calcular los valores de caudales para diferentes escenarios de lluvia.
- Modelar la cabecera de la cuenca de la quebrada San Idelfonso para escenario sin proyecto.
- Generar el Modelo digital del terreno con la incorporación de diques transversales.
- Modelar la cabecera de la cuenca de la quebrada San Idelfonso para escenario con proyecto.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.3.1. Académica

El presente tema de investigación está orientado en el análisis del comportamiento de retención de sólidos en la cabecera de la cuenca de la quebrada San Idelfonso justificándolo con la incorporación de programas para el modelamiento de las estructuras de retención.

1.3.2. Técnica

Esta investigación nos incentivaré al uso de nuevas herramientas tal como los programas en los que realizaremos el modelamiento hidrológico que nos mostrará una mejor perspectiva sobre las estructuras de retención de sólidos

1.3.3. Social

Con esta investigación aportar información que ayudará a la sociedad a prevenir posibles escenarios en caso de presentarse fuertes precipitaciones tal como sucedió en el 2017 que causó importantes daños físicos y sociales sobre los

distritos de Trujillo o como ahora último en marzo del presente año, contribuyendo así con nuevas propuestas de estructuras de retención de sólidos que mitigaran los daños ocasionados.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Título: “Los Diques de retención en cuencas de régimen torrencial: Diseño, tipos y funciones”

Autor: Conesa García

Año: 2004

Resumen: “Los diques de retención ejecutan un rol de gran importancia dentro de la planificación hidrológico forestal de las cuencas de régimen torrencial. A pesar de ello su efectividad requiere de varios factores asociados con el funcionamiento de la cuenca y del sistema fluvial en que se ubican. Investigar su tipología según sus características estructurales, materiales de construcción y funciones forman parte del objetivo principal de este artículo. El adelantamiento de pequeñas consideraciones sobre el actual estado de dicha investigación, sugiere determinados criterios de diseño y los tipos de diques más empleados: Diques permanentes y temporales, diques cerrados y abiertos, diques de gravedad de mampostería hidráulica y hormigón, de mampostería gavionada y de materiales sueltos. En el estudio de la funcionalidad de estos diques en relación con variadas apariencias: Reajuste de la pendiente de equilibrio del lecho, control de la erosión, recarga de acuíferos, laminación del caudal pico, etc. Por último, se menciona la necesidad que tiene de acoplar las actuaciones de los cauces (obras de ingeniería) con un grupo de acciones de carácter biológico-forestales que accedan a regularizar el sistema”. (Conesa García, 2004)

Título: “Propuesta de una nueva metodología para determinar la efectividad de los diques en la retención de sedimentos”

Autores: V. Díaz, J. Mongil , & J. Navarro

Año: 2014

Resumen: “Se define a un dique como una estructura transversal edificada en los cauces con el fin de disminuir la erosión, mayormente utilizado en España en diseños de restauración hidrológico-forestal. Cuenta con los siguientes desempeños: Controlar y retener los materiales solidos transportados, estabilizar las laderas y los cauces torrenciales y reducir la velocidad del agua y en consecuencia su capacidad erosiva. A pesar de, las consecuencias de los diques utilizados en las reparaciones hidrológico-forestales con el fin de detener la erosión con el objeto de discusión en varios estudios publicados en los últimos años. La finalidad de confirmar el nivel de efectividad de los diques de gaviones en la retención de sedimentos sugiere un procedimiento fundamentado en la estimación del volumen de la cuña mediante un levantamiento topográfico de detalle. Comprobamos que la metodología propuesta, implica un completo y un conciso trabajo de campo, además de otras existentes de uso repetitivo y de simple elaboración. La técnica metodológica se ha aplicado a un barranco situado en la cuenca del río corneja en Tórtoles (Ávila)”. (V. Díaz, J. Mongil , & J. Navarro, 2014)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Título: “Evaluación Ingeniero-Geológica de la Quebrada San Juan Huarangal”

Autores: Benavente E., Delgado M., Gomez V., & Luza H.

Año: 2015

Resumen: El área de evaluación se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Lima, exactamente a 27 Km en línea recta desde el centro histórico. En este lugar se encuentra la Central Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra, donde se aloja el RP-10, uno de los reactores nucleares más potentes de Sudamérica El Reactor Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra, geomorfológicamente, se ubica sobre un abanico

aluvial formado por la ocurrencia de flujos de detritos antiguos, reactivados en épocas del fenómeno de El Niño históricos y/o épocas con lluvias extraordinarias. El reconocimiento de campo pone en evidencia antiguos eventos de huaycos, donde descendieron grandes volúmenes de materiales de la quebrada San Juan y adyacentes, llegando a modificar y modelar el terreno donde actualmente se ubica la central nuclear. Estos eventos son recurrentes con el tiempo, es así que, los años de 1983, 1997, 2002 y 2009 la central nuclear fue afectada por flujos de detritos. Diversos trabajos realizados por el INGEMMET, determinan que el sector de Huarangal, donde se ubica el Reactor Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra es un área con alta probabilidad a ocurrir o repetirse este tipo de procesos geológicos. Por consiguiente, concluimos que la zona evaluada se ubica en un área con alta susceptibilidad a generar flujos de detritos o huaycos que posteriormente afectarán las instalaciones de la central nuclear. Finalmente, es necesario ejecutar obras con la finalidad de minimizar el riesgo, tanto en la quebrada San Juan, como en las adyacentes”. (Benavente E., Delgado M., Gomez V., & Luza H. 2015)

Título: “Peligros geohidrológicos que ocasionaron daños en la ciudad de Trujillo durante “El Niño Costero”

Autores: Medina Alca, Gonzales Sales, Ramos Cabrera, & La Torre Borda

Año: 2017

Resumen: “Inundación desencadenada por desborde y rotura del dique ubicado en el sector Las Canteras, a 4 km aguas arriba desde el área urbana El Porvenir, siguiendo el cauce de la quebrada San Idelfonso. Según los medios locales, en la quebrada San Idelfonso se construyó un dique para represar 600 000 metros cúbicos de agua o lodo ante lluvias excepcionales; sin embargo, el 15 de marzo del 2017, el dique rebasó su capacidad y este colapsó. Luego de la rotura del

dique, la ruta del agua se direccionó por las calles Hipólito Unanue, Tomás Moscoso y Atahualpa. Desde esta última vía, el agua llegó hasta el cementerio Mampuesto, siguió por la Prolongación Miraflores, llegó a la avenida Miraflores, continuó por el jirón San Martín, avanzó hasta las avenidas Víctor Larco Herrera, Juan Pablo II y Antenor Orrego. Finalmente arribó a Buenos Aires (distrito Victor Larco Herrera), su destino final. Según registro (anotaciones) realizado por la Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital El Porvenir, luego del colapso del dique, se contabilizaron hasta siete (7) descargas principales de agua turbia provenientes de la quebrada San Idelfonso.

El factor desencadenante o detonante para la ocurrencia de inundaciones, erosión fluvial y activación de torrenteras en la ciudad de Trujillo, fueron las intensas precipitaciones asociadas al evento “El Niño Costero” del 2017.

Para minimizar o mitigar los daños por inundaciones o huaycos, generadas por activaciones de la quebrada San Idelfonso y del León, es necesario diseñar un mecanismo de drenes para captar las aguas pluviales”. (Medina Allca, Gonzales Sales, Ramos Cabrera, & La Torre Borda, 2017)

2.1.3. Antecedentes Locales

Título: “Creación del servicio de protección contra inundaciones en la quebrada san Idelfonso, en los distritos de El Porvenir, Trujillo y Víctor Larco herrera de la provincia de Trujillo - departamento de La Libertad”

Autor: AC PÚBLICA

Año: 2019

Resumen: “La construcción de diques de retención, los que estarán ubicados en el cauce de la quebrada principal y secundarias, tienen como objetivo laminar el pico del caudal máximo, reducir la capacidad de arrastre de material y retener

temporalmente sólidos durante la ocurrencia de los caudales extremos. En base sólo a las condiciones topográficas se han seleccionado 33 diques ubicadas en el cauce de la QSI. Estas condiciones corresponden al modelamiento de FLO-2D con distintos escenarios que serán detallados en el ítem de tamaño del Proyecto. Con la intervención en la cuenca de la quebrada mediante la construcción de 33 diques el caudal de salida oscilará entre 18.5 a 13 m³ /s, siendo el óptimo posible en condiciones de velocidades y profundidades máximas”. (AC PÚBLICA, 2019)

Título: “Diseño hidráulico de las obras de control de torrentes y retención de sedimentos en la Quebrada Rinconada, Distrito Salaverry - Trujillo”

Autores: López Maza, Brighite Estephany y Álvarez Borja, Gary Edinson

Año: 2021

Resumen: “Consiste en el Diseño Hidráulico de las Obras para el control de torrentes y retención de sedimentos en la Quebrada Rinconada, para ello previamente se realizó el modelamiento hidrológico e hidráulico. Para el modelo Hidrológico, se realizó la caracterización de la Quebrada Rinconada, la cual se dividió en 3 ramales, de las cuales se obtuvo sus parámetros principales, y también los datos históricos de precipitación de las diferentes Estaciones. Por consiguiente, el modelo hidrológico se realizó con los softwares ArcGIS y HEC-HMS. De esta manera se pudo determinar los caudales máximos de los periodos de retorno de 50, 100, 140 y 200 años. Para el modelo hidráulico se utilizó el software FLO-2D, el cual tuvo como parámetros de entrada al hidrograma calculado por el modelo hidrológico, la topografía digital del terreno, y los parámetros reológicos como la viscosidad y el esfuerzo de cedencia, para luego obtener como resultados, las velocidades y profundidades máximas de los periodos de

retorno determinados con anterioridad. El diseño Hidráulico se realizó para los caudales máximos, correspondientes a un periodo de retorno de 140 años”. (López Maza y Álvarez Borja, 2021)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Hidrología

2.2.1.1. Cuenca Hidrográfica

“Una cuenca hidrográfica es aquella superficie en la cual el agua precipitada escurre hacia las partes topográficas bajas por medio de la configuración del sistema de drenaje natural, concentrándose generalmente en cauces naturales a otras cuencas aledañas, o finalmente a los lagos, mares u océanos”. (Morassutti F., 2016)

“Es importante determinar las características físicas de las cuencas como son: el área, forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características del relieve, suelos, etc. Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la cobertura vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc.”. (MTC, 2011)

2.2.1.2. Precipitaciones

“Se define precipitación a toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación.”. (Chereque W., 1989)

“La precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios

concernientes al uso y control del agua.” (Villón M., 2002)

“La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó.” (Villón M., 2002)

“Los aparatos de medición, se basan en la exposición a la interperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura.” (Villón M., 2002)

2.2.1.2.1. Estaciones Pluviométricas

“Los pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en el que está instalada el aparato. Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual.” (Villón M., 2002)

“Una estación PLU consiste medir y registrar la variable precipitación mediante los instrumentos pluviómetro o pluviógrafo. La distribución del instrumento para la categoría de esta estación será en el centro de la parcela. Se realizan dos (02) observaciones diarias: 0700 y 1900 HL. (0000 y 1200 UTC):” (Senamhi, 2022)

2.2.1.2.2. Periodo de Retorno

“El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina Período de Retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.” (MTC, 2011)

“El periodo de retorno se define como el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de magnitud dada puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio. El periodo de retorno debe conceptualizarse como un término estadístico dependiente de la probabilidad de ocurrencia “P” de un evento en un año cualquiera, la cual se puede definir como el inverso del periodo de retorno, donde T_r es el periodo de retorno.” (Morassutti F., 2016)

2.2.1.3. Análisis de Frecuencias

“El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos”. Recomendándose utilizar las siguientes funciones:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gamma 3 parámetros

- Distribución Log Pearson III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel

“Para lograr realizar un análisis de frecuencia adecuado se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año.” (Morassutti F., 2016)

2.2.1.4. Hidrogramas

“El hidrograma de una corriente, es la representación gráfica de las variaciones el caudal con respecto al tiempo, arregladas en orden cronológico en un lugar dado de la corriente”. (Villón M., 2002)

“El hidrograma es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica; siendo el hidrograma unitario de una cuenca, el hidrograma de escorrentía directa que se produciría en la 53 salida de la cuenca si sobre ella se produjera una precipitación neta unidad de una duración determinada (por ejemplo, 1 mm. durante 1 hora).” (MTC, 2011)

2.2.2. Hidráulica

2.2.2.1. Flujos hiperconcentrados

“Al ocurrir un evento anómalo como lluvias extraordinarias, sismos fuertes o deshielos rápidos se pueden generar procesos de deslizamiento o erosión, los cuales producen una concentración de sedimentos o partículas sobre las laderas o cauces. Las masas que se sueltan pueden estar saturadas o puede haber aporte adicional de agua de acuerdo a las características del proceso activador. La concentración de sedimentos sueltos sobre una

pendiente fuerte propicia su movimiento.” (Morassutti F., 2016)

“El flujo hiperconcentrado está formado por una mezcla de partículas gruesas y agua. Predominan las partículas granulares (arenas, gravas, cantos rodados y bloques) por lo tanto la mezcla no tiene cohesión.” (Morassutti F., 2016)

“Para referirse a los flujos hiperconcentrados (altas concentraciones de sedimentos) que se generan en las cuencas montañosas, y cuyo origen está asociado a la ocurrencia de deslizamientos durante lluvias prolongadas y de alta intensidad. En función de las características reológicas de la mezcla agua-sedimento, los aludes torrenciales pueden clasificarse en inundaciones de agua, inundaciones de barro, flujos de barro, y flujos de escombros. Las inundaciones de agua se refieren a flujos con concentraciones menores a 20% en volumen, con arrastre convencional de sedimentos como carga de fondo y carga suspendida. Las inundaciones de barro son hiperconcentraciones de partículas no cohesivas, tales como las arenas y los limos, donde la concentración de sedimentos puede ser tan alta como 45% en volumen, y el flujo es turbulento con la resistencia dependiendo mayormente de la fricción ejercida por los contornos.” (Vergara L., 2006)

2.2.2.2. Estructuras de retención de sólidos

2.2.2.2.1. Diques de retención

“Los diques de retención se pueden construir con roca, sacos de tierra y grava, leños u hormigón. Tras su instalación proporcionan un receptáculo inmediatamente aguas arriba, en el que

acumulará agua y sedimentos durante cada avenida.” (Conesa García, 2004).

- **Diques de retención permanentes**

“La presa es considerada parte de una estructura hidráulica, cuenta con peculiares tipos que argumentan diversas formas de obtener las dos exigencias funcionales: soportar el empuje del agua y evacuar los caudales sobrantes.” (Conesa García, 2004).

“En cada acontecimiento, el interés relativo de estas dos hipótesis, está ligado a las condiciones naturales del terreno (topográficas y geológicas) y la demanda del uso del agua.” (Conesa García, 2004).

- **Diques de mampostería con gaviones**

“Con respecto a este modelo de diques el peso específico de los materiales que lo constituyen y de los gaviones en su conjunto desempeñan un rol de gran importancia. En el momento que el gavión no está en carga hidráulica el aire llena los huecos o vacíos a través de mampuestos, mostrando su peso específico seco Y_s .” (Conesa García, 2004).

- **Diques de retención temporales**

“Pertenece a los diques transversales construidos con naturaleza temporal en cunetas y

cauces diminutos. Su propósito es reducir la velocidad de la escorrentía concentrada originada por lluvias torrenciales, sin embargo, poseen insuficiente capacidad para alojar sedimentos.” (Conesa García, 2004).

2.2.2.2. Distanciamiento entre diques

“Con la finalidad de optimizar los costos, bajo la premisa de poder retener y almacenar la mayor cantidad de sedimentos en el tramo entre dos estructuras de retención, resulta conveniente que la cota de fundación de cada una de las estructuras este por debajo de la intersección de la pendiente de compensación y la pendiente original del cauce.” (Morassutti F., 2016)

“Con la construcción de las presas sucesivas de forma escalonada, se logra que de cierta manera la retención de la presa ubicada aguas abajo proteja contra la socavación a la inmediatamente ubicada agua arriba, actuando en la práctica como un contradique.” (Morassutti F., 2016)

2.2.3. Métodos computacionales

2.2.3.1. DEM – Modelo Digital de Elevación

“Los modelos de elevación digital nos permiten analizar diversos aspectos de la morfología terrestre, determinar una red hidrográfica, mapas de pendientes, sombras, orientación, generar curvas de nivel, en modelamientos en Riesgo por Desastres Naturales y otras distintas aplicaciones.” (Esri, 2023)

“Un DEM es una representación ráster de una superficie continua que normalmente hace referencia a la superficie de la Tierra. La precisión de estos datos se determina principalmente por la resolución (la distancia entre los puntos de muestra).” (Esri, 2023)

2.2.3.2. Sistema de Información Geográfica

“Un sistema de información geográfica (SIG) es un sistema que crea, gestiona, analiza y mapea todo tipo de datos. SIG conecta datos a un mapa, integrando datos de ubicación (dónde están las cosas) con todo tipo de información descriptiva (cómo son las cosas allí). Esto proporciona una base para el mapeo y el análisis que se utiliza en la ciencia y en casi todas las industrias.” (Esri, 2023)

2.2.3.2.1. ArcGIS

“ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.” (Esri, 2023)

“Con ArcGIS, los mapas se crean no sólo para mostrar datos, sino también como herramienta para buscar y comprender patrones y relaciones, realizar análisis y modelado a fin de resolver problemas específicos, visualizar y realizar un seguimiento del estado, permitir la entrada y la compilación de datos y dar a conocer ideas, planes y diseños.” (Esri, 2023)

2.2.3.3. Modelamiento Hidrológico e Hidráulico

2.2.3.3.1. HEC-RAS

“HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System), es

un software que modeliza la hidráulica de flujo de aguas de ríos naturales y de otros canales. Que permite un modelado bidimensional de flujo, así como capacidades de modelado de transferencia de sedimentos, el análisis de flujo de canal y determinación de llanura de inundación.” (Wikipedia, 2021)

“Este software permite al usuario realizar cálculos de flujo estacionario unidimensional, flujo inestable unidimensional y bidimensional, cálculos de transporte de sedimentos/lechos móviles y modelado de temperatura/calidad del agua.” (Hydrologic Engineering Center, 2023)

2.2.3.3.2. HEC-HMS

“HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System), es un software que puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de una precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.” (Villón M., 2002)

“El software incluye muchos procedimientos de análisis hidrológico tradicionales, como infiltración de eventos, hidrogramas unitarios y

enrutamiento hidrológico. HEC-HMS también incluye los procedimientos necesarios para la simulación continua.” (Hydrologic Engineering Center, 2023)

2.3. Marco conceptual

- **Hidrología:** “es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos”. (Chow, V. T., 1994)
- **Cuenca:** “el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido”. (Chereque, W., 1989)
- **Cauce:** “espacio físico por donde fluye un curso de agua de forma periódica o continua” (ANA, 2019)
- **Quebrada:** “hendiduras en montañas, cuyo fondo contiene una corriente natural de caudal bajo, que puede desaparecer durante la época de estiaje.” (ANA, 2019)
- **Sedimentos:** “son materiales fragmentados que se forman básicamente por la desintegración física y química de las rocas de la corteza terrestre. En los cauces naturales puede encontrarse una gran variedad de tamaños, formas y composiciones de las partículas, las cuales presentan distintos comportamientos ante la acción de un flujo, si se encuentran solas o si se encuentran formando parte del sedimento.” (Suarez, V. L. M., 1993)
- **Hidráulica:** “es una rama de la física y la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa (fuerza) y empuje de la misma.” (MTC, 2011)
- **Diques:** “es una estructura (de hormigón, piedra, tierra y otro material) que se construye con el objetivo de contener el agua,

impidiendo su paso. Pueden construirse de manera perpendicular o paralela al curso de agua que se pretende contener.” (ANA, 2019)

- **Modelos hidráulicos:** “es la construcción digital (virtual) de una red de distribución de agua, que permite reproducir y prever el comportamiento de la misma, para poder realizar pruebas y definir soluciones.” (MTC, 2011)

2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis

El conocimiento del comportamiento hidráulico de la quebrada San Idelfonso permitirá tener un diseño óptimo para los diques retenedores de sedimentos de esta quebrada.

2.4.2. Variable

Estructuras de retención de sólidos

2.4.2.1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES		INSTRUMENTOS
Estructuras de retención de sólidos	DEM	Modelo digital de elevación de la cuenca	Curvas de nivel		Tecnología LIDAR Civil 3D
	Precipitación	Agua procedente de la atmósfera y que en forma líquida se deposita sobre la superficie de la tierra	Pmax. 24 horas		SENAMHI
	Modelamiento hidrológico	Análisis de las Pmax. 24 horas para extraer caudales	Hidrogramas		HEC-HMS
	Modelamiento hidráulico	Para analizar el comportamiento hidráulico de las estructuras de retención de sólidos	Sin proyecto	TR=50 TR=100 TR=200	HEC-RAS
		Con proyecto	TR=50 TR=100 TR=200		

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

3.1.1.1. Investigación Aplicada

Sería una investigación aplicada ya que tiene como objetivos analizar el comportamiento hidráulico de las estructuras de retención de sólidos mediante modelamientos con el fin de encontrar soluciones o mejoras de dichas estructuras para optimizarlas y mitigar posibles daños a las comunidades.

3.1.2. Nivel de investigación

- Descriptiva

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.2.1. Población

Quebradas de La Libertad

3.2.2. Muestra

Quebrada San Idelfonso

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Aplicada – No experimental, ya que con la ayuda de softwares de sistemas de información geográfica y de modelamientos hidrológicos e hidráulicos simularemos avenidas para analizar el comportamiento hidráulico de las estructuras de retención de sólidos en la cabecera de la cuenca de la quebrada San Idelfonso.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. Modelo digital de elevación (DEM)

La topografía se conseguirá con la ayuda del vuelo de un dron encima de la cuenca de la quebrada San Idelfonso, utilizando la tecnología LIDAR (Light and Ranging).

3.4.2. Precipitación

Con el fin de precisar la cantidad de agua que se sedimentará en la cuenca por medio de lluvias, es imprescindible tomar en cuenta una data histórica de precipitaciones recolectada por estaciones pluviométricas. Toda esta indagación se extrae de la página de Senamhi oficial.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1. Delimitación de cuenca

Comenzamos nuestra delimitación usando los programas ArcGis y HEC-HMS, en los cuales se ingresó el DEM para la delimitación de la cuenca y subcuencas de la quebrada. Siendo así nuestra primera capa del modelamiento el cual consideraremos nuestra topografía y lo llamaremos "Terrain".

3.5.2. Delimitación de cauces

Al ya haber obtenido de los programas ArcGis y HEC-HMS la delimitación de la cuenca y quebradas, los cauces también serán identificados y conoceremos el recorrido a través de la cuenca.

3.5.3. Modelamiento sin proyecto

Para el modelamiento usamos el programa HEC-RAS con el cual simulamos las precipitaciones en nuestra cuenca. En el caso del modelamiento sin proyecto usamos la topografía "TERRENO_S_P" como lo hemos renombrado para este paso. Ingresando la data de las precipitaciones que se han recopilado, haciéndolo correr para observar la formación del cauce y los desbordes provocados en los tres periodos de retorno.

3.5.4. Modelamiento con proyecto

En el caso del modelamiento con proyecto usamos la topografía "Terrain 0.5m" como lo hemos renombrado para este

paso. Igual que en el modelamiento sin proyecto, ingresaremos la data de las precipitaciones, pero en este caso agregaremos diques en el cauce principal para así ir reteniendo el caudal que se origina por las precipitaciones. Al hacerlo correr considerando los tres periodos de retorno contemplados, observaremos la acumulación del agua gracias a estos diques y el efecto que tendría en nuestra cuenca.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. DEM – DIGITAL ELEVATION MODEL

La quebrada en estudio tal como se muestra en la Figura 1 tiene un área de 10.79 Km² y un perímetro de 17.90 Km.

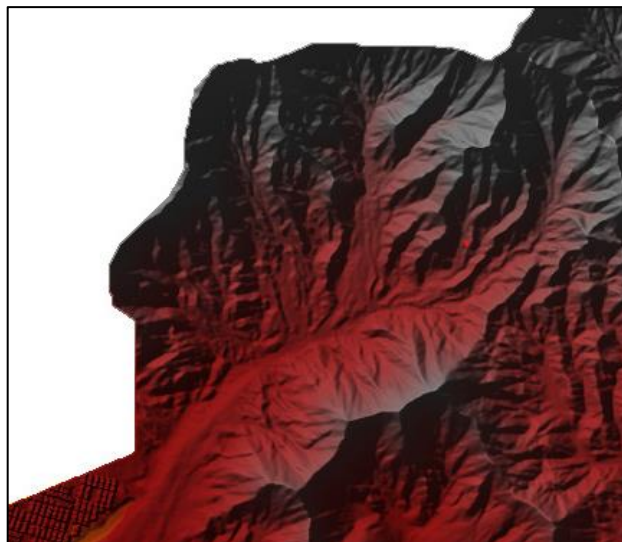
Figura 1. Cuenca de la Quebrada San Idelfonso



Fuente: Google Maps

Para conseguir la topografía de la quebrada San Idelfonso se usó un dron equipado con un sensor de tecnología Lidar que puede proporcionar datos topográficos más precisos sobre dicha área de trabajo.

Figura 2. Modelo Digital de Elevacion de la Cuenca de la Quebrada San Idelfonso

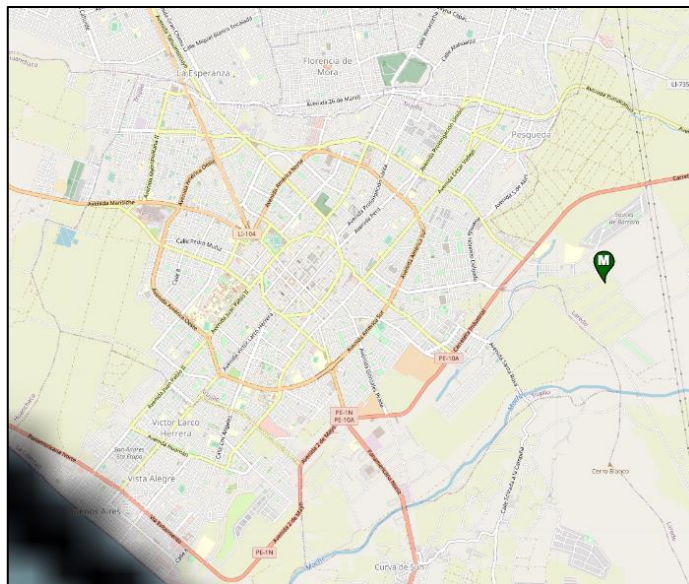


Fuente: Propia

4.2. Hidrología

Para la recopilación de datos hidrológicos de la cuenca de la quebrada San Idelfonso recurrimos a la estación Trujillo.

Figura 3. Ubicación de la estación Trujillo



Fuente: Senamhi

De la cual obtuvimos las Precipitaciones Máximas en 24 horas (mm) para un periodo de retorno de 50, 100 y 200 años registrando como valores de 24.1 mm, 30.7mm y 38.4mm respectivamente.

Tabla 1. Precipitación Máxima en 24 Horas para diferentes periodos de retorno

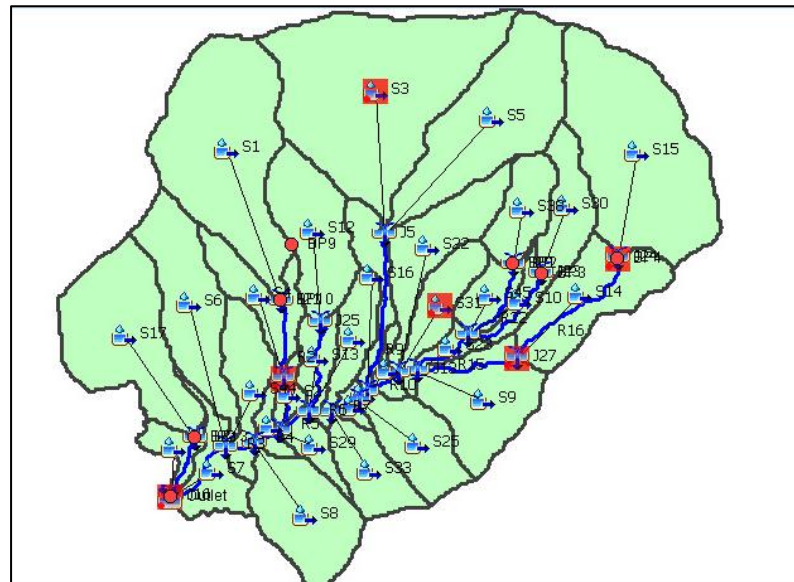
Precipitación Máxima en 24 Horas (mm)	
Periodo de retorno	Trujillo-Laredo
50	24.1
100	30.7
200	38.4

Fuente: Senamhi

4.3. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO EN SOFTWARE HEC-HMS:

Para el modelamiento hidrológico en HEC-HMS se delimito la cuenca en estudio identificando también los causes de la quebrada San Idelfonso que se formaran una vez iniciadas las precipitaciones.

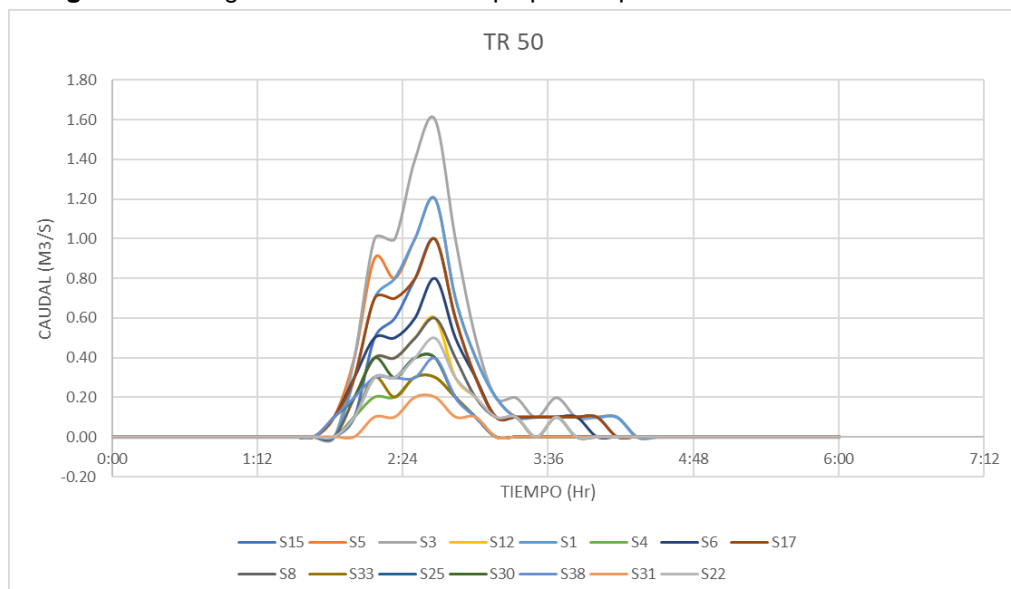
Figura 4. Modelo Hidrológico de la Cuenca de la Quebrada San Idelfonso



Fuente: Propia

Obteniendo así los siguientes datos de los caudales con un intervalo de tiempo de 10 minutos para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.

Figura 5. Hidrograma Caudal vs Tiempo para el periodo de retorno de 50 años



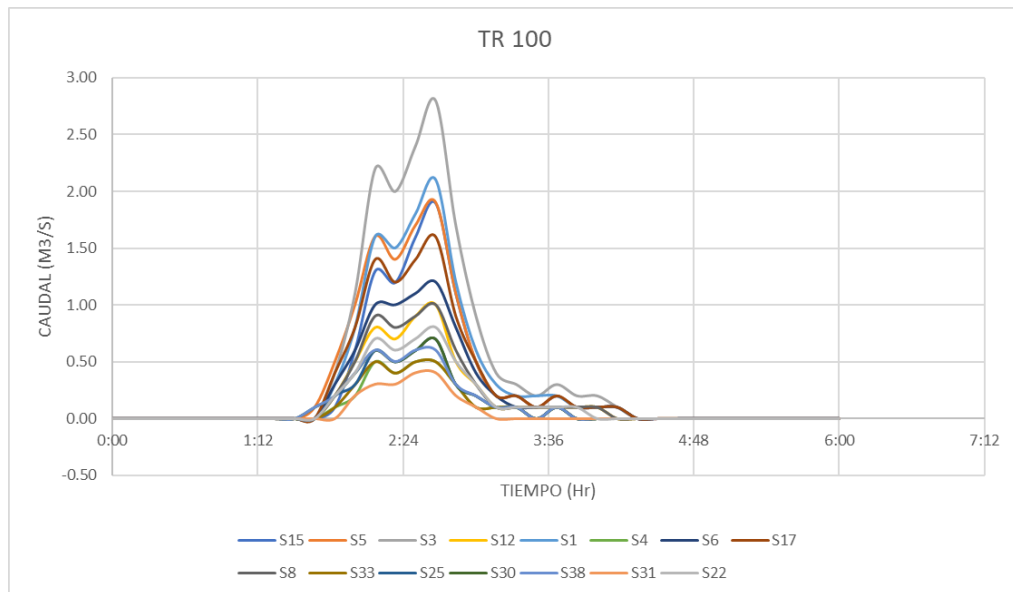
Fuente: Propia

Figura 6. Precipitaciones para el periodo de retorno de 50 años

HMS	S15	S5	S3	S12	S1	S4	S6	S17	S8	S33	S25	S30	S38	S31	S22
Tiempo (hr)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:50	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00
2:00	0.10	0.40	0.40	0.20	0.30	0.10	0.30	0.30	0.20	0.10	0.10	0.20	0.20	0.00	0.10
2:10	0.50	0.90	1.00	0.40	0.70	0.20	0.50	0.70	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30	0.10	0.30
2:20	0.60	0.80	1.00	0.40	0.80	0.20	0.50	0.70	0.40	0.20	0.30	0.30	0.30	0.10	0.30
2:30	0.80	1.00	1.40	0.50	1.00	0.30	0.60	0.80	0.50	0.30	0.40	0.40	0.30	0.20	0.40
2:40	1.00	1.20	1.60	0.60	1.20	0.30	0.80	1.00	0.60	0.30	0.40	0.40	0.40	0.20	0.50
2:50	0.60	0.70	1.00	0.30	0.70	0.20	0.50	0.60	0.40	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.30
3:00	0.30	0.40	0.50	0.20	0.40	0.10	0.30	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
3:10	0.10	0.20	0.20	0.10	0.20	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
3:20	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
3:30	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:40	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
3:50	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

Figura 7. Hidrograma Caudal vs Tiempo para el periodo de retorno de 100 años



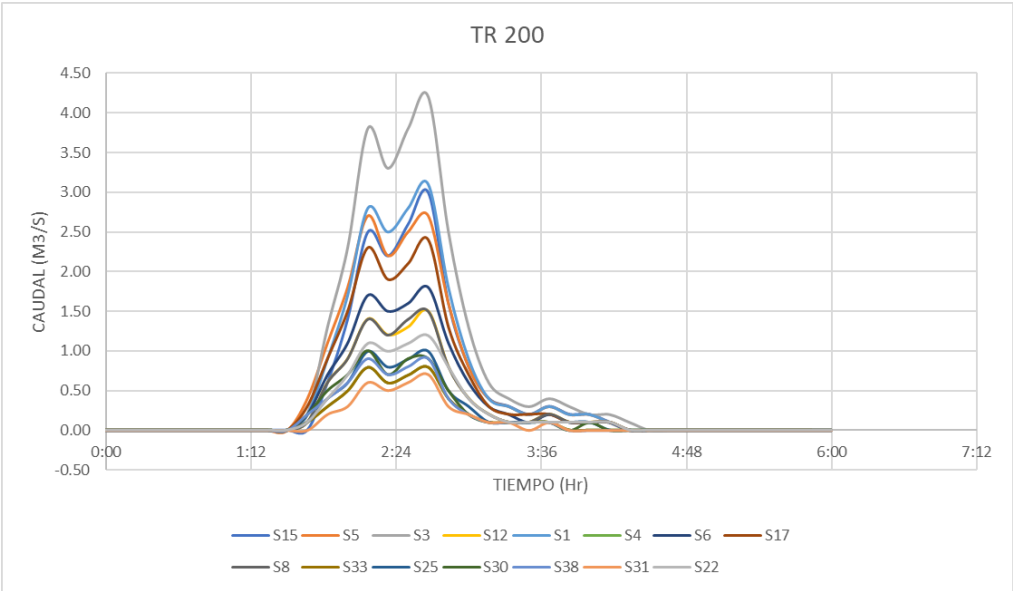
Fuente: Propia

Figura 8. Precipitaciones para el periodo de retorno de 100 años

HMS	S15	S5	S3	S12	S1	S4	S6	S17	S8	S33	S25	S30	S38	S31	S22
Tiempo (hr)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:40	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00
1:50	0.10	0.50	0.40	0.20	0.30	0.10	0.30	0.40	0.20	0.10	0.20	0.20	0.20	0.00	0.20
2:00	0.60	1.00	1.10	0.50	0.80	0.20	0.60	0.80	0.50	0.30	0.30	0.40	0.40	0.20	0.40
2:10	1.30	1.60	2.20	0.80	1.60	0.50	1.00	1.40	0.90	0.50	0.60	0.60	0.60	0.30	0.70
2:20	1.20	1.40	2.00	0.70	1.50	0.40	1.00	1.20	0.80	0.40	0.50	0.50	0.50	0.30	0.60
2:30	1.60	1.70	2.40	0.90	1.80	0.50	1.10	1.40	0.90	0.50	0.60	0.60	0.60	0.40	0.70
2:40	1.90	1.90	2.80	1.00	2.10	0.50	1.20	1.60	1.00	0.50	0.70	0.70	0.60	0.40	0.80
2:50	1.10	1.10	1.70	0.50	1.20	0.30	0.80	0.90	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.50
3:00	0.50	0.50	0.90	0.30	0.60	0.10	0.40	0.50	0.30	0.10	0.20	0.20	0.20	0.10	0.30
3:10	0.20	0.20	0.40	0.10	0.30	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
3:20	0.20	0.20	0.30	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
3:30	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
3:40	0.20	0.20	0.30	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
3:50	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
4:00	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

Figura 9. Hidrograma Caudal vs Tiempo para el periodo de retorno de 200 años



Fuente: Propio

Figura 10. Precipitaciones para el periodo de retorno de 200 años

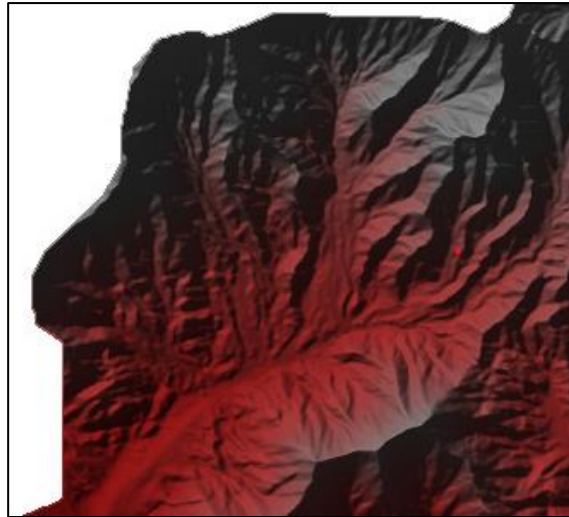
HMS	S15	S5	S3	S12	S1	S4	S6	S17	S8	S33	S25	S30	S38	S31	S22
Tiempo (hr)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)	Caudal (M3/S)
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:40	0.00	0.40	0.20	0.10	0.20	0.10	0.20	0.30	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.00	0.10
1:50	0.60	1.10	1.30	0.60	0.90	0.30	0.70	0.90	0.60	0.30	0.40	0.50	0.40	0.20	0.40
2:00	1.40	1.80	2.30	0.90	1.70	0.50	1.10	1.50	0.90	0.50	0.60	0.70	0.60	0.30	0.70
2:10	2.50	2.70	3.80	1.40	2.80	0.80	1.70	2.30	1.40	0.80	1.00	1.00	0.90	0.60	1.10
2:20	2.20	2.20	3.30	1.20	2.50	0.60	1.50	1.90	1.20	0.60	0.80	0.70	0.70	0.50	1.00
2:30	2.60	2.50	3.80	1.30	2.80	0.70	1.60	2.10	1.40	0.70	0.90	0.90	0.80	0.60	1.10
2:40	3.00	2.70	4.20	1.50	3.10	0.80	1.80	2.40	1.50	0.80	1.00	0.90	0.90	0.70	1.20
2:50	1.60	1.60	2.50	0.80	1.80	0.40	1.10	1.30	0.80	0.40	0.50	0.50	0.40	0.30	0.80
3:00	0.80	0.80	1.30	0.40	0.90	0.20	0.60	0.70	0.40	0.20	0.30	0.20	0.20	0.20	0.40
3:10	0.40	0.40	0.60	0.20	0.40	0.10	0.30	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
3:20	0.30	0.30	0.40	0.10	0.30	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3:30	0.20	0.20	0.30	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
3:40	0.30	0.30	0.40	0.20	0.30	0.10	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3:50	0.20	0.20	0.30	0.10	0.20	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10
4:00	0.20	0.20	0.20	0.10	0.20	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10
4:10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
4:20	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

4.4. MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN SOFTWARE HEC-RAS:

Para el modelamiento de nuestra tesis ingresamos el modelo digital de elevación (DEM), importamos la delimitación de la cuenca, la identificación de arroyos y los hidrogramas del software HEC-HMS.

Figura 11. Modelo Hidrológico de la Cuenca de la Quebrada San Idelfonso en HEC.RAS

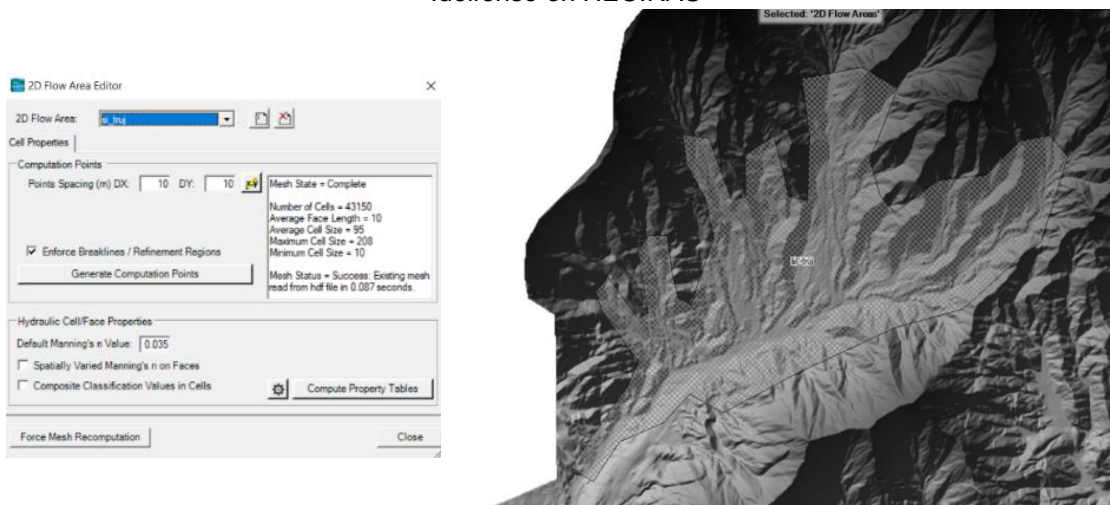


Fuente: Propia

4.4.1. Escenario Sin Proyecto

Se ha generado un modelo bidimensional (2D) dimensionado con una malla de 10x10m. Este modelamiento previo se realizó antes del ingreso de las estructuras de retención de sólidos (diques) con el propósito de conocer el comportamiento de las precipitaciones sobre la quebrada.

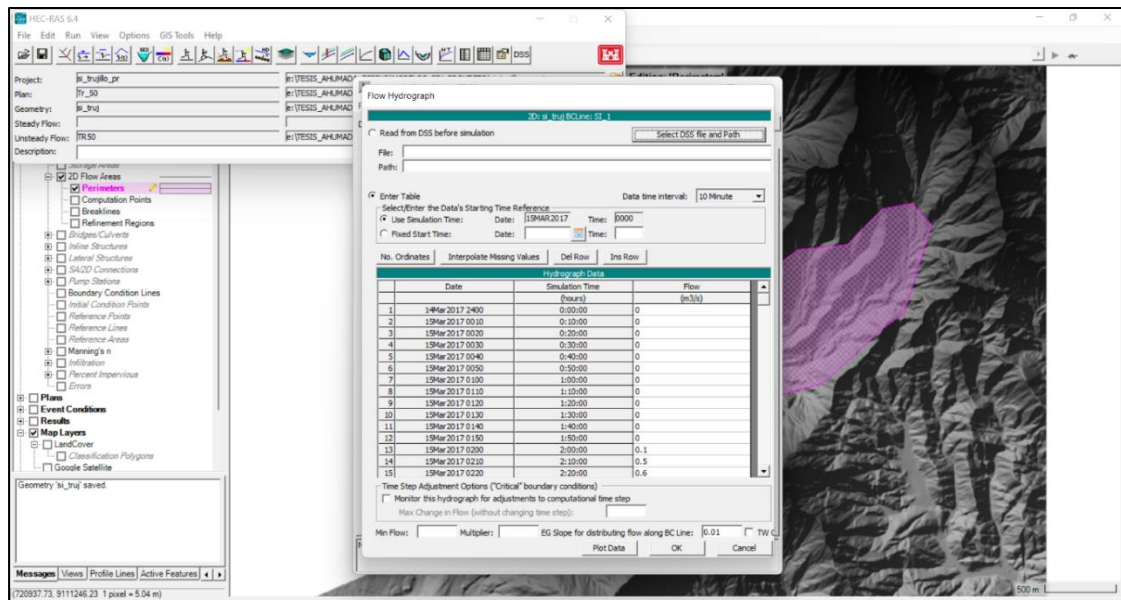
Figura 12. Datos para la malla de la Cuenca de la Quebrada San Idelfonso en HEC.RAS



Fuente: Propia

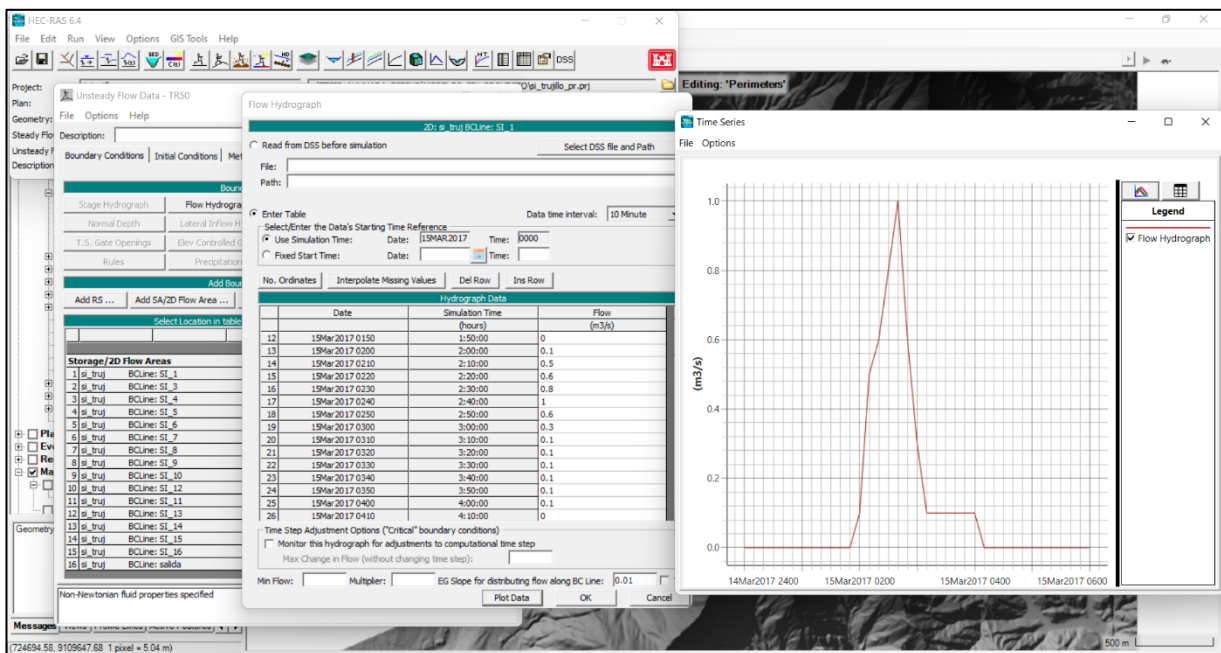
Se ingresó la data de las precipitaciones registradas con un intervalo de 10 min. Para los respectivos periodos de retorno 50, 100 y 200 años.

Figura 13. Ingreso de datos de las precipitaciones en HEC.RAS



Fuente: Propia

Figura 14. Hidrogramas por cada precipitación

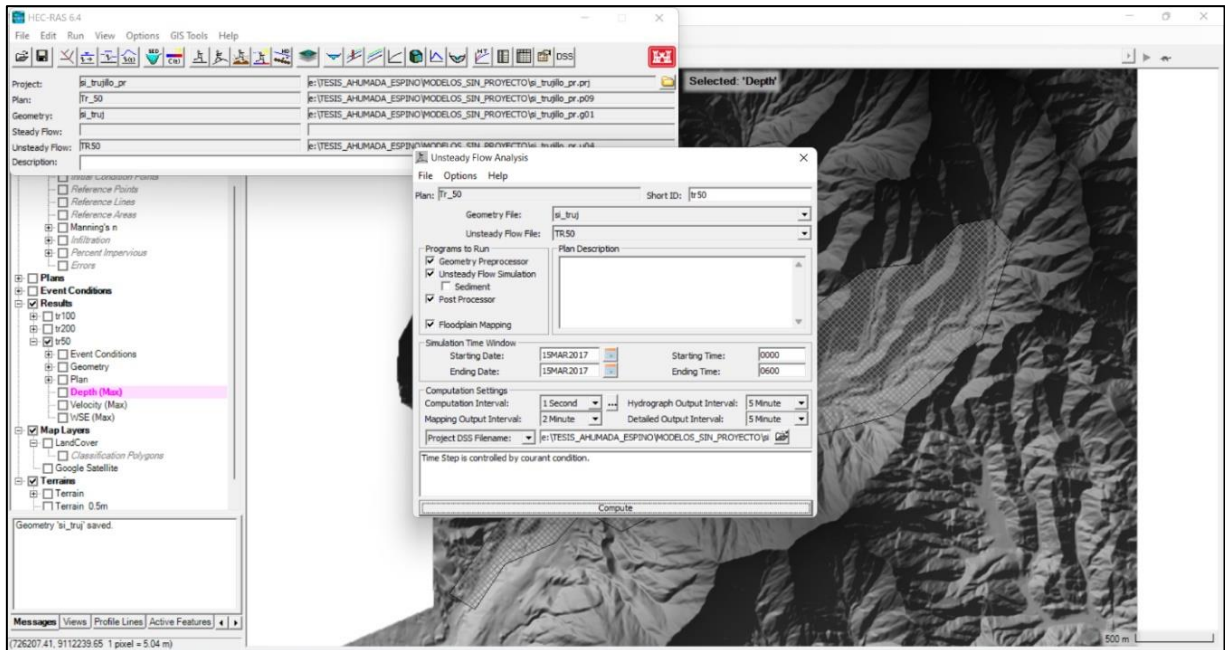


Fuente: Propia

Una vez ingresada toda la data procedimos a realizar las corridas por cada periodo de retorno. Lo que nos permitirá hacer un análisis más realista y detallado sobre la cuenca de la quebrada San Idelfonso.

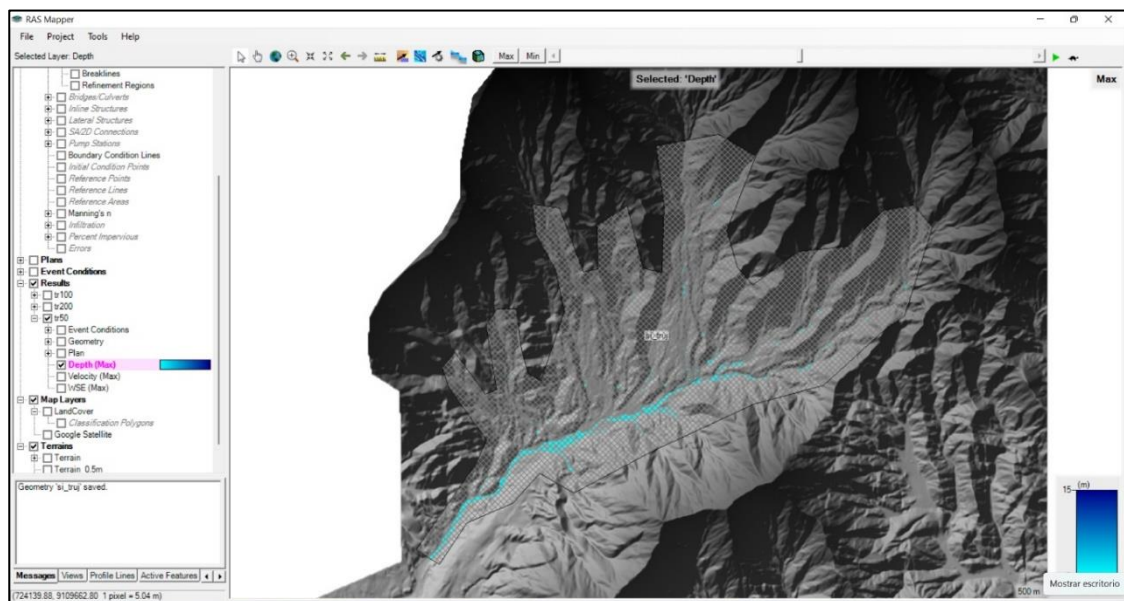
La primera corrida para un periodo de retorno de 50 años.

Figura 15. Programación para la primera corrida del periodo de retorno de 50 años



Fuente: Propia

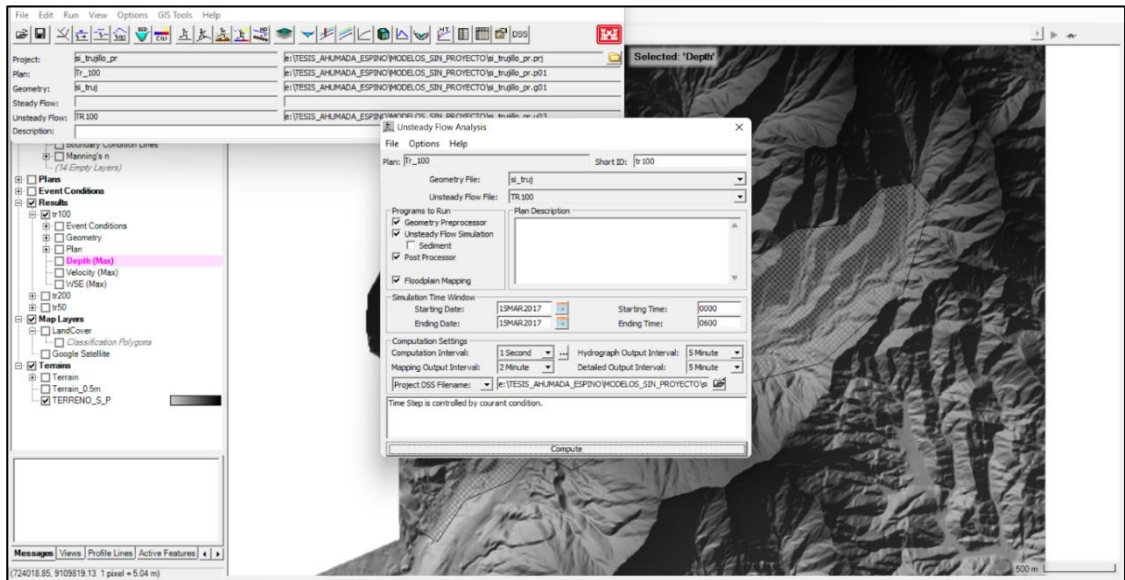
Figura 16. Resultado de la simulación para el periodo de retorno de 50 años



Fuente: Propia

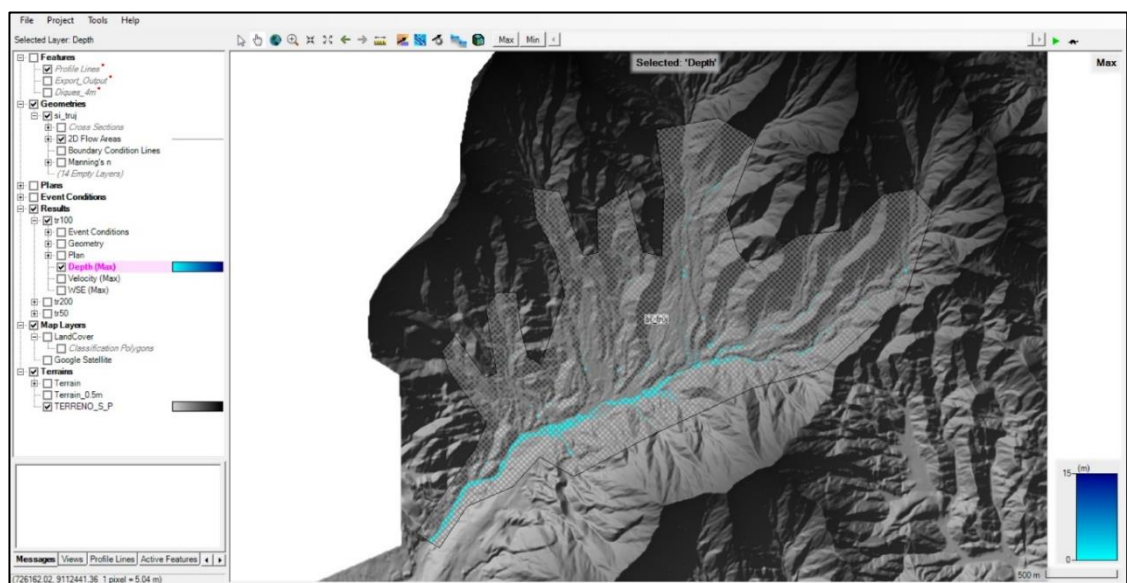
De la misma manera con los datos de las precipitaciones ya ingresadas y con la programación en HEC-RAS se realiza la segunda corrida para el periodo de retorno de 100 años.

Figura 17. Programación para la primera corrida del periodo de retorno de 100 años



Fuente: Propia

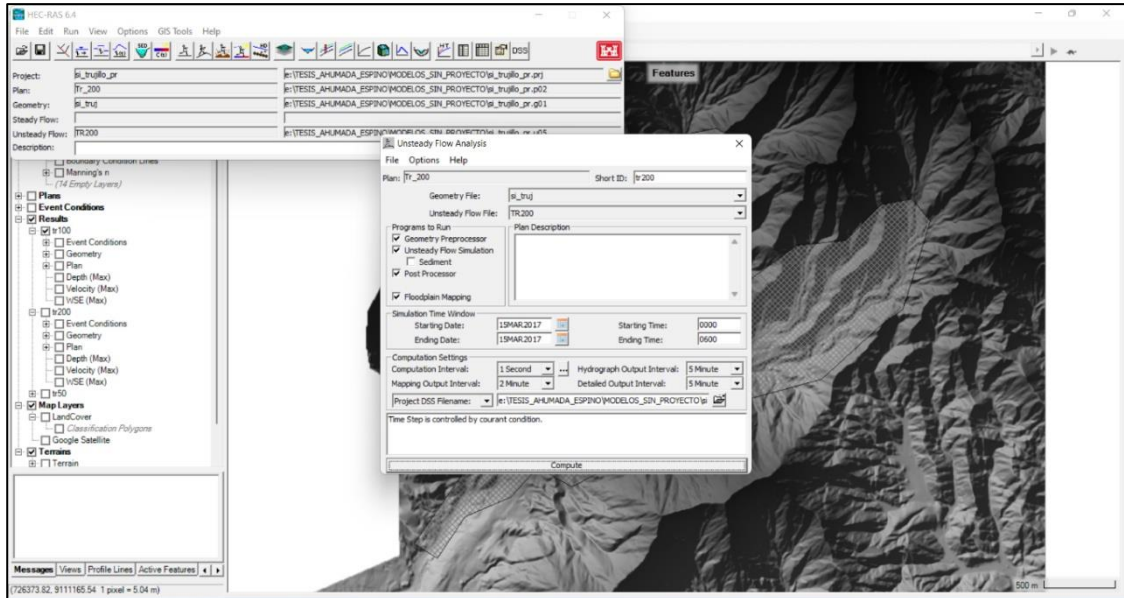
Figura 18. Resultado de la simulación para el periodo de retorno de 100 años



Fuente: Propia

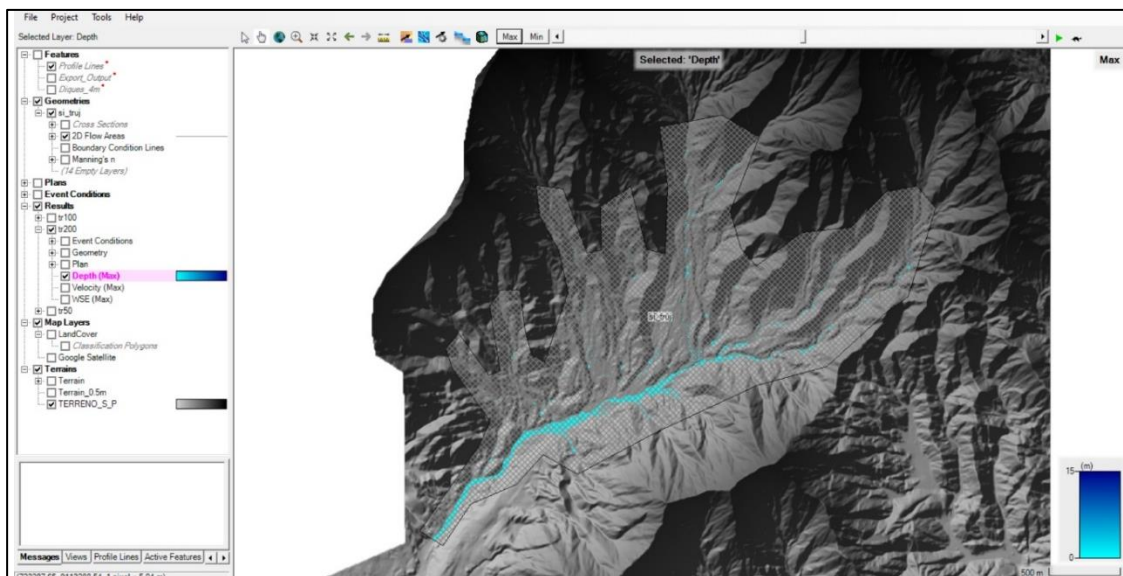
Y la tercera corrida para el periodo de retorno de 200 años.

Figura 19. Programación para la primera corrida del periodo de retorno de 200 años



Fuente: Propia

Figura 20. Resultado de la simulación para el periodo de retorno de 200 años

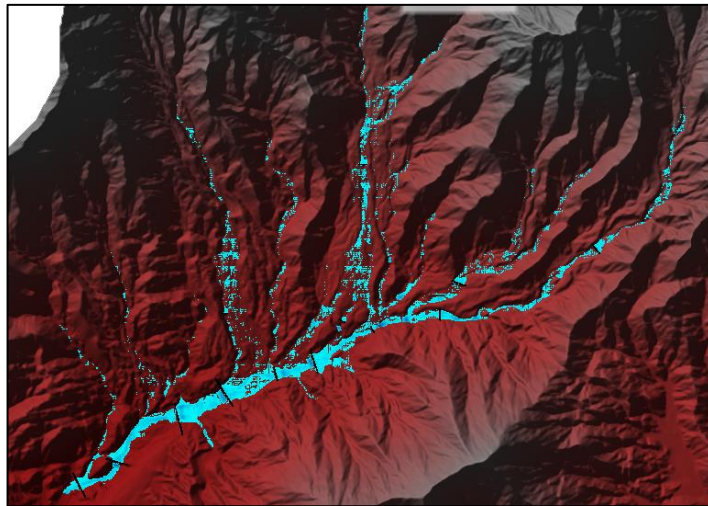


Fuente: Propia

4.4.2. Escenario Con Proyecto

En el modelamiento de la cabecera de la cuenca de la Quebrada San Idelfonso para el escenario con proyecto se consideró los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años con 12 diques transversales para poder analizar el comportamiento hidráulico de la cuenca.

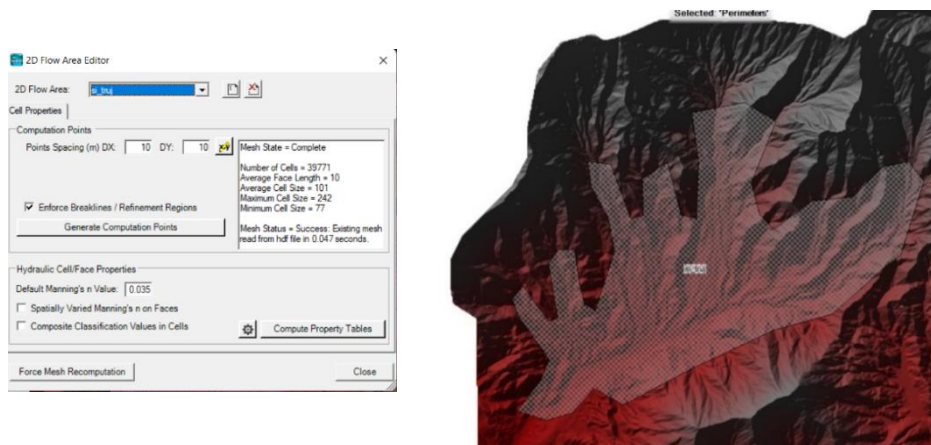
Figura 21. Modelo Hidrológico de la Cuenca de la Quebrada San Idelfonso en HEC.RAS



Fuente: Propia

Al igual que en el escenario sin proyecto, se ha generado un modelo bidimensional (2D) dimensionado con una malla de 10x10m. Con el propósito de conocer el comportamiento de las precipitaciones sobre la quebrada.

Figura 22. Datos de la malla para la Cuenca de la Quebrada San Idelfonso en HEC.RAS



Fuente: Propia

4.4.2.1. Distanciamiento entre diques

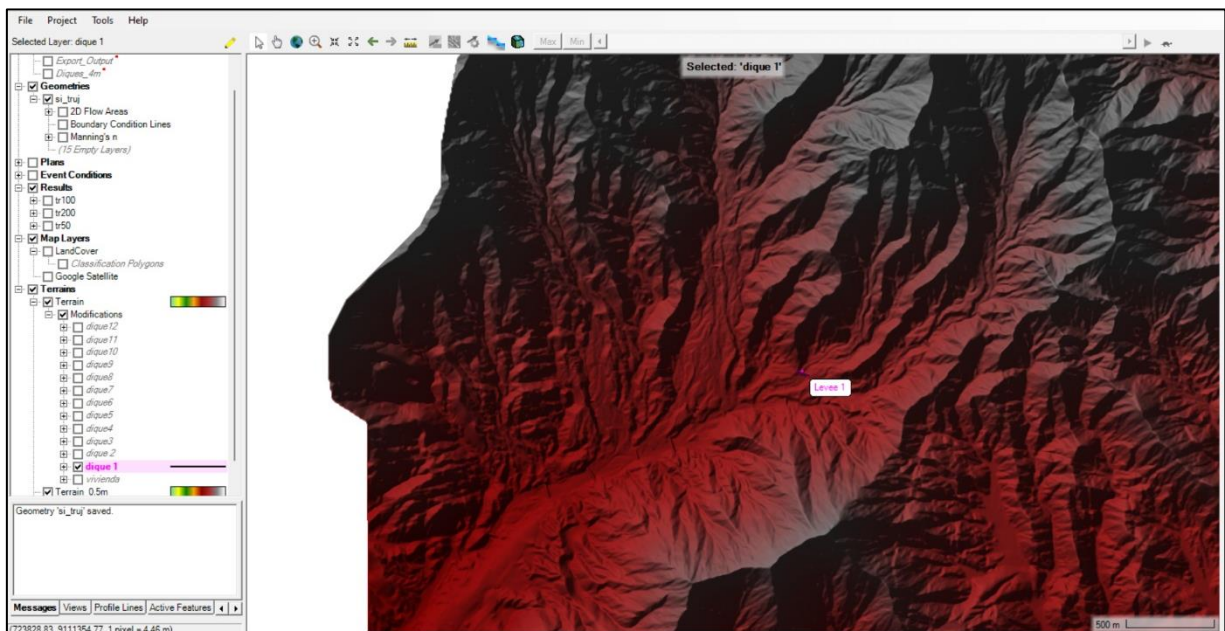
Para la ubicación de los diques tuvimos en consideración la distancia entre estos.

“Teóricamente, basándose en consideraciones exclusivamente geométricas, la separación L entre dos presas sucesivas debería ser la que se indica a continuación. Siendo H, la altura medida entre la rasante original del lecho hasta la rasante del vertedero de la estructura ubicada aguas abajo, S₀ la pendiente original del cauce y S_c la pendiente de compensación.” (Morassutti F.,2016)

$$L = \frac{H}{S_0 - S_c}$$

$$L = \frac{5}{0.05 - 0.0325} = 285.714$$

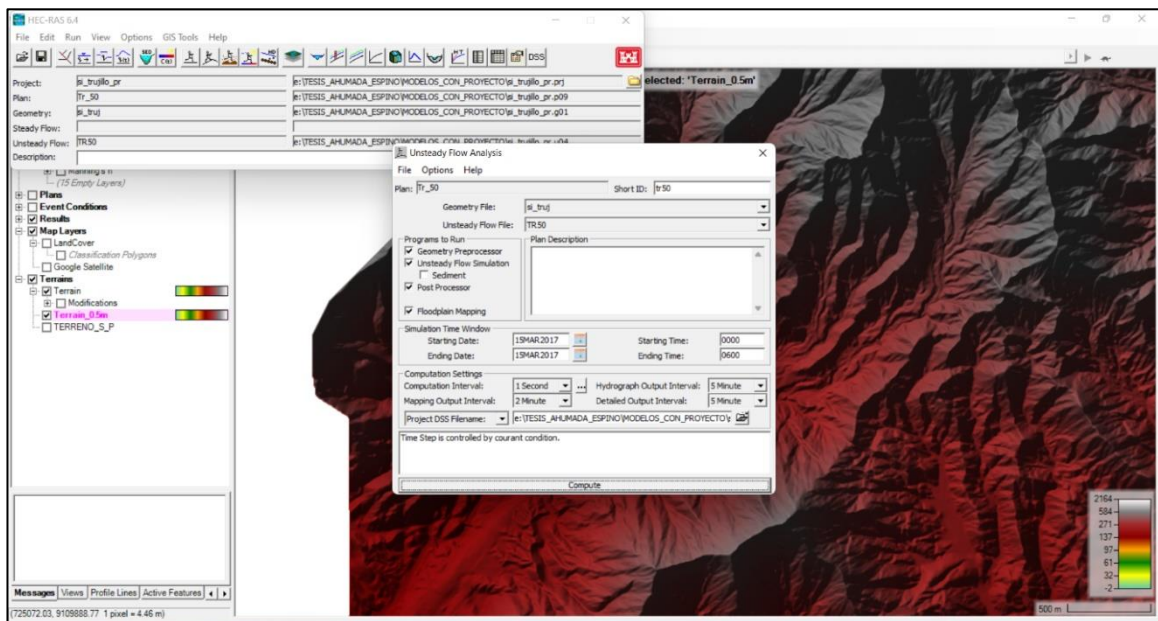
Figura 23. Diques ubicados en la Cuenca de la Quebrada San Idelfonso en HEC.RAS



Fuente: Propia

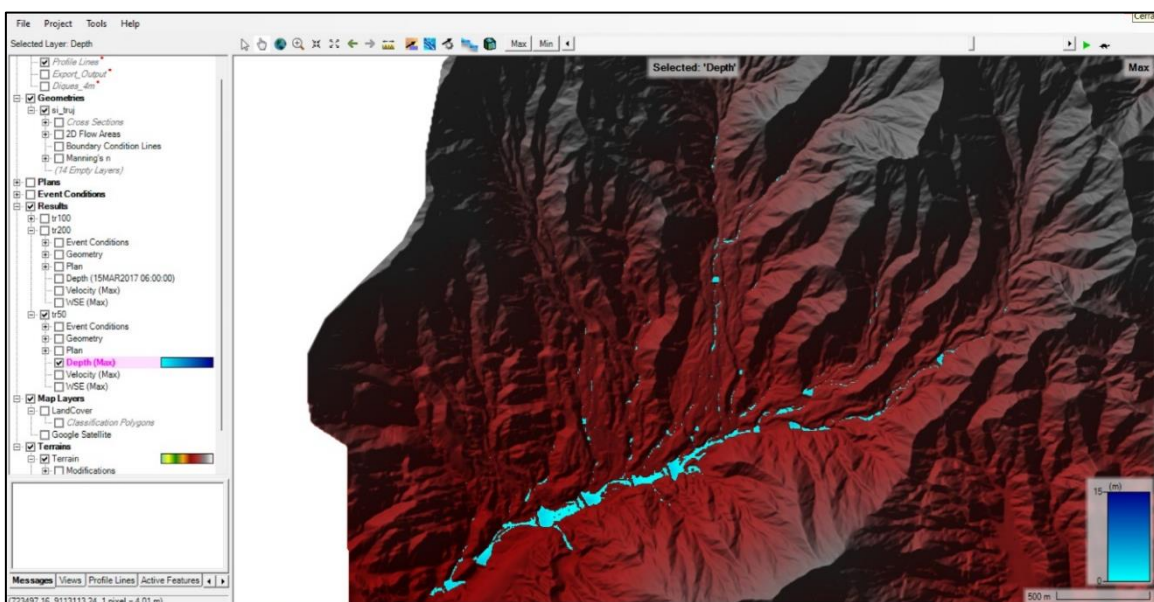
Una vez ubicados los diques procedimos a insertar una vez más la data de precipitaciones para realizar las corridas en los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años. Se tomó a consideracion una duracion de 6 horas en la simulación con un intervalo de 10 minutos.. Siendo la primera corrida para el periodo de retorno de 50 años.

Figura 24. Programación para la primera corrida del periodo de retorno de 50 años



Fuente: Propia

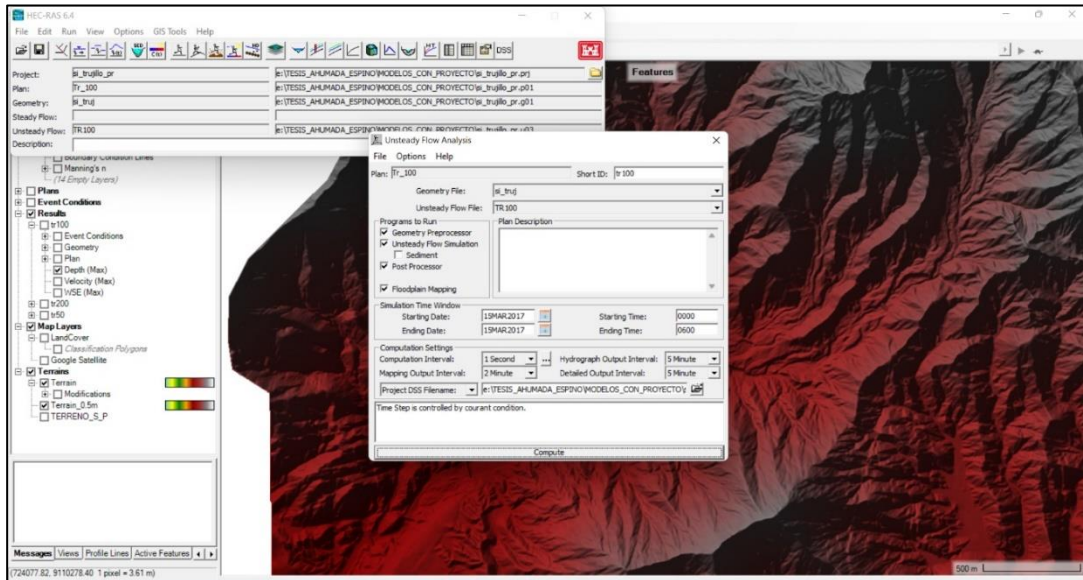
Figura 25. Resultado de la simulación para el periodo de retorno de 50 años



Fuente: Propia

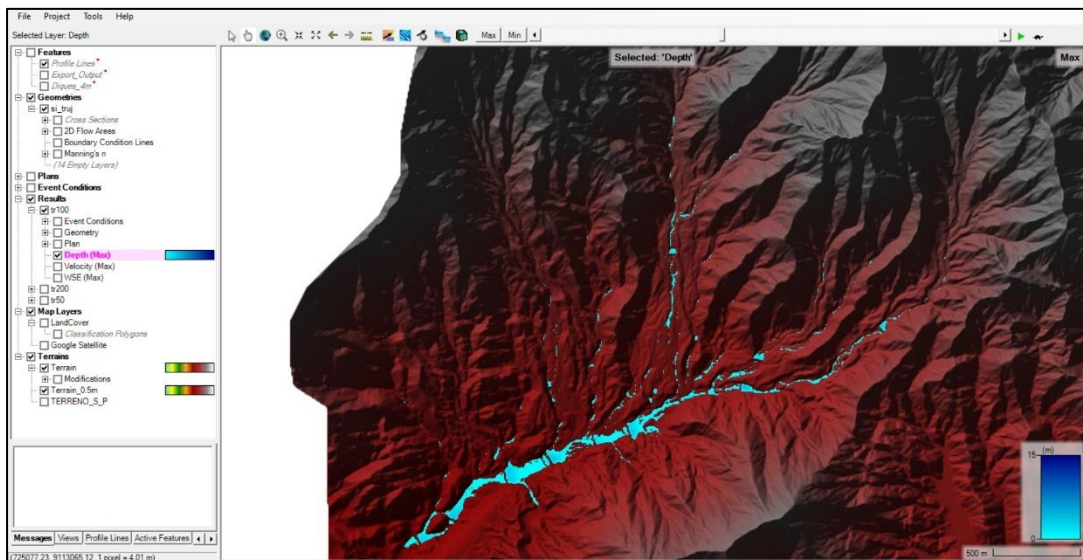
Segunda corrida para el periodo de retorno de 100 años.

Figura 26. Programación para la primera corrida del periodo de retorno de 100 años



Fuente: Propia

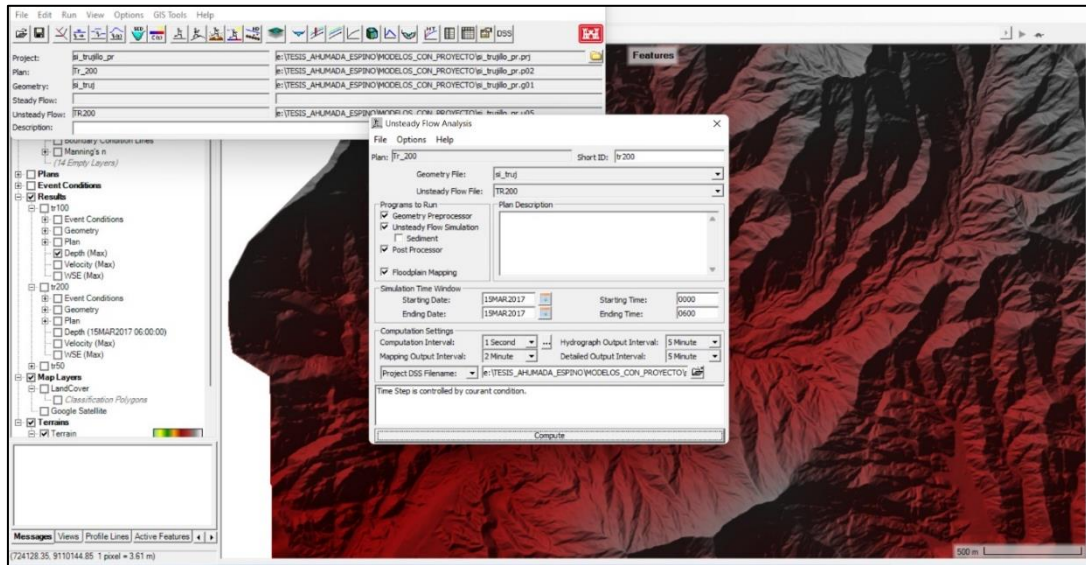
Figura 27. Resultado de la simulación para el periodo de retorno de 100 años



Fuente: Propia

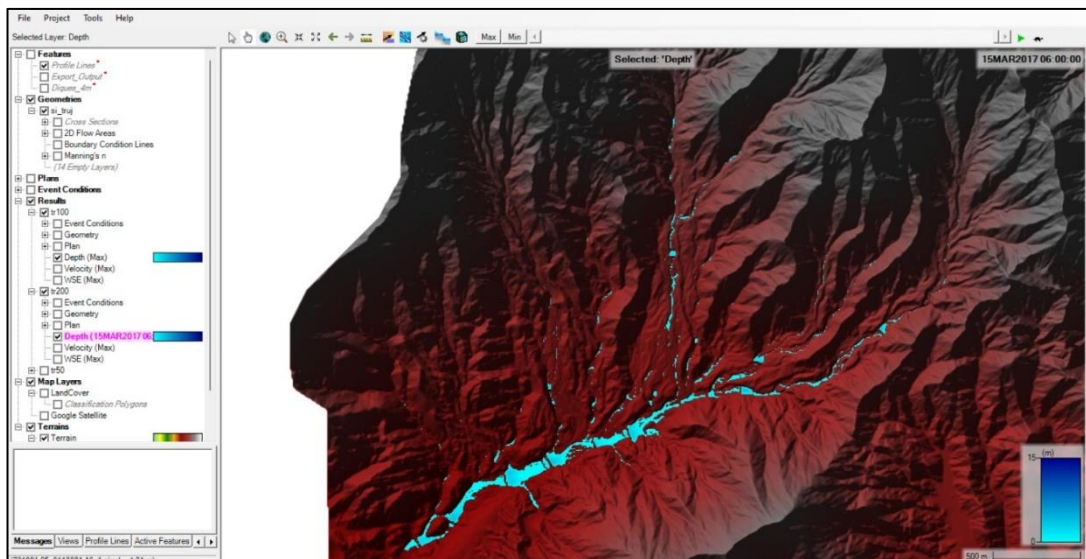
Tercera corrida para el periodo de retorno de 200 años

Figura 28. Programación para la primera corrida del periodo de retorno de 100 años



Fuente: Propia

Figura 29. Resultado de la simulación para el periodo de retorno de 200 años



Fuente: Propia

4.4.3. Puntos de control

Los puntos de control los usamos para la comparación entre los escenarios sin proyecto y escenarios con proyecto del estudio.

En los cuales podemos comparar las velocidades de las precipitaciones en esos puntos.

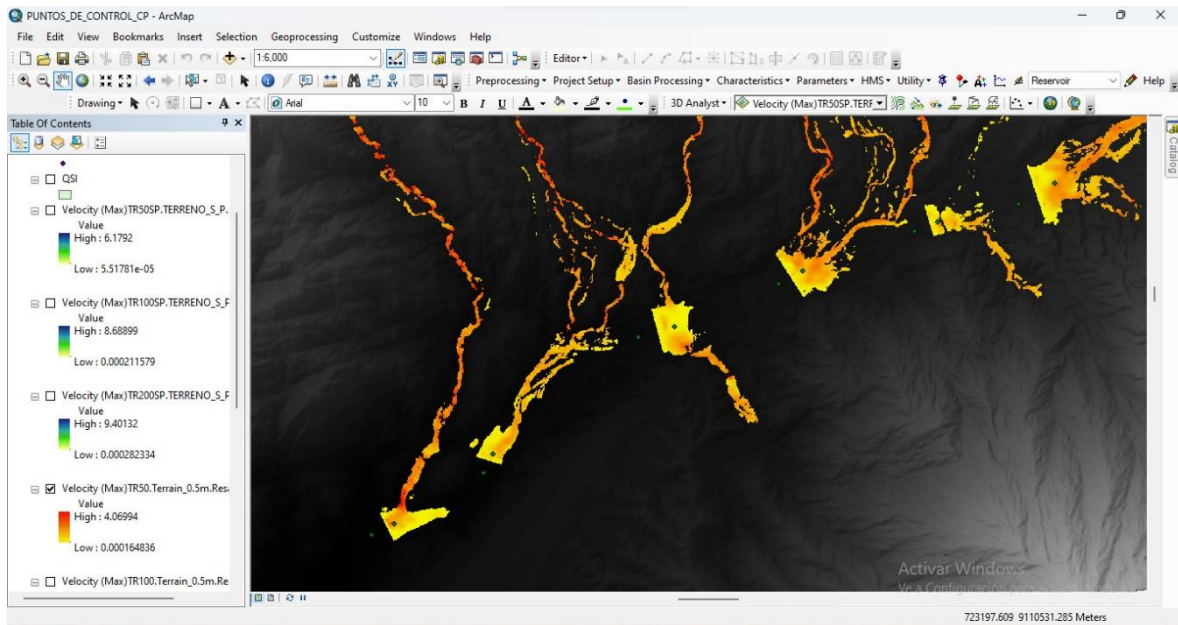
Como se puede observar en el siguiente cuadro se realiza la comparación entres los escenarios sin proyecto y con proyecto de la cuenca de la quebrada San Idelfonso

Figura 30. Programación para la primera corrida del periodo de retorno de 100 años

FID	Id	TR50SP	TR100SP	TR200SP	TR50CP	TR100CP	TR200CP
0	0	1.60	2.51	3.14	0.71	0.67	0.71
1	0	2.74	3.54	4.08	-	-	1.88
2	0	1.02	1.34	1.68	0.29	0.41	0.44
3	0	0.71	1.28	1.52	-	-	-
4	0	0.18	0.33	0.49	0.02	0.04	0.06
5	0	1.38	1.87	2.32	-	-	1.59
6	0			1.63	0.40	0.43	0.49
7	0	0.46	0.40	0.53		0.29	0.97
8	0	1.44	2.40	3.05	0.78	0.81	0.82
9	0	1.14	1.50	1.76	-	-	0.73
10	0	1.87	2.47	2.82	0.80	0.89	0.92
11	0	2.38	3.44	4.86		1.94	2.72
12	0	-	-	-	0.50	0.57	0.62
13	0	-	-	-	-	-	-
14	0	0.99	1.33	1.60	-	0.92	1.28
15	0	0.58	0.80	0.97	-	-	0.80
16	0	-	-	-	0.54	0.66	0.71
17	0	-	-	-	-	-	-
18	0	-	-	-	0.11	0.15	0.10
19	0	-	-	-	-	-	-
20	0	-	-	-	1.16	1.16	1.16
21	0	-	-	-	-	-	-
22	0	-	2.33	2.65	1.29	1.48	1.52
23	0	-	-	-	-	-	-

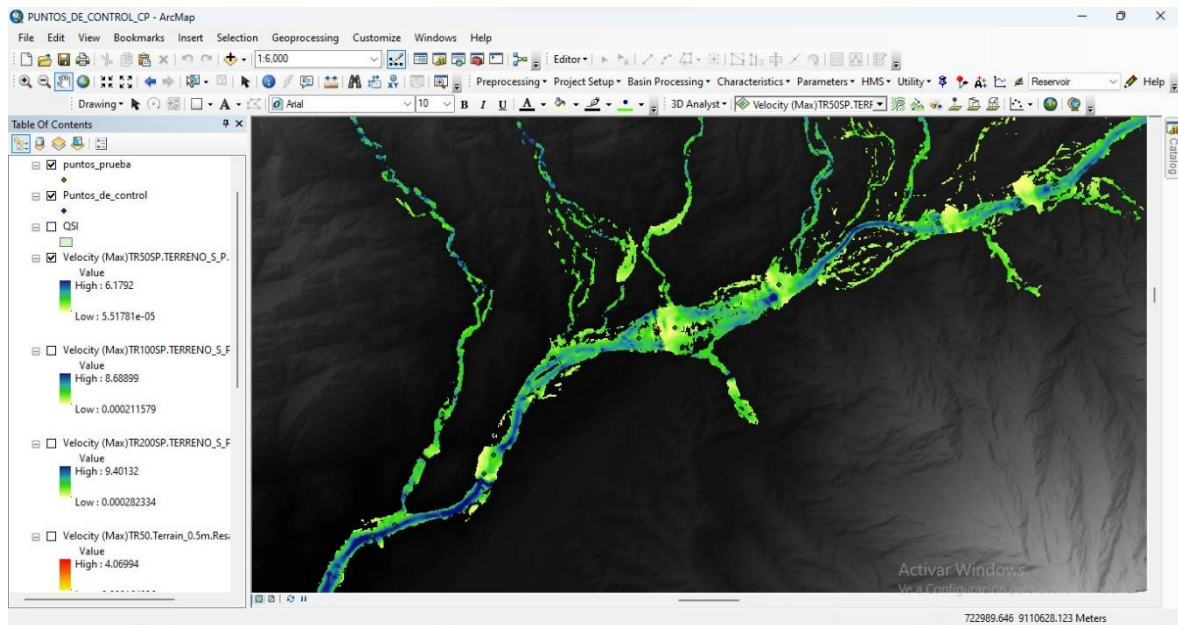
Fuente: Propia

Figura 31. Escenario con proyecto para periodo de retorno de 50 años



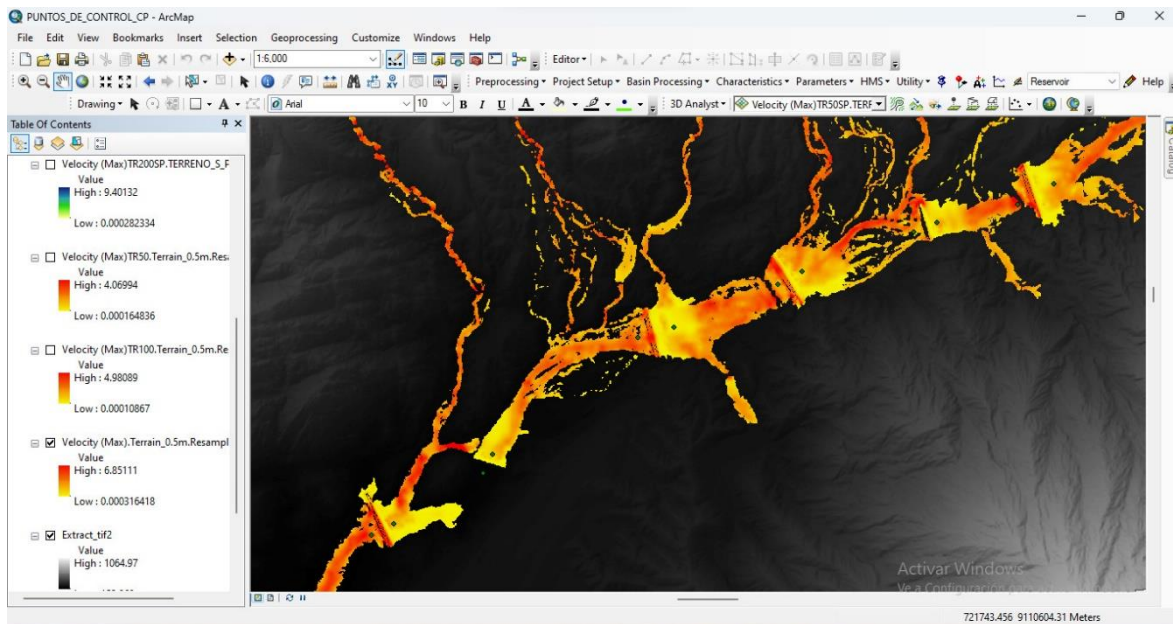
Fuente: Propia

Figura 32. Escenario sin proyecto para periodo de retorno de 50 años



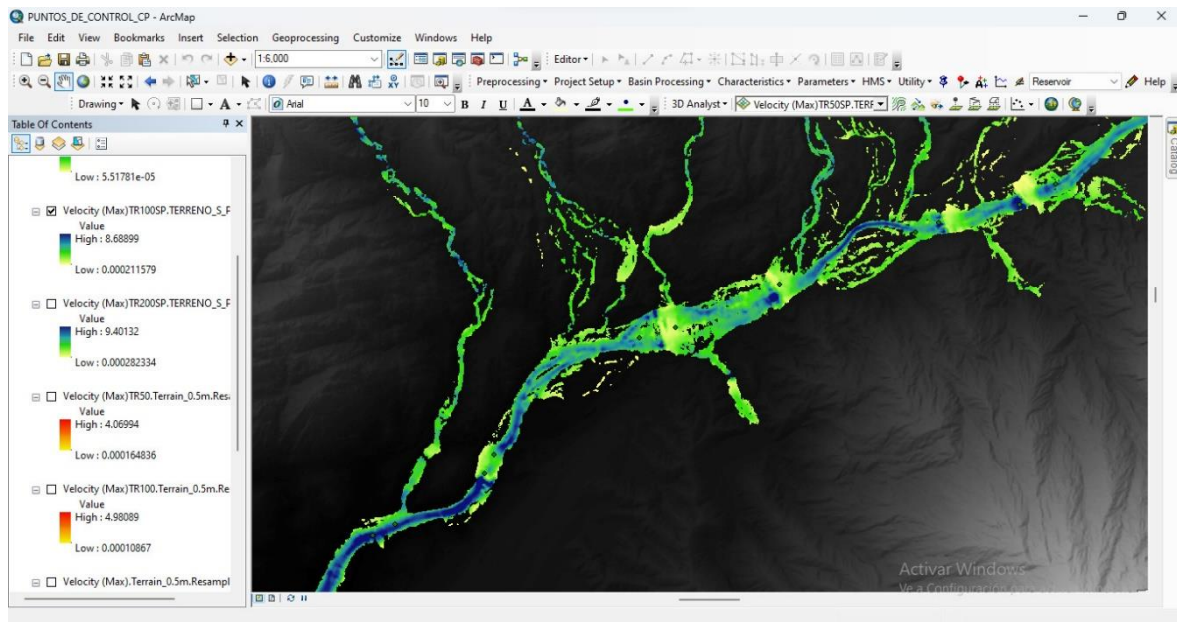
Fuente: Propia

Figura 33. Escenario con proyecto para periodo de retorno de 100 años



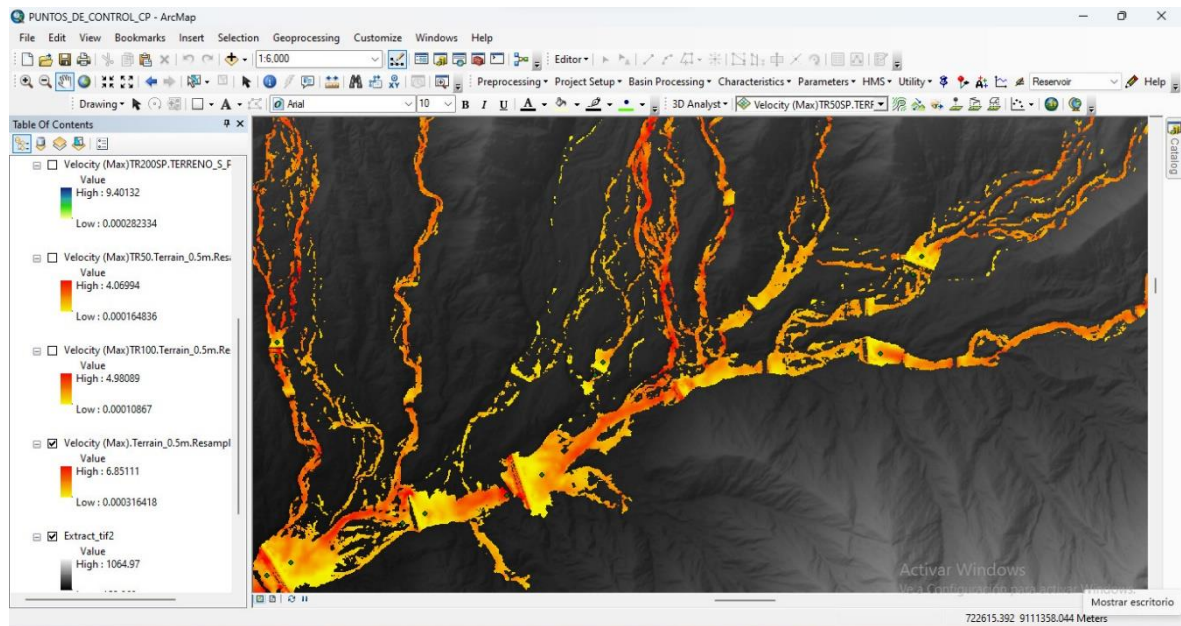
Fuente: Propia

Figura 34. Escenario sin proyecto para periodo de retorno de 100 años



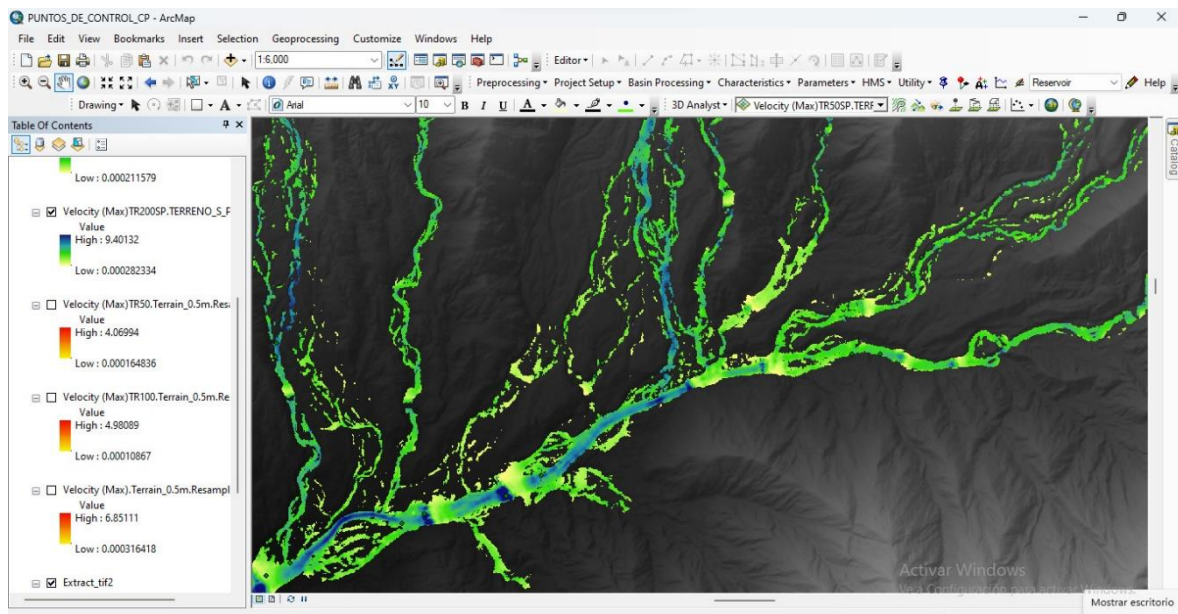
Fuente: Propia

Figura 35. Escenario con proyecto para periodo de retorno de 200 años



Fuente: Propia

Figura 36. Escenario sin proyecto para periodo de retorno de 200 años



Fuente: Propia

4.5. DOCIMASIA DE LA HIPÓTESIS

Se realizó la docimasia de la hipótesis con la finalidad de conocer los posibles escenarios alternativos de darse el caso y a su vez dando a comprender que nuestra hipótesis del presente proyecto es aceptada de lo indicado a continuación.

Hipótesis:

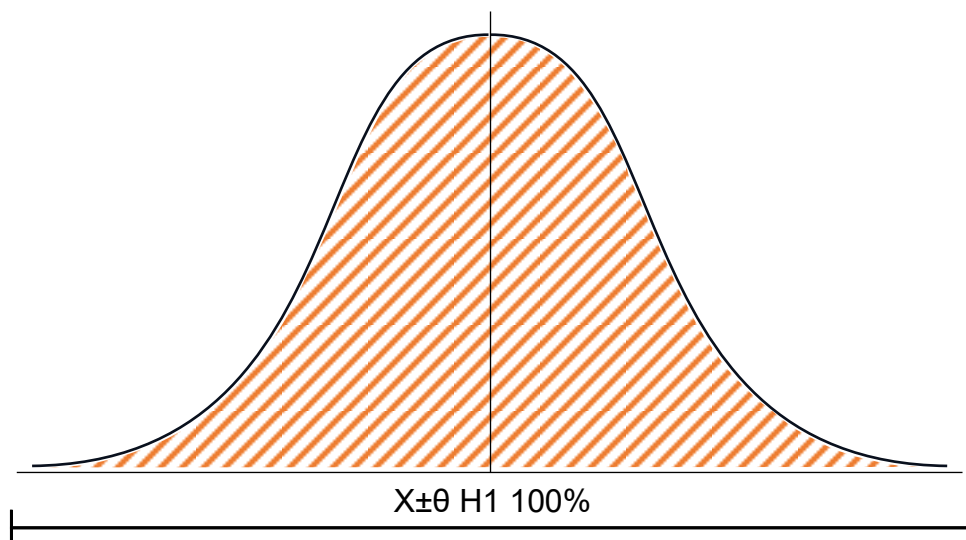
El conocimiento del comportamiento hidráulico de la quebrada San Idelfonso permitirá tener un diseño óptimo para los diques retenedores de sedimentos de esta quebrada.

Hipótesis (nula):

El modelamiento hidráulico muestra que los diques no cumplen con la retención del caudal

Hipótesis (alternativa):

El modelamiento muestra que los diques cumplen con la retención del caudal, pero para un periodo de retorno específico



Donde:

Ho: Hipótesis Nula → 0%

H1: Hipótesis Alternativa → 0%

$X \pm \theta$: Rango de Intervalo de confianza → 100%

Cuadro Esquemático

Docimasia de la hipótesis - Variable dependiente

Variable Dependiente	Periodo de Retorno	Datos numéricos	Carácter de rechazo o aceptación de la hipótesis		Conclusiones
			Aceptación	Rechazo	
Comportamiento hidráulico	50	Caudales de más de 10 m ³ /s	SI		Del modelo hidráulico se observó que los caudales que obtenidos fueron mayores debido a la falta de estructuras de retención que acumularan y disminuyeran las velocidades por el caudal de salida
	100	Caudales de más de 20 m ³ /s	SI		
	200	Caudales de más de 30 m ³ /s	SI		

Docimasia de la hipótesis - Variable independiente

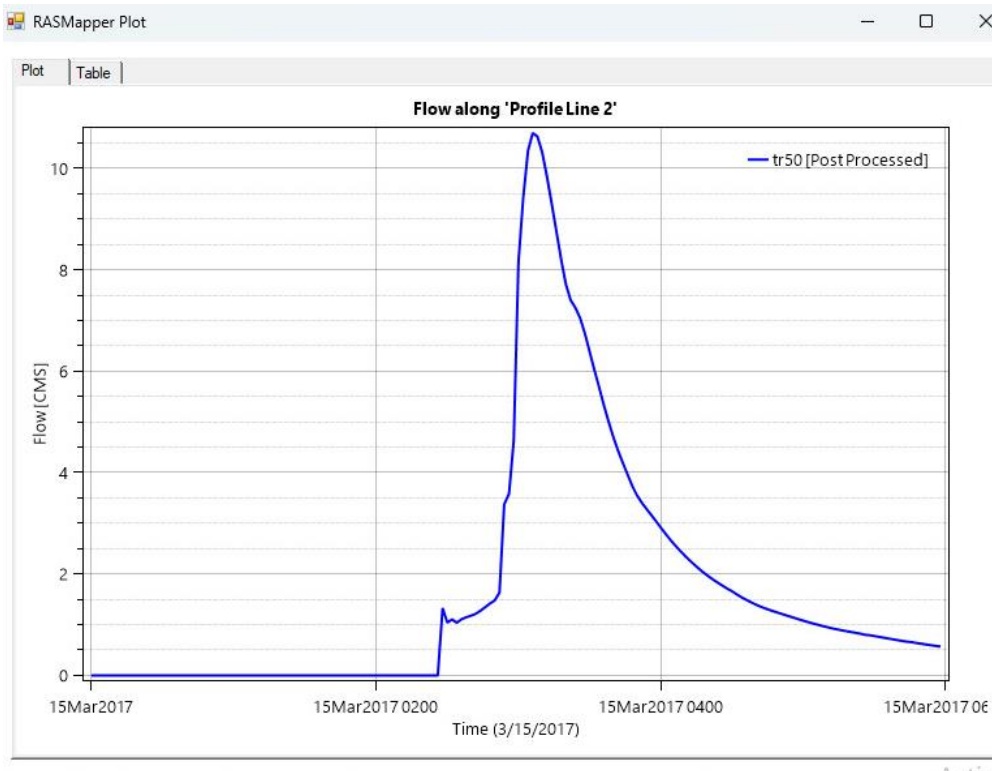
Variable Independiente	Periodo de Retorno	Datos numéricos	Carácter de rechazo o aceptación de la hipótesis		Conclusiones
			Aceptación	Rechazo	
Estructuras de retención de solidos	50	Caudales menos de 5 m ³ /s	SI		Del modelo hidráulico demostró que los caudales que sobrepasaron las estructuras de retención (diques) en un evento desfavorable ocurren en un periodo de retorno de 200 años y acumula un caudal de 12.77m ³ /2
	100	Caudales más de 5m ³ /s y menos de 10m ³ /s	SI		
	200	Caudales más de 10 m ³ /s		SI	

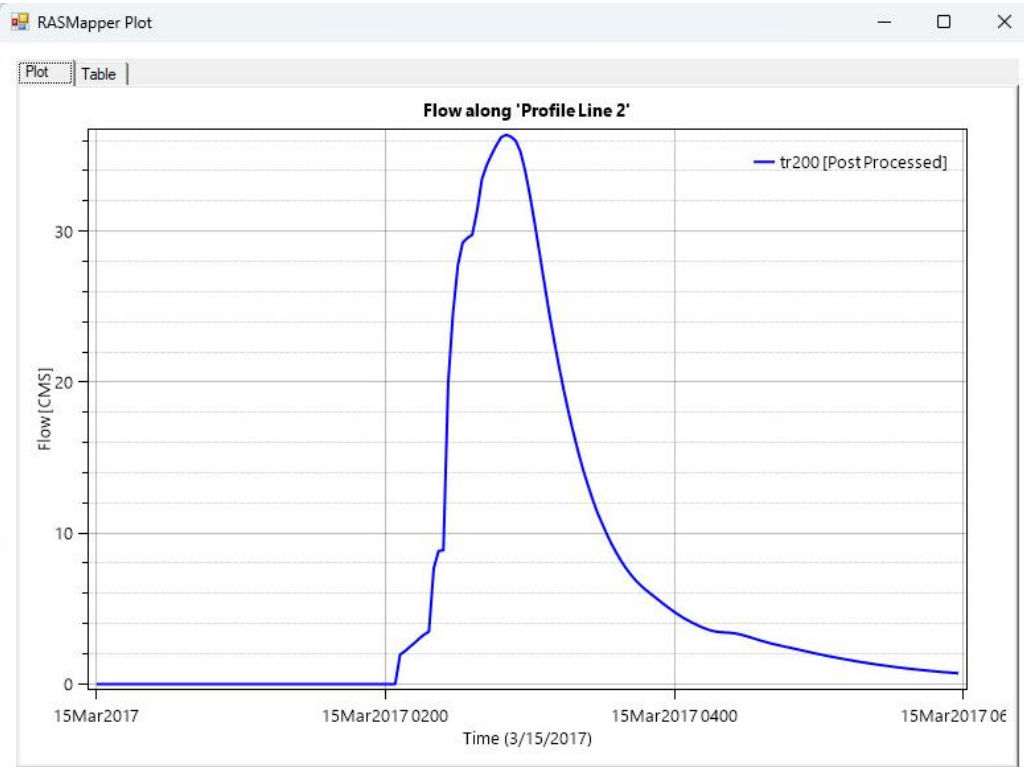
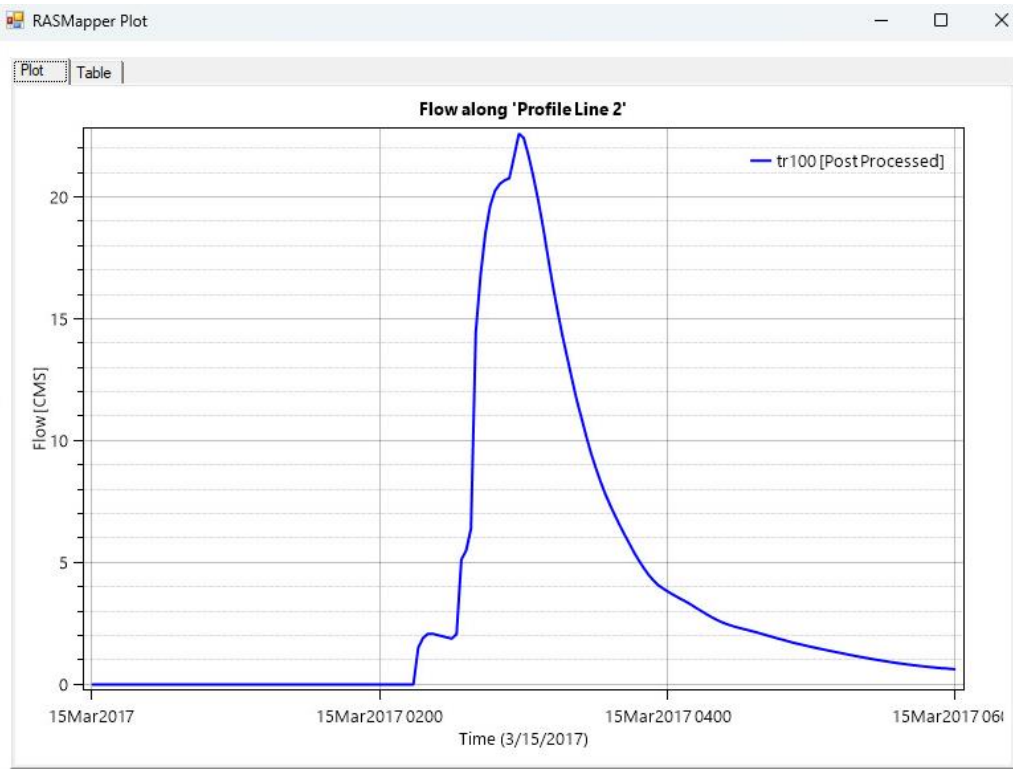
CONCLUSIONES

De nuestro modelamiento en HEC-HMS para los caudales hemos determinado que los valores máximos para un periodo de retorno de 50 años oscilan entre 0.10 m³/s y 1.6 m³/s, para un periodo de retorno de 100 años oscilan entre 0.10 m³/s y 2.80 m³/s, y para un periodo de retorno de 200 años oscilan entre de 0.10 m³/s y 4.2 m³/s.

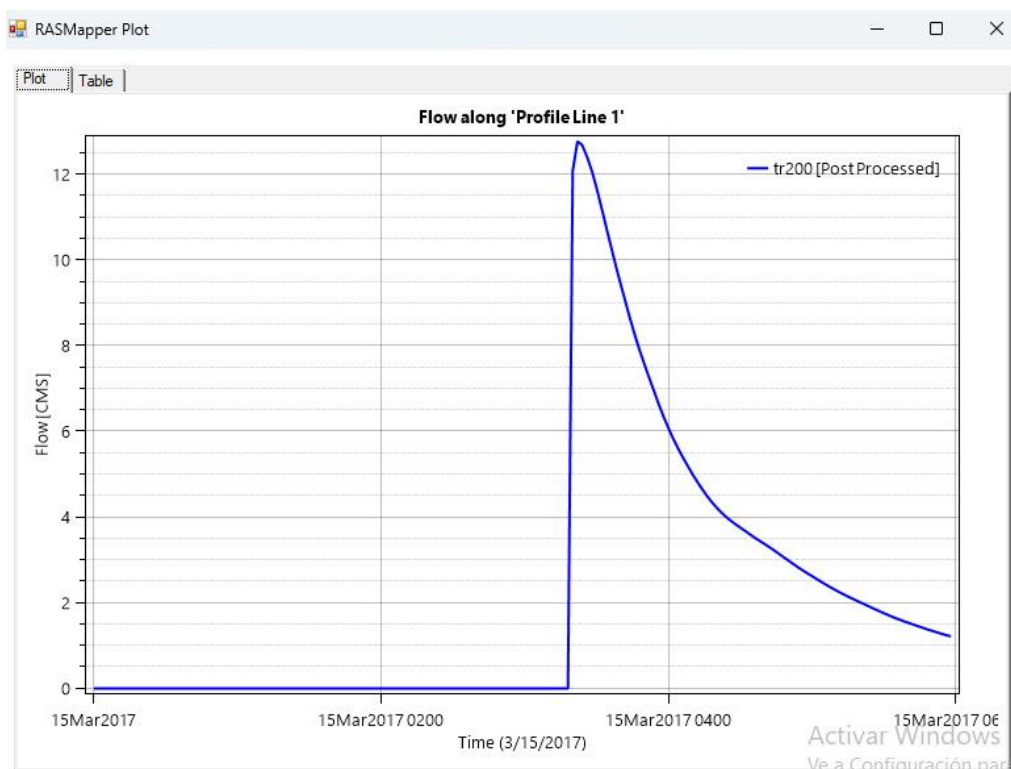
Es preciso considerar que para estos modelos el uso de software hidráulicos como el HEC-HMS y el HEC-RAS son fundamentales para una correcta simulación.

Para el modelamiento de la cabecera de la cuenca de la Quebrada San Idelfonso para el escenario sin proyecto podemos observar que el caudal de salida por las precipitaciones para un periodo de retorno de 50 años es de 10.704 m³/s, para un periodo de retorno de 100 años es de 22.599 m³/s y para un periodo de retorno de 200 años es de 36.391 m³/s, tal como se muestra en los siguientes gráficos.





Para el modelamiento de la cabecera de la cuenca de la Quebrada San Idelfonso para el escenario con proyecto al contar con los diques transversales propuestos en el estudio podemos observar que para el periodo de retorno de 50 años y 100 años los diques si cumplieron con retener y acumular las precipitaciones, mientras que en el periodo de retorno de 200 años los diques no cumplieron con la retención del caudal originado por las precipitaciones dando un valor máximo del caudal de salida de 12.769 m³/s causando desbordes e inundaciones sobre las zonas aledañas.



RECOMENDACIONES

Se recomienda que, para el uso de software hidráulicos, es importante un constante uso y conocimiento sobre las actualizaciones que se van dando a lo largo de los años para una mejor modelación en dichos programas con datos y resultados más precisos y exactos.

Se recomienda también que para un mejor análisis sobre la quebrada en estudio se deben realizar propuestas en varios escenarios y con varios periodos de retorno ya que esto permitirá conocer el actuar del caudal a través de su paso por la cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chow, V. Te. (1985). Hidráulica de Canales abiertos. In *Editorial Mc. Graw Hill*.
- Conesa García, C. (2004). *Los Diques de retención en cuencas de régimen torrencial: Diseño, tipos y funciones*. España.
- Aparacio Mijares, F. J. (1987) *Fundamentos de hidrología de superficie*. Cuernavaca
- Díaz, V., Mongil, J. & Navarro, J. (2014). *Propuesta de una nueva metodología para determinar la efectividad de los diques en la retención de sedimentos*. Madrid.
- Rocha Felices, A. (2013). Introducción a la hidráulica fluvial. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Vergara, M. (1993). *Técnicas de Modelación en Hidráulica*. In *Alfaomega* (p. 294).
- Villon, M. (2002). Hidráulica de Canales. *Lima - Peru*.
- White, F. M. (2006). Mecánica de Fluidos. In *McGraw-Hill*.
- Benavente E., C., Delgado M., F., Gomez V., D., & Luza H., C. (2015) *Evaluación Ingeniero – Geológica de la Quebrada San Juan*. Lima.
- Medina Allca, L, Gonzales Sales, J.J., Ramos Cabrera, W., & La Torre Borda, O. (2017). *Peligros geológicos y geohidrológicos detonados por el niño Costero 2017 en la región La libertad-Cajamarca*. Lima.
- AC PÚBLICA. (2019). *Creación del servicio de protección contra inundaciones en la Quebrada San Idelfonso, en los Distritos de El Porvenir, Trujillo y Victor Larco Herrera de la Provincia de Trujillo - Departamento de La Libertad*. Trujillo.
- Morassutti F., G. (2016). *Manual de diseño de estructuras de corrección de torrentes y retención de sedimentos*. Caracas.
- MTC. (2011) *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima
- Senamhi (2022) *Manual Técnico: Estandarización para el registro de la metadata*. Lima

ANEXOS

