



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Análisis de Inundabilidad Producido por el Río Kattis
en el Distrito de San Andrés Provincia de Cutervo
Región de Cajamarca.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL**

Autor:

Bach. Becerra Eneque Yafanor Agustín

<https://orcid.org/0000-0003-4376-402X>

Asesor:

M.Sc. Ing. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>

Línea de Investigación

**Tecnología E Innovación En El Desarrollo De La Construcción Y
La Industria En Un Contexto De Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación Y Tecnificación En Ciencia De Los Materiales, Diseño E
Infraestructura
Pimentel – Perú**

2023



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy el egresado del Programa de Estudios de la **Escuela Profesional de Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán SAC, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo Titulado:

ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD PRODUCIDO POR EL RÍO KATTIS EN EL DISTRITO DE SAN ANDRÉS PROVINCIA DE CUTERVO REGIÓN DE CAJAMARCA

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico

En virtud de lo antes mencionado, firma:

BECERRA ENEQUE YAFANOR AGUSTÍN	DNI: 47245856	
--------------------------------	---------------	--

Pimentel, 19 de OCTUBRE 2023

REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

Análisis de Inundabilidad Producido por el Río Kattis en el Distrito de San Andrés Provincia de Cut

AUTOR

Yafanor Augustin Becerra Eneque

RECUENTO DE PALABRAS

12496 Words

RECUENTO DE CARACTERES

58099 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

45 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.6MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 30, 2023 4:53 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 30, 2023 4:54 PM GMT-5

● **11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

**ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD PRODUCIDO POR EL RÍO KATTIS EN EL
DISTRITO DE SAN ANDRÉS PROVINCIA DE CUTERVO REGIÓN DE CAJAMARCA.**

Aprobación del jurado

MG. VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO

Presidente del Jurado de Tesis

MG. MEDRANO LIZARZABURU EITHEL IVAN

Secretario del Jurado de Tesis

MG. CESPEDES DEZA JOSE ALFREDO ROLANDO

Vocal del Jurado de Tesis

Dedicatoria

A Dios, por estar siempre a mi lado, guiándome y protegiéndome en cada paso que doy a nivel personal y profesional, en altos y bajos siempre me acompaña, dándome lecciones de vida que me hacen ser cada vez mejor como hijo, como hermano, como profesional.

A mis padres que siempre están conmigo dándome aliento para cumplir mis objetivos, por ser un ejemplo para mi persona, a ellos mi respeto y admiración.

A mis familiares y hogar, por haberme apoyado en todo momento de mi formación, anímica y económicamente, conforme a lo que sus posibilidades estaba.

Becerra Eneque Yafanor Agustín

Agradecimiento

Primeramente, a Dios, por las oportunidades que siempre me brinda, en esta ocasión, la de estar a puertas de culminar mi Carrera Profesional de Ingeniería Civil, algo muy anhelado por mi persona y toda mi familia.

A mis padres por su apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A la Universidad Señor de Sipán, a todo el personal que trabaja en esta casa de estudios, al Personal Administrativo, Docentes, Directores de Escuela, al Rector, alumnos en general, quienes siempre se esforzaron para que nuestra casa de estudios se Licencie, mi agradecimiento y consideración a cada uno de ellos, siempre me sentiré orgulloso de haber formado parte de esta casa de estudios.

Becerra Eneque Yafanor Agustín.

Índice

Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCION.....	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del Problema	21
1.3. Hipótesis	21
1.4. Objetivos	22
1.5. Teorías Relacionadas	22
II. MATERIALES Y MÉTODO	31
2.1. Tipo y diseño de investigación	31
2.2. Variables y operacionalización	32
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	33
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad variables	33
2.5. Procedimiento de análisis de datos	34
2.6. Criterios éticos	34
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
3.1. Resultados en tablas y figuras.	35
3.2. Discusión	52
3.3. Aporte de la investigación.	53
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
4.1. Conclusiones.	54
4.2. Recomendaciones.	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I - Variables de la investigación	32
Tabla II - Elevaciones y áreas de la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc).....	35
Tabla III - Cálculos para la obtención de la altitud de frecuencia media	37
Tabla IV - Cálculos para la obtención de la pendiente media de la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc).....	39
Tabla V - Red hídrica de la subcuenca del río “Mullo - Kattis”.....	39
Tabla VI - Tiempo de concentración de la subcuenca “Kattis” (Mulloc).....	40
Tabla VII - Resumen de los parámetros fisiográficos de la subcuenca “Kattis” (Mulloc). 40	
Tabla VIII - Estaciones de estudio de los cuales se obtuvo la información meteorológica	41
Tabla IX - Registros de precipitación acumulada mensual - anual, enero de 1983 - diciembre de 2013.....	42
Tabla X - Precipitación máxima en 24 horas – mensual completada de la estación “Cutervo”	44
Tabla XI - Precipitación máxima en 24 horas – mensual de la estación “Querocotillo”	45
Tabla XII Precipitación máxima en 24 horas – mensual completada de la estación “Cochabamba”	46
Tabla XIII - Resumen de las precipitaciones máximas en las 24 horas.....	47
Tabla XIV - Caudales de diseño para diferentes periodos de retorno obtenidos con método del “Hidrograma Unitario”	48
Tabla XV - Caudales de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10$ años, obtenido con método del “Hidrograma Unitario”	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ciclo hidrológico del agua.....	23
Fig. 2. Cuenca hidrográfica y sus divisorias del Rio Tempisque, Costa Rica.....	25
Fig. 3. Aspectos a considerar de la cuenca.....	26
Fig. 4. Aspectos a considerar en una cuenca.	26
Fig. 5. La cuenca y sus componentes.	27
Fig. 6. Fenómenos de origen natural.....	30
Fig. 7. Etapas del desarrollo de la investigación.	34
Fig. 8. Curva hipsométrica en función al área acumulada en porcentajes.	35
Fig. 9. Curvas hipsométricas de una cuenca.	36
Fig. 10. Longitud y ancho de la cuenca “Mulloc – Kattis”.....	37
Fig. 11. Rectángulo equivalente de la cuenca “Mulloc – Kattis”.	38
Fig. 12. Avenidas de diseño para diferentes periodos de retorno de la subcuenca “Mullo – Kattis”.	49
Fig. 13. Mapa de calados máximos de la subcuenca del río “Mullo – Kattis” modelados con IBER.	50
Fig. 14. Mapa de caudales específicos máximos de la subcuenca del río “Mullo – Kattis” modelados con IBER.....	50
Fig. 15. Mapa de velocidades máximas de la subcuenca del río “Mullo – Kattis” modelados con IBER.....	51
Fig. 16. Mapa de cotas de agua máximas de la subcuenca del río “Mullo – Kattis” modelados con IBER.....	51

Resumen

La presente investigación tuvo como objeto principal: realizar un análisis de inundabilidad producido por el río “Kattis” (Mulloc), en el distrito de San Andrés, provincia de Cutervo, región de Cajamarca.

La investigación fue del tipo “Básica”, con un diseño No Experimental – Transversal. Como parte de los resultados se efectuó la delimitación hidrográfica de la subcuenca “Kattis” (Mullo) y se obtuvieron los parámetros tales como el área (17.76 km²), perímetro (22.67 km), pendiente (20.21%), e índices como el de forma (0.1536), compacidad (1.51), identificándose que la subcuenca en estudio tiene una forma rectangular con baja susceptibilidad de concentrar avenidas. Asimismo, la subcuenca en análisis tiene un gran potencial erosivo, pues se encuentra en fase de juventud. Por otro lado, habiendo considerado un caudal de 113.13 m³/s para un periodo de retorno de 10 años (zona poblada), se observó que el caudal sigue su curso, presentando desbordes en puntos donde el cauce del río se ve estrechado. Asimismo, se observó que, de presentarse un caudal de dicha magnitud, el poblado de “San Andrés” y “Shitabamba” se vería afectado por el desborde el río, alcanzado calados entre 0.01 m a 1.87 m de nivel de agua; en ese sentido, se recomienda realizar siempre un trabajo de reconocimiento de campo previo que es de suma importancia, pues permite identificar que zonas se verían afectadas producto de una inundabilidad. Finalmente, con fines académicos y comparativos, se recomienda realizar el modelamiento con otros softwares para así contrastar con otros resultados los obtenidos.

***Palabras claves:* Modelamiento, precipitación, caudales, cuenca, inundación.**

Abstract

The main objective of this investigation was: to carry out a flood analysis produced by the "Mullo - Kattis" river, in the district of San Andrés, province of Cutervo, Cajamarca region.

The research was of the "Basic" type, with a Non-Experimental - Cross-sectional design. As part of the results, the hydrographic delimitation of the "Mullo - Kattis" sub-basin was carried out and parameters such as area (17.76 km²), perimeter (22.67 km), slope (20.21%), and indices such as shape (0.1536), compactness (1.51), identifying that the sub-basin under study has a rectangular shape with low susceptibility to concentrating avenues. Likewise, the sub-basin under analysis has a great erosive potential, since it is in its youth phase. On the other hand, having considered a flow of 113.13 m³/s for a return period of 10 years (populated area), it was observed that the flow continues its course, presenting overflows at points where the riverbed is narrowed. Likewise, it was observed that, if a flow of this magnitude occurred, the town of "San Andrés" and "Shitabamba" would be affected by the overflow of the river, reaching depths between 0.01 m to 1.87 m of water level; In this sense, it is recommended to always carry out prior field recognition work, which is extremely important, since it allows identifying which areas would be affected as a result of flooding. Finally, for academic and comparative purposes, it is recommended to carry out the modeling with other software in order to compare those obtained with other results.

Keywords: Modeling, precipitation, flows, basin, flood.

I. INTRODUCCION

1.1. Realidad problemática

Los eventos climáticos suelen ser bastante cambiantes y pueden causar desastres, estos últimos siempre han estado presentes a lo largo del tiempo. Una de sus consecuencias son las inundaciones que resultan de un incremento en la frecuencia de sucesos climáticos. Esto afecta en mayor magnitud a los asentamientos humanos, que son territorios que crecen en un elevado descontrol sobre el uso que les dan a los suelos. [1]

En tanto se menciona que en España se mantiene una estricta razón de análisis de riesgo según normativa, siendo un dato que en los últimos treinta años se ha elevado las situaciones de riesgo a causa de inundaciones, respecto a las áreas consideradas como inundables por uso residenciales. Por estas razones ciertos espacios se encuentran como zonas de peligro, por sus aspectos físico – ambientales y el gran cambio de esta área geográfica. [2]

Para la cuenca procedente del río Koraiyar, de característica semiurbana de la ciudad Tamil Nadu, esta cuenca tiene una frecuencia de presentar cada diez años consecuencias por inundación, este fenómeno logra ser tan devastador que genera muertes y daños en infraestructura. [3]

Según el efecto de una inundación se puede generar la fractura de presas, a base de los valores más elevados de inundación y las honduras de mayor número en el análisis del río. Las inundaciones desatan caos en la población e incertidumbre. [4]

En tanto se menciona que la cuenca de Nagavali, está calificada como de alta frecuencia por eventos de inundación, siendo su ubicación en los Estados de Andhra Pradesh y Odisha. Esta zona presenta una única estación de medición para obtener datos de caudales, otro aspecto que eleva la vulnerabilidad. [5]

Para el río Danubio, en los últimos 50 años ha sido desbordado por más de 20 inundaciones, con uno de sus afluentes como es el río Siret. Esta área entre afluente y el río Danubio, es muy propensa a estos eventos, siendo la inundación que causa más

daño la que se desarrolló en el 2010 con un alcance desastroso en la población, recursos económicos y la naturaleza. [6]

También se habla sobre la reiteración de las inundaciones y la magnitud de estas sobre las personas y el área que ocupan ha incrementado en las inundaciones. Son catástrofes que perjudican a la población y su entorno, y muchas veces el modelado de inundaciones proporciona predicciones para evitar el nivel de impacto que puede causar. [7]

En tanto se dice que las causas del cambio de frecuencia de inundaciones a nivel mundial recaen sobre problemas de calentamiento global. Los resultados de pérdidas de vida y de la economía pueden ser prevenidas con análisis de inundación. [8]

A la vez se sostiene que es frecuente que sucedan inundaciones en la ciudad de Padang, su causa principal la elevación de la altura del mar y el traslado de la desembocadura del río Batang Kandis. Esto fue consecuencia del terremoto del 2009 y la inundación del 2016, que destruyeron el cauce afecta a la población. Principalmente es un problema del río aguas abajo que daña gran extensión del área de la cuenca. [9]

En Marruecos los eventos por inundaciones atacan normalmente la ciudad de Tinghir por intermedio del río Toudgha, pues esta zona presenta una ubicación al sur del Alto Atlas de este lugar. Este valle es caracterizado por ser de mayor peligro a estos eventos con frecuencia anual. [10]

En tanto se sostiene que la cantidad de inundaciones probables a suceder en una zona ya atacada anteriormente, es ascendente y en menor tiempo, las variaciones en el clima y el cambio del empleo de la tierra por deterioro a causa de las inundaciones ya acontecidas, crean mayor vulnerabilidad, esta narración corresponde a la realidad de la zona que rodea al río Nam Phong. [11]

En China las lluvias intensas provocan inundaciones, calificadas como las peores que ha presentado en decenas de años, esto trajo como consecuencias numerosas pérdidas de vidas humanas y económicas, siendo la condición el nivel de alerta críticas en 433 ríos en emergencia. [12]

A la vez se dice que hace poco tiempo el Perú se vio afectado por un evento repetitivo natural de amplias y dañinas fuerzas, el fenómeno del niño trajo como consecuencias masas enormes que se desprendieron por las lluvias torrenciales y ocupaciones de agua producto de los desbordamientos de ríos. Estos sucesos generaron estado de emergencia en el país. [13]

Se manifiesta que los efectos de daños por fenómenos hidrológicos van en aumento en cantidad y frecuencia, esto debido a los cambios climáticos, y es en Perú que se muestran como datos históricos, en 1891 fueron 5 regiones del norte de la costa las afectadas por precipitaciones y huaycos, en 1925 fueron 7 y en 1997 se presentaron 5 con la diferencia que 4 regiones más, solo tuvieron huaycos y 3 más huaycos e inundaciones. [14]

A nivel mundial existe una clasificación que mide el riesgo de agua en cada país, dentro de este registro el Perú ocupa el lugar 66, determinado por un riesgo de inundación fluvial medio alto (2.95), cifra que representa el puntaje sectorial de población, esto respecto al ranking de 164 países evaluados, siendo el más vulnerable Somalia con un indicador de 5. [15]

Se sostiene que, en el gobierno de Martin Vizcarra, la ministra del ambiente en Perú destaca que los residuos pueden mitigar el cambio climático, asegura que la población expuesta a lluvias y heladas puede lograr el cambio mediante actos cotidianos. Se refirió al planteamiento de una solución integral ante los desastres, este planteamiento se enfoca en ver toda la cuenca y encontrar los puntos de ubicación para embalses, muros de contención o áreas de cultivo para hacerle frente a las inundaciones y otros. [16]

En marzo del 2020 el desencadenamiento de los desastres provocados por fuertes lluvias ocurridas en diferentes zonas del Perú, entre ellos Cajamarca; fue la causa para la presentación de un Decreto Supremo donde se declaró en estado de emergencia a dichos distritos por un plazo de 60 días. Las lluvias intensas provocan daños en personas, en estructuras, tierras de cultivos entre otros. [17]

En abril del año 2019 las precipitaciones pluviales se hicieron presentes en Cajamarca y el reportaje emitido en un canal nacional sobre los sucesos desarrollados en la ciudad

de Cutervo, que fueron instantes solo de unos minutos para que las calles se llenen de agua y arrastren lo que hallaban en frente. La lluvia llena de temor a gran parte de la población. Los vehículos como motocicletas fueron arrastradas por dichas corrientes de agua, quedando varios metros más lejos. El deslizamiento de rocas también fue otro hecho que causó el bloqueo de la carretera. [18]

Se sostiene que las precipitaciones pluviales intensas en el distrito de San Andrés, fueron causa, lo que provocó emergencias en las comunidades de la Succha e Illugan. Muchas familias tuvieron que pernoctar en casa de familiares y perdieron cultivos enteros, sus viviendas quedaron destruidas (daños en viviendas), los puentes dañados (vías de comunicación afectadas) y muchas zonas completamente inundadas, al igual que la Institución Educativa “Cristo Jesús”. [19]

En el estudio de título “Determinación del riesgo de inundación en la ciudad de Salamanca (España) mediante análisis de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad” con objetivos de estudiar la posibilidad que se registre una inundación a causa del río Tormes y afecta la ciudad de Salamanca, fijar las zonas y lo que haya dentro que podrían terminar dañadas y calcular cuán vulnerables, expuestas y en peligro se encuentra el área intervenida. Se usó una metodología en base a los softwares ArcMap y HEC – RAS para la simulación de la inundación con periodos de retorno de 5, 50, 100 y 500 años para obtener la velocidad y profundidad. Los resultados mostraron un elevado riesgo a las carreteras, estructuras que están dentro de una zona de 24.15 ha. En conclusión, las probabilidades de eventos naturales provocan efectos que restan en lo socioeconómico y a la vez en pérdidas de personas. [20]

El estudio: “Estimación de áreas vulnerables a inundaciones en zonas urbanas: Morelia, Michoacán, México” con objetivos, de determinar las zonas de probable inundación, a causa del río Grande de Morelia, usando un método hidráulico en el río y uno hidrológico en la cuenca, definir las precipitaciones, la calibración y ajustes del método hidrológico HEC – HMS, identificar el modelado de duración de un día y relacionarlo a frecuencias de retorno de 100 y 500 años. La metodología empleada consistió en demarcar la cuenca usando el software HEC – GeoHMS, para establecer una guía conformada por los ríos, su conexión y las subcuencas, mencionando sus parámetros, datos de la curva de

escurrimiento al grado de subcuenca y el tiempo de retraso. El modelado hidráulico en base al empleo del software IBER. Los resultados muestran al río principal Río Grande, al cual se conectan 4 afluentes. Las precipitaciones máximas en 24 horas demostraron que Morelia tendrá un impacto de 121.55 mm, se identificó un suceso de fecha 20 de setiembre. Se determinó las posibles zonas a inundación, San Lorenzo Itzicuaro, Ampliación del Club Campestre La Huerta, Molino de Parras, Profesor Jesús Romero Flores y la Unidad Deportiva Cuauhtemoc. [21]

En el estudio “Detección de áreas potenciales de inundaciones repentinas usando características de cuencas hidrográficas: Aplicación a la cuenca del río Cau en Vietnam” con el objetivo de encontrar las zonas vulnerables a inundaciones y generar mapas del SIG, usando una metodología de estudio en base a los aspectos físicos, como la inclinación, empleo del suelo, estructura de este anterior y la densidad. Los resultados fueron mapeados, mostrando que del 100% de la zona, tiene probabilidad de inundación de alta intensidad más del 10%, afectando la el norte de la sierra y el este, la mayor concentración tiene un calificativo de 84.35% con probabilidad moderada. Se concluyó que la relación de los resultados, mostraron confiabilidad una vez modelada en el HEC – RAS. [22]

En el estudio denominado “Aplicación de hec-ras (2d) para la generación de mapas de peligro de inundaciones para el río Yesil (Ishim) en Kazajstán” con objetivos de simular las inundaciones en su territorio, con diferentes condiciones en el río Yesil (Ishim), se usó una metodología de modelos hidráulicos, mediante el empleo de los software HEC-RAS (2D) con diferentes frecuencias de tiempo de retorno, de 10, 20 y 100 años respectivamente y el apoyo de un mapa de riesgo. Los resultados encontrados representaron que el riesgo de probabilidad de inundación se intensifica en Zhibek Zhholly y Arnasay, don fueron vulnerados en los tres periodos de retorno y solo con una frecuencia de 100 años se vulnero la zona de Volgodonovka. En conclusión, el asentamiento # 42 no fue vulnerado inundablemente y que el contrarregulador no sobrepaso en los periodos de retorno de 100 años. [23]

En la investigación denominada “Caracterización de la inundabilidad en el estudio del río Guadalete: efecto combinado de mareas y crecidas fluviales” con objetivo examinar la

inundabilidad en la desembocadura del río Guadalete, fijar la altura y la amplitud de las inundaciones en la desembocadura, definiendo el caudal, y los tipos de marea y por último estimar la fiabilidad del análisis. La metodología empleada es una simulación numérica para dos sucesos climáticos reales ya sucedidos en el mismo río y un tercer evento hipotético. Como resultado respecto a los tipos de mareas, según la componente Lunisolar semidiurna * K^2 presenta la mayor frecuencia de 0.08356 horas respecto a su amplitud en metros con 0.995 la componente semidiurna * M^2 . Lo cual indica una próxima marea de 3.99 m, en lo que refiere a la forma de la desembocadura respecto sus pendientes, muestra un elevado aspecto homogéneo, en tanto a su caudal máximo tiene un valor de 200 m³/s. En conclusión, la marea es determinante para los eventos de inundabilidad. [24]

En el siguiente estudio nombrado: “Modelación del riesgo de inundaciones en el estado de Tabasco en el periodo 1961 – 2007”, de objetivos configurar el riesgo productos de inundaciones por consecuencias de situaciones excesivas del clima en Tabasco, usar la teoría de valores extremos para establecer la secuencia de cambios por lluvias extremas, sostener el modelo estadístico mediante datos históricos de lluvias y diseñar un mapa de riesgo por eventos inundables. Su metodología se basó en la metodología de Ordaz para los indicadores y el diseño de mapa de riesgo, la vulnerabilidad será considerada de acuerdo a la impresión de la región por eventos inundables, y los costos de acuerdo a los bienes de los involucrados. El mapa de riesgo registro que el 75.22% de personas se encuentran en el área de mayor humedad del país y respecto a la frecuencia de precipitaciones por periodos de retorno, la vulnerabilidad de los Municipios esta que en Huimanguillo sucederá una precipitación de 250 mm en 5.405 años y de 200 mm en 2.46 años. En conclusión, el mapa de riesgo corrobora los resultados históricos por daños de inundación. [25]

El estudio de nombre “Simulación y predicción de desastres por inundaciones utilizando herramientas HEC – RAS y GIS: un caso del río R DAT aguas abajo” con objetivos de generar una mayor eficiencia en la toma de decisiones para planes sobre vulneración por inundaciones en el río Rdat, la metodología empleada fue gracias a un método de elevación computarizado de topografía para obtener parámetros geométricos del río, los

caudales máximas fueron ingresados en el software HEC – RAS para verificar las predicciones río abajo. Respecto a los resultados se diseñaron mapas de llanuras aluviales gracias al software ArcGis con diferentes frecuencias de retorno, fijando la velocidad del agua, la profundidad y los cambios de tiempos de inundación. Las áreas vulnerables fueron mayormente tierras agrícolas. En conclusión, los mapas indicaron las zonas más vulnerables a ser inundadas. [26]

En el estudio “Uso de imágenes de Sentinel – 1 para evaluar el rendimiento predictivo de un modelo hidráulico”, con objetivos de predecir la amplitud de la inundación empleando imágenes Sentinel – 1, analizar las precipitaciones en el mes de febrero del 2018 en la cuenca del río Pineios. La metodología empleada fue usar el método hidráulico a través de las imágenes ya mencionadas, delimitando la superficie, usando el HEC – HMS y el HEC – RAS como base de análisis para las tormentas en estudio. Como resultados se evaluó las imágenes satelitales, se obtuvo el impacto del modelo hidráulico a base del método hidrológico. En conclusión, se determinó que la rugosidad y la topografía fija un aspecto crítico aguas arriba. [27]

En el estudio “Análisis y soluciones a problemas de inundaciones en el cantón de Oreamuno, Cartago”; la investigación tiene como objetivo mostrar el conjunto de alternativas para la solución de aquellos inconvenientes causados por la inundación en el Cantón de Oreamuno. El autor profundiza en la situación actual y usa una metodología basándose en un modelo hidrológico e hidráulico de la cuenca y concluye según los diferentes escenarios que las subcuencas de las cinco cuencas estudiadas presentan picos para los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años. Especialmente en la cuenca Cipreses y Oratorio, según los resultados presentan un volumen de embalse de 827 m³ y 163 m³ respectivamente, en tanto que la cuenca Chayotillo solo destaca el salto hidráulico oblicuo que bloquea y erosiona su salida en la alcantarilla. [28]

En su estudio “Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad”, el autor enfatiza su objetivo en la evaluación del riesgo generado por una inundación, la investigación presenta una metodología descriptiva utilizando la entrevista en base a dos cuestionarios. Como

resultados se obtuvo que el grado de peligrosidad de la quebrada del cauce del Río Grande, como un riesgo elevado o alto (51 a 75%. El análisis que se desarrolló fue sobre 31 familias cercanas que están incluidas en esta faja marginal de la quebrada. El nivel de vulnerabilidad científica, así como el de tecnológica y educativa resultó ser muy alto (3.45 y 3.30). En su análisis de vulnerabilidad enmarca; la física con un valor de 3.30 puntos, el aspecto de economía con 3.13 puntos, la social con 3.40 puntos, la ideológica con 3.30 puntos, tienen una valoración de peligrosidad alto. Concluyendo que la quebrada muestra un nivel de riesgo alto, también expone alternativas de prevención según aspectos de obras estructurales y aquellas también que son no estructurales. [29]

En su estudio “Percepción de riesgo de las personas que viven en zonas vulnerables de Lima (Perú) durante las inundaciones”. Cuyo objetivo de la investigación fue identificar los aspectos característicos de los seres humanos que viven en estas zonas identificadas como vulnerables, reconociendo sus percepciones sobre estos eventos. Se realizó en base a una metodología de investigación empírica cualitativa, realizando una entrevista a 9 personas vulnerables a estos fenómenos naturales de cuatro distritos de Lima, mediante este hecho se realizó la técnica. Como resultado de la investigación se pudo evidenciar que la percepción de riesgo no es elaborada por aquellos seres humanos que se encuentran en algún determinado peligro ante inundaciones, lo cual consideran sus efectos una amenaza. El autor concluyó en la necesidad realizar investigaciones que creen en las personas una percepción coherente respecto a los efectos que pueden provocar estos desastres. [30]

En su estudio denominado “Determinación de las áreas inundables en los sectores San Pedro y Niño Pobre, según caudales máximos estimados del río Utcubamba, aplicando modelo HEC-RAS y software ArcGIS” el autor tuvo como objetivo determinar las zonas de posible inundación en los sectores denominados San Pedro y Niño Pobre, los cuales se encuentran en el distrito El Milagro ubicado en la provincia de Utcubamba. Usando una metodología de recopilación de información a partir del registro histórico de caudales máximos mensuales desde el año 1977 hasta el 2016, se obtuvo los caudales máximos. Esta información se extrajo de la estación hidrométrica de Cajaruro. También se calcularon los caudales máximos de diseño respecto a tres tiempos de retorno diferentes,

los cuales fueron de 10, 25 y 50 años usando el software HIDROESTA. El tramo de estudio fue de 5 km, al cual se realizó un levantamiento topográfico para tener las características de la geometría y sus secciones transversales. Como resultados las áreas identificadas como inundables son cultivos de arroz, arbustos y pastos. Estos aspectos a considerar sirvieron para asignar el número de Manning. Al obtener los perfiles hidráulicos mediante el modelado en el HEC-RAS y en consecuencia la tecnología SIG se obtuvo los mapas temáticos georreferenciados de las zonas inundables. Por lo que se concluyó que las áreas afectadas están dentro de los territorios de San Pedro y Niño Pobre con 38.84, 51.93 y 70.33 en tiempos de retorno de 10, 25 y 50 años. [31]

En su “Estudio hidrológico de la región Cajamarca 2010 -2011”, el estudio a continuación descrito es de tipo exploratorio, tiene como objetivo general precisar el potencial de recursos hídricos que son obtenidos de las cuencas hidrográficas de la región Cajamarca con fines de planificación gracias al análisis de balance hídrico. Se trabajó con parámetros meteorológicos, geomorfológicos y rasgos ecológicos para obtener el comportamiento hidrológico de dichas cuencas. El avance del estudio se desarrolló en tres diferentes etapas; preliminar, de evaluación y final. En síntesis, se empezó por una acumulación de información para clasificarla mediante la revisión de datos históricos y temperaturas obtenidas gracias a las estaciones meteorológicas y la aplicación de modelos matemáticos. Mediante el uso de las cartas nacionales se obtuvo la red hidrográfica, la cual se clasificó y en consecuencia se obtuvo caudal tributario y por consiguiente de cada río, con lo que se construyó un mapa hidrográfico. En la segunda etapa se analizó la información obtenida y acumulada para obtener coeficientes de aspecto ecológico, producto de modelos matemáticos y de escorrentía superficial, lo cual sirvió para el ordenamiento territorial. En la última etapa se trabajó con un software de nombre ArcGIS 9.3, y se obtuvo el mapa hidrológico. [32]

La necesidad de vivir seguros es importante y es así que señalamos que en el 2015 – 2016 fue publicado “La identificación de poblaciones vulnerables por activación de quebradas”, este documento que se llevó a cabo a 13 Autoridades administrativas de agua, y estas comprendían 21 regiones de nuestra nación, siendo su finalidad ser una herramienta de gestión, que está a disposición de los gobiernos en nuestro territorio.

Esto pretendió reducir el peligro hidrometeorológico, en tanto la ocurrencia de desastres naturales que provocó grandes pérdidas en la población, frente a ello este estudio es importante. Así también el efecto de los diferentes sucesos son diversos y suceden en muchas zonas de nuestro país, lo que impide el buen desarrollo de nuestra economía y perjudica a poblaciones enteras [33], siendo la Región de Cajamarca unas de las que crece cada día más, al igual que la magnitud de los fenómenos naturales conforme pasa el tiempo. Esto a causa de los cambios bruscos por los daños que sufre el planeta y por la acción de la contaminación del hombre, existen estudios que muestran a la región de Cajamarca, provincia de Cutervo, el distrito de San Andrés de Cutervo expuesta a peligros junto a otros 05 distritos de esta provincia [34], por lo mencionado se desarrolló dicha investigación, la cual se sostiene principalmente en el estudio del río Kattis Muyoc, para emitir información sobre las diferentes manifestaciones de la precipitación (estimación de inundación) en esta zona, de cumplirse la hipótesis enunciada, los resultados obtenidos en esta investigación estarán disponibles para nutrir la escasa información existente y servirá de base para estudios posteriores en temas de mitigación de desastres, identificación de áreas vulnerables, proyectos integrales, modelización hidráulica o hidrológica, desbordes de ríos y contribuirá a la gestión, control y prevención de daños sociales y económicos del distrito de San Andrés de Cutervo quien requería un análisis más particular de este fenómeno por la población que ahí vive y la vulnerabilidad que su territorio representa.

1.2. Formulación del Problema

¿Como influye el análisis de inundabilidad producido por el río Mullo - Kattis en el distrito de San Andrés, provincia de Cutervo, región Cajamarca?

1.3. Hipótesis

El análisis de inundabilidad producido por el río Kattis (Mulloc) es de magnitud muy elevada.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar un análisis de inundabilidad producido por el río “Kattis” (Mulloc), en el distrito de San Andrés, provincia de Cutervo, región Cajamarca.

1.4.2. Objetivo Especifico

- Determinar los parámetros geomorfológicos de la subcuenca.
- Determinar hidrogramas sintéticos para diferentes períodos de retorno en el río Kattis (Mulloc).
- Determinar zonas inundables usando del software IBER.

1.5. Teorías Relacionadas

1.5.1. Variables Independiente

1.5.1.1. El clima

Denominado como un recurso con características de moldear las condiciones ambientales de nuestro planeta, podría contemplarse como el eje de cambio, pues de su comportamiento de él, es el resultado de la variación de la intensidad de calor, la humedad, entre otros. [35]

1.5.1.2. Importancia del agua y ríos

El recurso del agua es de característica finito cuantitativamente, los diferentes ecosistemas, las energías obtenidas a través del agua, la producción de la tierra, ya sea en frutas, vegetales y la transformación de estos o materia prima para la economía de un país están cercanamente ligados al agua como factor estratégico político y social. [36]

Se indica que los cambios del clima hacen poner énfasis en los elementos de la hidrosfera de la tierra como son lagunas y los lagos, también quienes determinan su variabilidad son los aspectos antrópicos. [37]

El líquido fundamental de todo ser vivo es el agua, es de carácter natural y se le puede hallar en el medio ambiente en diversos estados o formas. Mayormente cuando se denota el termino agua, uno piensa en aquello que está en constante movimiento. El agua forma parte del denominado ciclo natural hidrológico (Figura 1), en el cual se manifiesta en diferentes estados, en la etapa de precipitación como lluvias, nieve o granizo, como vapor de agua o nubes, en el proceso de infiltración, en el recorrido de los ríos, evapotranspiración, como escorrentía superficial o subterránea, formación de acuíferos, quebradas, también en los lagos y océanos. [38, pp. 16 - 18].

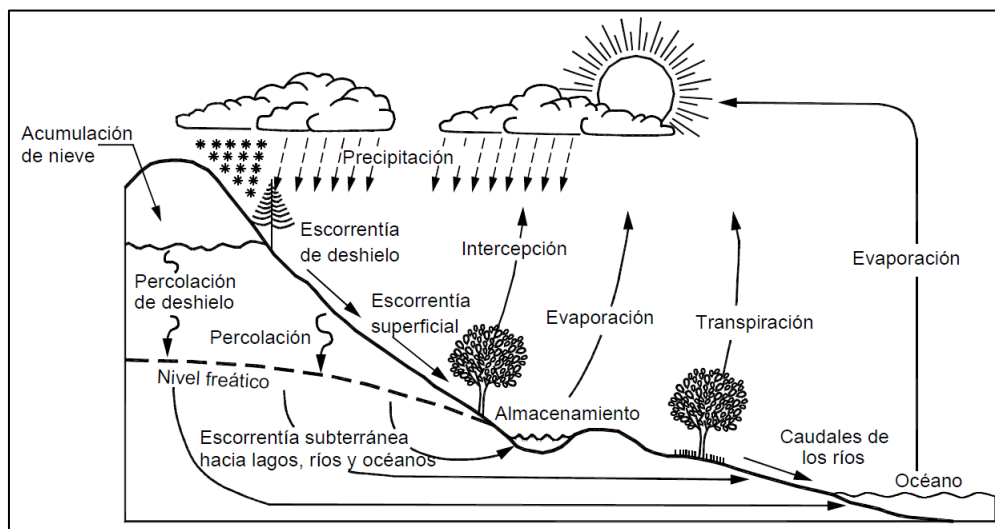


Fig. 1. Ciclo hidrológico del agua.

Nota: Adaptado de [38].

1.5.1.3. Lluvias

Origen de la precipitación

La causa de estos eventos son los diferentes fenómenos atmosféricos que tienen su origen en las nubes y estos son:

Tormentas: Se caracteriza por que se produce en poco tiempo (45 minutos) y mayormente son intensas y duran poco.

Precipitación estratiforme: Se tarda en producirse varias horas, son de poca intensidad y tiempo de duración más prolongado.

Precipitación orográfica: Se origina cuando los frentes nubosos atropellan una cordillera y mientras más altitud, estas precipitaciones son más fuertes.

Clusters: Ocurre en zonas donde los vientos convergen y abarcan áreas de 50000 km² (Smith, 1993). Puede durar varios días, ser de gran intensidad y provocan gran inestabilidad en el clima tropical. Estos eventos pueden ser la causa de huaicos o avalanchas.

El niño y la niña: Producto de anomalías de clusters se crean precipitaciones muy altas en zonas como Ecuador, la costa de Venezuela y Perú.

Los huracanes: Produce vientos grandes y fuertes lluvias, siendo una fuente de erosión en México y Centroamérica.

Las montañas y las cordilleras actúan como un obstáculo ante el paso del aire y en zonas donde existen si existen la precipitación ocurre antes de la divisoria, sin embargo, donde no existen o son menos altas la precipitación ocurre pasada esta. [39].

Medición de la precipitación

Las precipitaciones o lluvias representan la causal agresiva de traslación de masas en la Tierra, y determinación de los eventos meteorológicos y el ciclo del agua. Ante un perjuicio de las precipitaciones puede resultar fenómenos naturales como inundaciones, sequias, entre otros [40].

El comportamiento de las precipitaciones, desencadena cambios directos sobre el recurso de capacidad de agua, el empleo de este mismo, la manera de administrarlo y su impacto en la naturaleza. De tal manera que, al analizarse las precipitaciones, se busca una información histórica [41].

La medida de la precipitación está determinada por su altura y mayormente las unidades usadas para expresar este valor son los milímetros.

Instrumentos de medición

Pluviómetro: Son depósitos pequeños con una probeta en el interior, la cual se toma la medida cada 24 horas.

Totalizadores: Son depósitos grandes con capacidad de 150 litros, mayormente se toma medida una vez al año.

Pluviógrafos: Estos instrumentos registran la precipitación en intervalos de tiempos cortos de manera automática y continua. Estos datos los registran en un pluviograma, donde intercepta la precipitación acumulada por tiempo.

1.5.1.4. Cuencas

Una cuenca hidrográfica es la delimitación por medio de trabajos de topografía para obtener un área natural determinada (Figura 2), esta encierra un río principal, este es aquel que lleva mayor caudal de agua (el máximo o el da mayor longitud), siendo el concepto propio de río principal arbitrario. Este río va acompañado con sus arterias o afluentes que son las quebradas, los ríos y arroyos; los cuales llegan a un río más grande, al océano o a un lago. Se denomina divisorias a este límite que dividen las cuencas. (GWP e INBO, 2009; Global Water Partnership Central America, 2013).



Fig. 2. Cuenca hidrográfica y sus divisorias del Río Tempisque, Costa Rica

Nota: Adaptado de OET, 2005

Mencionando también que parte de la cuenca es también el área subterránea, siendo diferentes los límites de la cuenca hidrográfica, que la superficial a la hidrológica que es la subterránea (Figura 3).

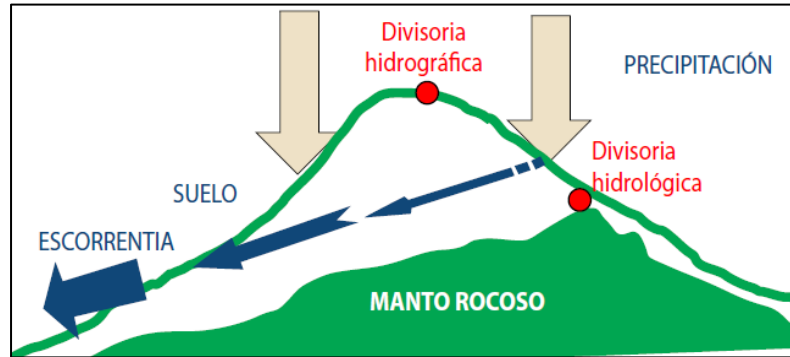


Fig. 3. Aspectos a considerar de la cuenca

Nota: Adaptado de [42].

Entre las acepciones se diferencia a la cuenca como el sistema integrado por un conjunto de subcuencas o microcuencas, la subcuenca es la representación de la integración de varias microcuencas de característica que drenan con caudal (volumen de agua que es conducida en la frecuencia de un determinado tiempo, mayormente expresado en metros cúbicos por segundo) permanente y variado a un solo cauce. La microcuenca esta a su vez conformada por el drenaje directo que abastece las quebradas (Figura 4) [43].

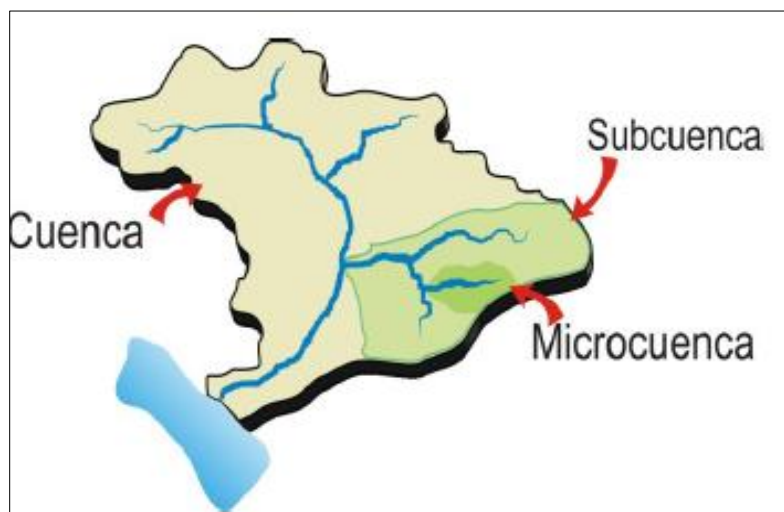


Fig. 4. Aspectos a considerar en una cuenca.

Entre las partes de la cuenca presentamos a la cuenca alta, media y baja hasta su transición a la zona costera (Figura 5).

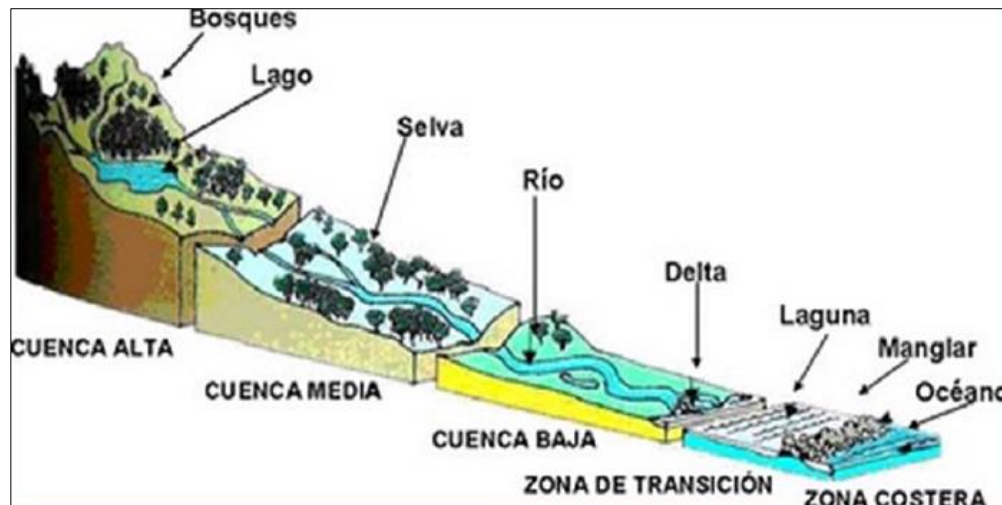


Fig. 5. La cuenca y sus componentes.

Nota: Adaptado por [44].

1.5.1.5. Aspectos geomorfológicos.

La obtención de resultados geomorfológicos mediante técnicas cuantitativas son empleadas con frecuencia, basándose en el planímetro y topografía. También en base a datos geomorfológicos se puede realizar un análisis hipsométrico, donde se puede trabajar con curvas de pendientes y frecuencias de altitudes necesarias para estudio de cuencas [45].

Un aspecto a considerar es la profundidad de disección, que su finalidad es encontrar la magnitud de erosión provocada por los ríos. Determinando este resultado según una frecuencia de tiempo [46].

1.5.1.6. Información hidrológica.

Es característicos de estos datos que muestren cierta inexactitud, por la cual siempre es importante calibrar esta información. Trabajarlas con errores no equilibrados, puede provocar inútil el desarrollo de análisis en base de estos datos [47].

1.5.2. Variable Dependiente

1.5.2.1. La inundación

Esta dada como una variación y continuo daño de la naturaleza, que provocan catástrofes en la población y el territorio. Las inundaciones son el resultado de las precipitaciones intensas, también está dentro de esta clasificación las asociadas a huracanes que provoca una cantidad sobre lo normal de agua en los ríos, hasta generar su desborde [48].

También llamadas llanuras aluviales, crean espacios de respuesta a situaciones de crecidas de ríos, donde el equilibrio incisión y la colmatación surgen drásticos cambios. Las crecidas lograr topar su máxima altura y se trasladan con una fuerza superior a su caudal habitual generando mayor sedimentación [49].

Las causas de las llanuras aluviales, obedecen a un aspecto genérico, pero situacionalmente son diferentes. De la variedad de estudios existentes se puede mencionar que las precipitaciones en exceso de frecuencias altas pueden ser determinantes para cuencas de gran tamaño, sin embargo, en cuencas de tamaño pequeño basta que sea de corta duración para generar una inundación [42].

Sus efectos pueden causar desde desplazamientos altos de masas, incremento del ancho de los canales, mayor medida de profundidad, desplazamiento de la ubicación de estos canales, variabilidad en sus condiciones, desgaste en su suelo y nuevas zonas de acopio de sedimentos [50].

Los estudios realizados en el mundo, muestran una significancia importante de respecto a los eventos hidrológicos ocurridos históricamente, representando un 50% de esta totalidad [51].

1.5.2.2. Gestión de inundaciones naturales.

La función esencial es participar para reducir los efectos de las inundaciones en una determinada cuenca, sin embargo, su ejecución normalmente esta direccionada con

otros intereses como dar mejoras en lo medioambiental, en las propiedades del agua, el uso del recurso, etc. Todas estas regulaciones son trabajadas agua río abajo mediante modelos hidrológicos. En tanto las aguas río arriba son las que estarán en condiciones de equilibrar las descargas [52].

Las precipitaciones – escorrentías son base para calcular la hidrología de la cuenca y seguir métodos hidrodinámicos en las inundaciones [53].

Estas precipitaciones corresponden a registros históricos, mediante acceso a archivos o bases de datos que pertenezcan a dicha cuenca en estudio [54].

El desarrollo de trabajos de análisis de inundabilidad se basan en la medida de del caudal, la altura de la lámina de agua y la ocupación de la zona inundada, según el modelo hidráulico que se emplee. La fuente sostenible para ejercer esta modelo ya mencionada, suele ser el levantamiento por posicionamiento global, los resultados topográficos de la superficie, el empleo de cartografía con curvas de nivel, o a decisión del investigador la mezcla de ellas [55].

Los enfoques para su estudio suelen ser diversos, entre ellos el proceso racional de Temez suele ser muy empleado en España, que sosteniéndose en software de modelación hidrológica obtienen zonas de probable inundación [56].

1.5.2.3. Conjunto de software usados en inundaciones.

Entre los modelos de análisis se conocen los softwares IBER, HEC-RAS, Delft3D, MIKE11, CE-QUAI-W2, WASP y EFDC, la simulación mediante estos instrumentos permite un panorama más cercano de la realidad [57].

El avance del software HEC-RAS, ha desarrollado cálculos en 2D, con sustento en ecuaciones dinámicas y de onda de difusión. Y actualmente se puede en el dominio de dos dimensiones simular las precipitaciones por cada celda [58].

Otro software importante el HEC – HMS, que es bastante útil para modelar acontecimientos de lluvia y corrientes de agua de cuencas mediante un proceso

constituido con un registro de información. Es básico para el empleo en parámetros hidrológicos y se simula las precipitaciones a nivel de un sistema integrado [59].

1.5.2.4. Clasificación de los peligros según eventos naturales.

La inundación representa una clasificación de peligro latente en nuestro país, su estudio es agrupado junto con otros sucesos de origen natural, y son así como se identifican y se caracterizan [60].

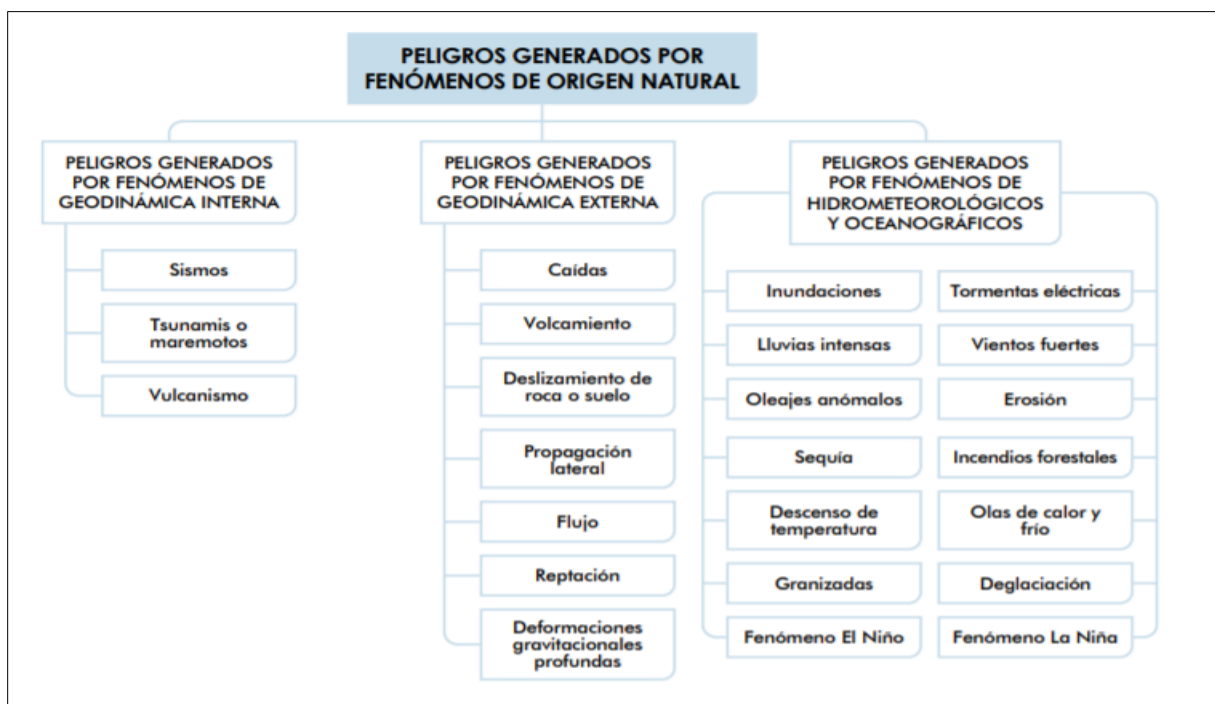


Fig. 6. Fenómenos de origen natural.

Nota: [60, p. 21].

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

La presente investigación es del tipo “Básica”, al respecto, Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014 [61], definen este tipo de investigaciones como un proceso sistemático, en el que se recolectan datos para explicar y probar hipótesis en función al análisis numérico y estadístico de resultados, con el objeto de definir un patrón de comportamiento.

Diseño de investigación:

El diseño de la investigación fue del tipo “No Experimental – Transversal”, en el que se emplearon registros ya observados de precipitación para generar caudales de diseño con los cuales se realizó el modelamiento en el software IBER y se obtuvieron datos que determinaron el área de inundabilidad del poblado de “San Andrés”. Asimismo, se tomó como periodo de análisis 31 años de registros, es decir datos desde 1983 al 2013.

2.2. Variables y operacionalización

Tabla I - Variables de la investigación

Variable (Teoría de la hipótesis)	Dimensiones	Indicadores	Medición o ítem	Técnica e instrumento de recolección de datos
Variable independiente: Precipitación	Características físicas de la cuenca del río	Área	Km ²	Análisis documental. Guía de observación.
		Perímetro	km	
		Pendiente	%	
		Elevación	msnm	
Variable dependiente: Análisis de inundabilidad	Variables hidrológicas	Precipitación	mm	
		P _{máx24H}	mm	
		Intensidad	mm/h	
Variable dependiente: Análisis de inundabilidad	Variables hidrológicas	Periodo de retorno	años	
		Tiempo de concentración	horas	
		Caudal	m ³ /s	
		Zonas inundadas	Km ²	

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

2.3.1. Población de estudio

La población estuvo conformada por las cuencas de la vertiente del Atlántico.

2.3.2. Muestra.

Se empleó el muestreo No Probabilístico por Conveniencia, por lo que la unidad de muestreo fue la Intercuenca Alto Marañón IV, perteneciente a la vertiente del Atlántico, específicamente el tramo del río Chamaya denominado “Kattis” (Mulloc).

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad variables

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Se empleó la técnica del análisis documental (en esta se revisó información bibliográfica, de revista, estudios, casos, libros, videos y mapas citándolos correspondientemente) y la observación (esta pudo ser desarrollada para evaluar el comportamiento del río, las características de la zona de la subcuenca y límites).

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Se empleó la guía de observación.

2.4.3. Confiabilidad de datos

Validez: El estudio se desarrolló en base a una validez de constructo, pues se midió el grado de inundabilidad, mediante ciertas características, como las precipitaciones máximas, caudal del río, entre otros. Con ello se buscó inferir las características del comportamiento del río respecto a un evento de inundabilidad.

Confiabilidad: Se empleó el método Test-retest para obtener una cercanía de datos.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.5.1. Método de análisis de datos

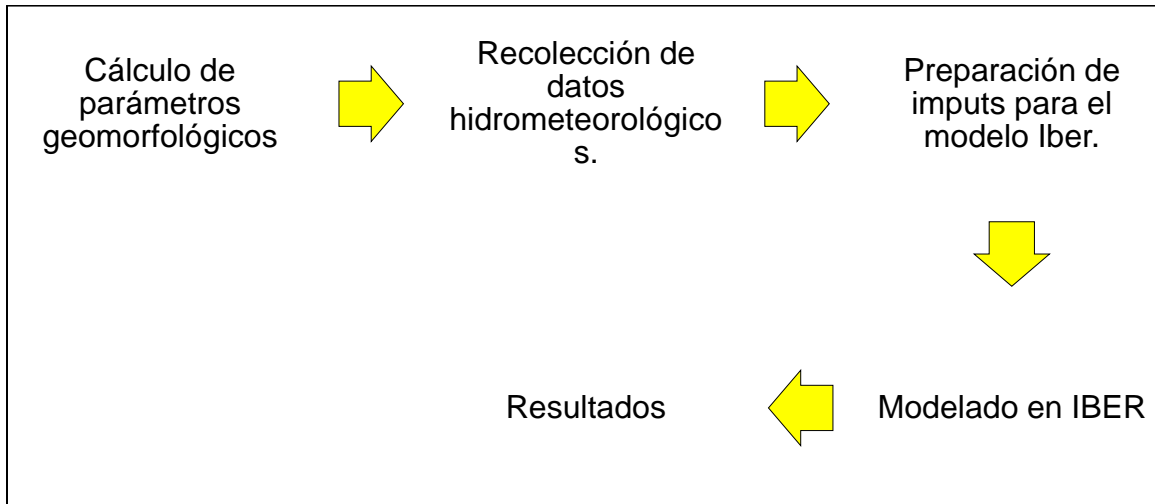


Fig. 7. Etapas del desarrollo de la investigación.

2.5.2. Procedimiento

Se recabó información mediante la observación y análisis documental de entidades técnico-científicas como el SENAMHI y USGS; de los cuales se obtuvo información meteorológica y topográfica respectivamente. En base a dicha información se delimitó la subcuenca del río Kattis (Mulloc) y se modeló las áreas de inundabilidad con el software IBER.

2.6. Criterios éticos

Se respetó la propiedad intelectual, promoviendo la metodología científica, siendo transparente en los criterios e información empleada en este proyecto, en base a los principios generales y principios específicos establecido en los Art. 5 y Art. 6 en el Código de Ética en Investigación de la USS S.A.C.

La importancia en la transparencia, el respeto de la propiedad intelectual y las referencias bibliográficas científicas demuestran el detalle de este estudio para obtener resultados serios.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Resultados en tablas y figuras.

3.1.1. Delimitación hidrográfica de la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc).

Tabla II - Elevaciones y áreas de la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc).

N°	Elevación (msnm)			Área (Km ²)			
	Z _{mínimo}	Z _{máxima}	Z _{media}	Por intervalo	% Por intervalo	Acumulado	% Acumulado
01	2052.00	2190.00	2139.00	0.73	4.11 %	17.76	100.00 %
02	2191.00	2307.00	2248.00	0.96	5.42 %	17.03	95.89 %
03	2308.00	2427.00	2367.00	1.26	7.12 %	16.07	90.47 %
04	2428.00	2542.00	2489.00	1.20	6.77 %	14.81	83.35 %
05	2543.00	2653.00	2594.00	1.60	9.00 %	13.60	76.58 %
06	2654.00	2765.00	2711.00	1.78	9.99 %	12.01	67.58 %
07	2766.00	2871.00	2822.00	1.82	10.22 %	10.23	57.59 %
08	2872.00	2973.00	2923.00	2.27	12.79 %	8.41	47.37 %
09	2974.00	3075.00	3023.00	2.02	11.39 %	6.14	34.58 %
10	3076.00	3176.00	3128.00	1.95	10.98 %	4.12	23.19 %
11	3177.00	3285.00	3222.00	1.62	9.12 %	2.17	12.21 %
12	3286.00	3480.00	3331.00	0.55	3.09 %	0.55	3.09 %
TOTAL				17.76 km²	100.00 %		

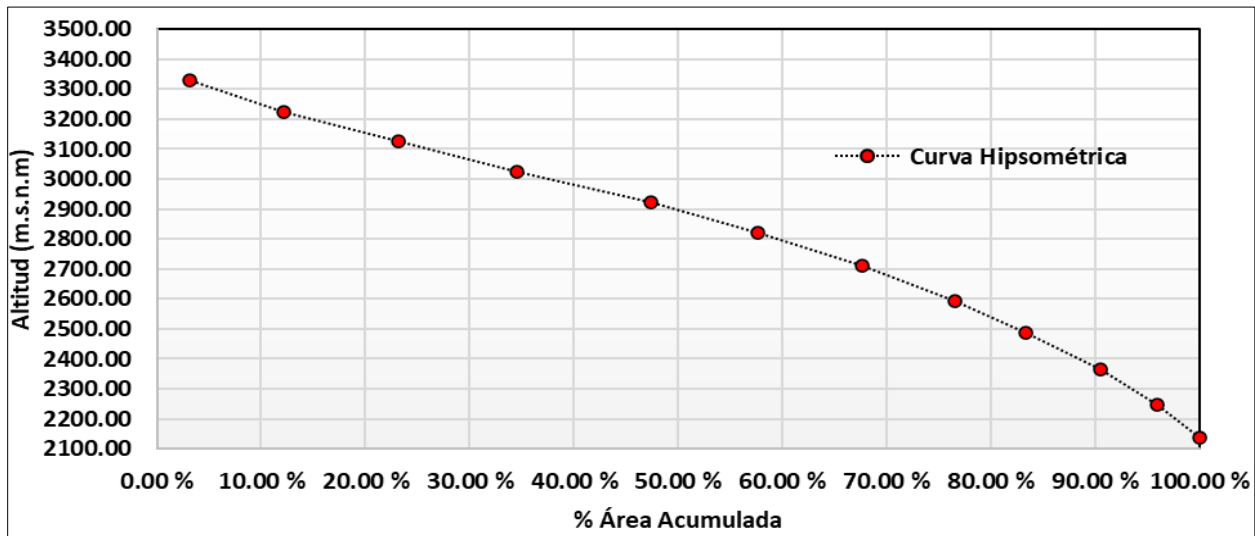


Fig. 8. Curva hipsométrica en función al área acumulada en porcentajes.

En la Tabla II se muestra los valores de elevaciones y áreas, en este caso doce intervalos, detallando en la primera columna de la tabla la mínima y máxima elevación, y en la segunda en términos porcentuales independientes, acumulados y saldos. Asimismo, en la Fig. 8 que se desprende de la Tabla II, se muestra la superficie acumulada en porcentaje de la subcuenca sobre la cota 2100 msnm.

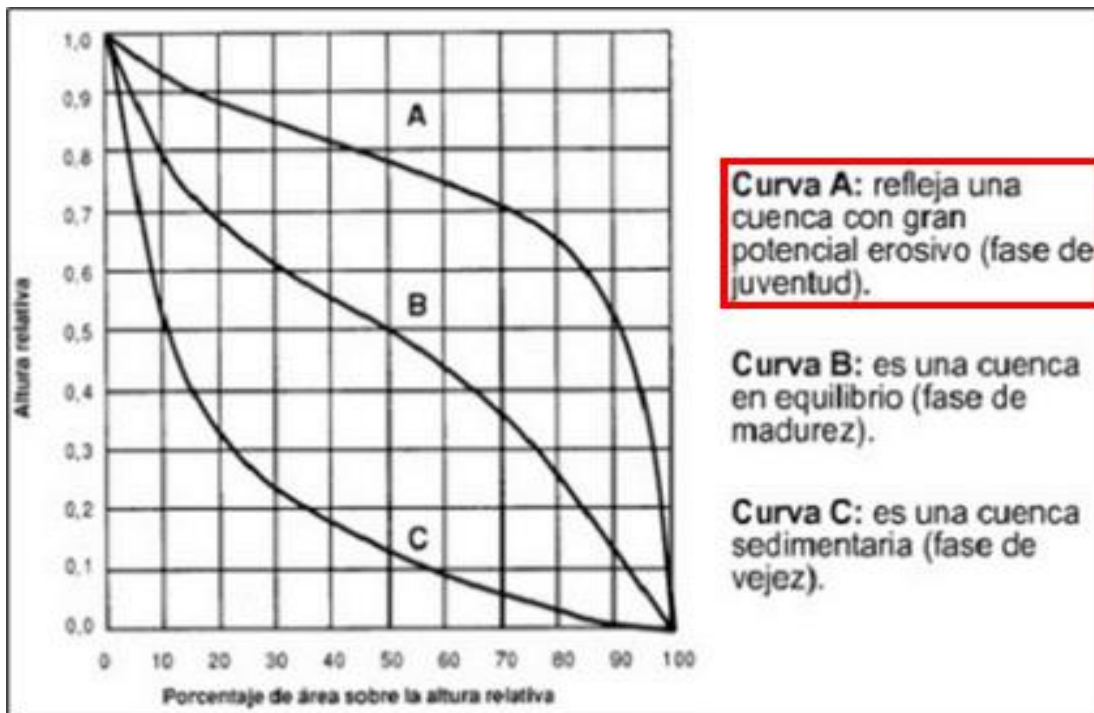


Fig. 9. Curvas hipsométricas de una cuenca.

De la Fig. 9 se concluye que se tiene una Curva del tipo “A” que refleja una subcuenca con gran potencial erosivo en fase de juventud.

Tabla III - Cálculos para la obtención de la altitud de frecuencia media

N°	Elevación (m.s.n.m)			Área (Km ²)	a x Z _{media} (km ² -msnm)
	Z _{Mínimo}	Z _{Máxima}	Z _{media}	a (km ²)	
01	2052.00	2190.00	2139.00	0.73	1561.57
02	2191.00	2307.00	2248.00	0.96	2164.60
03	2308.00	2427.00	2367.00	1.26	2992.98
04	2428.00	2542.00	2489.00	1.20	2992.85
05	2543.00	2653.00	2594.00	1.60	4146.43
06	2654.00	2765.00	2711.00	1.78	4812.07
07	2766.00	2871.00	2822.00	1.82	5124.90
08	2872.00	2973.00	2923.00	2.27	6638.89
09	2974.00	3075.00	3023.00	2.02	6115.94
10	3076.00	3176.00	3128.00	1.95	6101.51
11	3177.00	3285.00	3222.00	1.62	5220.99
12	3286.00	3480.00	3331.00	0.55	1827.81
TOTAL				17.76 km²	49700.54

En la Tabla III se observa los valores de las cotas máximas y mínimas por rango de clasificación y el área en cada una, con ello se determinó que la altitud de frecuencia media es de 2797.90 msnm.

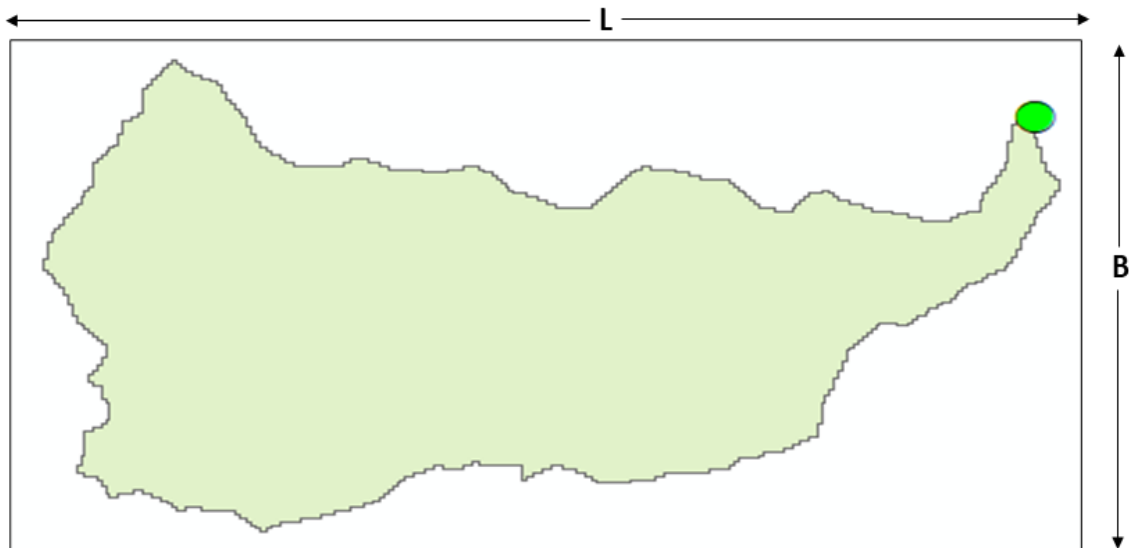


Fig. 10. Longitud y ancho de la cuenca "Kattis" (Mulloc).

La Fig. 10 representa el Shape File de la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc), obtenido con el software ArcGIS. En esa línea, se obtuvo un Factor de Forma de $F = 0.1536$, el mismo que representa que se tiene una subcuenca estrecha con baja susceptibilidad de concentrar avenidas.

Por otro lado, el índice de Compacidad (índice de Gravelious) obtenido de la subcuenca, fue 1.51, el mismo que representa que la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc) es de forma oblonga a rectangular, con baja susceptibilidad de concentrar avenidas.

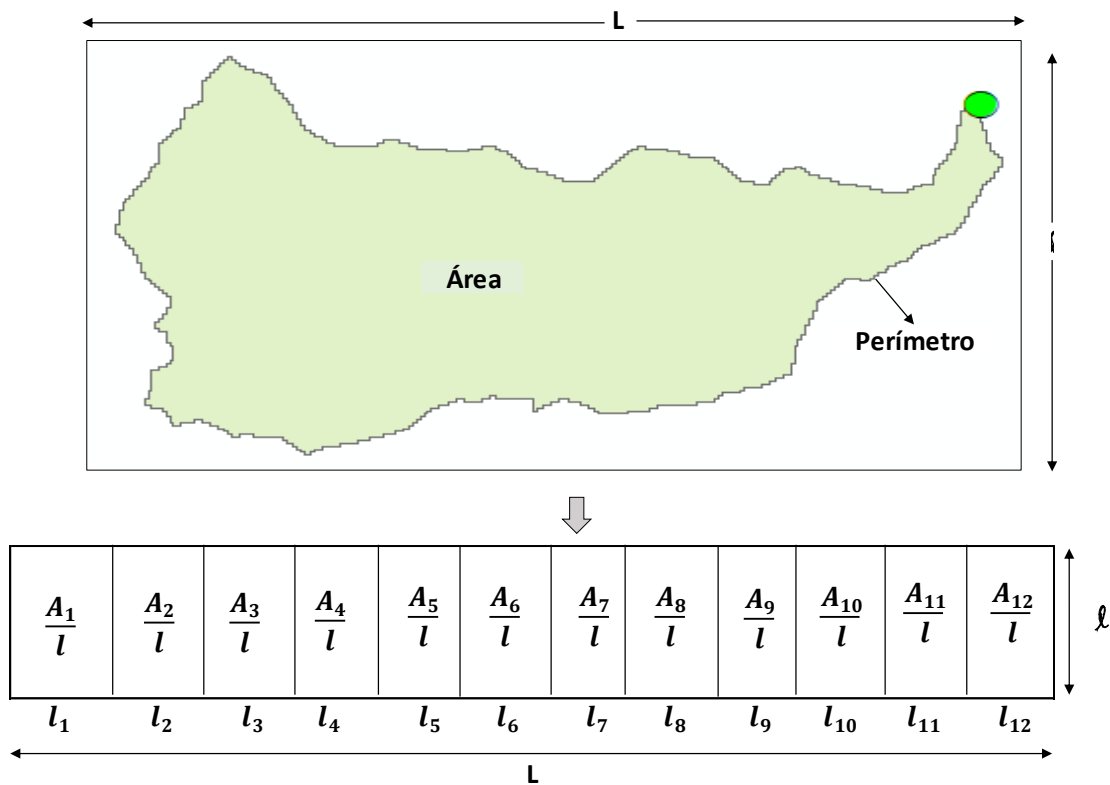


Fig. 11. Rectángulo equivalente de la subcuenca “Kattis” (Mulloc).

La **Fig. 11** muestra que el lado mayor del rectángulo equivalente es de $L = 9.46$ km; asimismo, el lado menor es de $l = 1.88$ km

Tabla IV - Cálculos para la obtención de la pendiente media de la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc).

N°	OCURRENCIA	S_{mínima} (%)	S_{máxima} (%)	S_{media} (%)	OCUR * S_{media}
01	2167.00	0.00	8.33	4.17	9029
02	5496.00	8.33	16.67	12.50	68700
03	5815.00	16.67	25.00	20.83	121146
04	3167.00	25.00	33.33	29.17	92371
05	1199.00	33.33	41.67	37.50	44963
06	444.00	41.67	50.00	45.83	20350
07	190.00	50.00	58.33	54.17	10292
08	80.00	58.33	66.67	62.50	5000
09	30.00	66.67	75.00	70.83	2125
10	17.00	75.00	83.33	79.17	1346
11	5.00	83.33	91.67	87.50	438
12	4.00	91.67	100.00	95.83	383
Suma	18614.00				376142
		Pendiente promedio %			20.21 %

De la Tabla IV se tiene que la pendiente promedio de la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc), por reclasificación de áreas, es de 20.21%.

Tabla V - Red hídrica de la subcuenca del río “Mullo - Kattis”

Orden	N° total de ríos	L. total de ríos (km)	Longitud promedio de ríos (km/río)
1	5	4.36	0.8715
2	2	3.41	1.7044
3	2	4.82	2.4117
Total	9	12.59 km	4.9876 km/río

La Tabla V muestra el orden de los ríos de la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc), el cual refleja el número de ramificaciones con sus respectivas longitudes en km obtenido con el software ArcGis. En ese sentido, el río “Kattis” (Mulloc), es de orden 3.

Tabla VI - Tiempo de concentración de la subcuenca “Kattis” (Mulloc).

Fórmulas	Tc (Horas)
1.- Fórmula de Kirpich (1940).	0.76 h
2.- Fórmula de California Culverts Practice (1942).	0.90 h
3.- Fórmula de George Rivero.	3.63 h
4.- Fórmula de Izzard (1948).	2.47 h
5.- Fórmula de la Federal Aviation Administration (1973).	1.04 h
6.- Ecuación de la Onda Cinemática Morgall y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973).	2.26 h
7.- Fórmula de Retardo del SCS (1973).	2.10 h
8.- Fórmula Australiana.	2.70 h
9.- Fórmula del SCS.	1.45 h
10.- Formula de U.S. Corps of Engineers.	2.47 h
11.- Fórmula de Giandotti.	0.88 h
12.- Fórmula de U.S. Hathaway.	1.26 h
∑ Promedio	1.83 h

En la Tabla VI se muestra que el tiempo de concentración de la cuenca es de 1.83 horas.

Tabla VII - Resumen de los parámetros fisiográficos de la subcuenca “Kattis” (Mulloc).

Descripción	Unidades	Valor
De la superficie		
Área de la cuenca	km ²	17.76
Perímetro de la cuenca	km	22.67
Cotas		
Máxima	msnm	3480.00
Mínima	msnm	2052.00
Altitud		
Altitud media	msnm	2797.90
Altitud más frecuente	msnm	2923.00
Pendiente		
Pendiente de la cuenca	%	20.21
De la red hídrica		
Orden de la red hídrica	und	3
Longitud de la cuenca	km	9.46
Longitud del cauce principal	km	10.75

Longitud de la red hídrica	km	12.59
Características morfológicas		
Índice de compacidad (kc)	----	1.51
Factor de forma (F)	----	0.15
Ancho medio	km	1.88
Desnivel altitudinal	m	1428.00
Densidad de drenaje	km/km ²	0.71

3.1.2. Análisis y tratamiento de la información hidrometeorológica a escala diaria de la subcuenca del río “Kattis” (Mulloc).

Para el presente estudio se emplearon datos de precipitación desde el 01/01/1983 hasta el 31/12/2013, es decir, 31 años de información, resultando un total de 11323 registros diarios por cada estación (ver Tabla IX). Se estudiaron 03 estaciones pluviométricas aledañas al río en estudio, las cuales pertenecen a la misma vertiente del Atlántico y se obtuvo de la base de datos del SENAMHI: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Tabla VIII - Estaciones de estudio de los cuales se obtuvo la información meteorológica

N°	Estación	Tipo / Cód.	Cuenca / vertiente	Departamento	Coordenadas geográficas		
					Elevación (msnm)	Latitud	Longitud
01	Cutervo	CO-352/DRE-02	Chamaya / Atlántico	Cajamarca	2668	6° 22' 46.7"	78° 48' 18.44"
02	Querocotillo	PLU-3109/DRE-02			1970	6° 16' 25.16"	79° 2' 13.04"
03	Cochabamba	CO-353/DRE-02			1653	6° 27' 36.32"	78° 53' 18.97"

ausencia de datos desde julio de 1983 a noviembre de 1986. Fue así que los datos de la estación “Cutervo” y la estación “Cochabamba” se completaron con la información de la estación “Querocotillo”, las mismas que pertenecen a la vertiente del “Atlántico”.

Por otro lado, para la completación de los datos faltantes, se empleó el método de “Proporción Normal”, por lo que a continuación se presentan estos registros ya completados.

Tabla X - Precipitación máxima en 24 horas – mensual completada de la estación “Cutervo”

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	P. máx.	Σ
1983	5.6	11	3.6	36	16	4	10	4	5	19	38	16	38.00	168.20
1984	16.4	19.2	8	13	6	3.16	1.90	2.74	2.32	2.11	2.95	2.32	19.20	80.11
1985	2.11	3.38	1.05	1.27	2.74	1.90	2.32	1.90	1.90	1.48	1.48	2.32	3.38	23.84
1986	1.48	1.90	2.53	1.90	2.11	0.42	1.90	1.90	2.53	5.06	1.90	4.22	5.06	27.84
1987	9.05	47.5	30	19	23	2.11	20.4	8.3	24.8	26	21.8	15.3	47.50	247.26
1988	18	14	17.9	74.1	10.5	9	11.1	3.4	11	15.6	33.2	17.2	74.10	235
1989	28	24.8	24	30	18.7	12	9.2	13.2	36.2	38.5	28	29.5	38.50	292.1
1990	30	22.4	22.4	52	19.8	7	8.7	6.4	12.3	43	24	17	52.00	265
1991	14.5	29	8.89	11.90	9	8	12	11	17.4	23	15.8	31.2	31.20	191.69
1992	9.2	26.8	31	23.8	16.9	14.5	8.5	24	22	19	15.3	12.5	31.00	223.5
1993	30	16.5	42.2	33.2	13.8	3.2	17.5	19	52	21.2	25.5	52	52.00	326.1
1994	23	25	39	81.5	12.5	4.5	5	0.3	17.8	6.8	38	26.8	81.50	280.20
1995	10.2	11	24.8	17.4	9.5	5	6	25.5	7.3	33.7	19.2	31	33.70	200.6
1996	15.1	23.4	31.2	22.4	21.9	34.2	2.4	8.2	8.4	39.5	19.5	11	39.50	237.2
1997	24.2	36	20.8	13.4	8	12.2	2	5.3	5.5	23.5	15	25.3	36.00	191.2
1998	10	54	49	26	65.7	3	0	1.6	23.3	51	34.3	43.5	65.70	361.4
1999	37.8	57	22.8	20	16.6	28	20.3	4.5	35.6	31	44.2	33	57.00	350.80
2000	14.8	50	30.8	40.9	22.5	13.9	14.8	8.1	16	5.3	9	34	50.00	260.1
2001	34	12.1	49.1	33.2	18	1.5	3.8	2	15.3	36.2	28.3	26.1	49.10	259.6
2002	12.7	21.3	27.8	41.9	27	3.4	9	1.8	40	54.4	22.2	22.1	54.40	283.6
2003	19	40	32	29	10.2	10.5	0.5	7.2	6.6	22	34.7	12.6	40.00	224.3
2004	25.5	33	11.4	33.1	13.7	5.1	7.4	6	12.9	29.1	38.6	16.7	38.60	232.5
2005	13.5	42.4	25.2	11.6	18.6	15.1	4.5	2.2	16.2	46.7	18.7	18	46.70	232.7
2006	27	25.4	49.5	37	7.4	14.8	12.5	3.5	10.8	23.5	32.4	18.6	49.50	262.4
2007	31.3	9.4	25.8	49.7	27.3	4	15.2	7.8	15.1	46.5	26	24.9	49.70	283
2008	28	38.3	15.2	23.8	20.8	11.7	6.2	18.5	22.2	35.2	10.07	24.4	38.30	254.37
2009	16	28.8	39.39	28.3	13.8	17	11.6	2.8	16.4	25.9	14.8	22.7	39.39	237.49
2010	13.9	49.3	50.4	24.4	15.5	4.8	28.9	4.8	26.3	26.2	29	18.6	50.40	292.1
2011	30.5	25	32.4	25.7	10.6	6.3	7	8.03	23.3	30.1	21.4	35.2	35.20	255.53
2012	40.5	19.9	34.3	29.7	8.8	1.2	2	4	22.2	39.8	13.3	17.5	40.50	233.2
2013	49	21.5	32.9	31.9	59	10.1	2.4	16.81	8.7	15.3	12.2	28.5	59.00	288.31

Tabla XI - Precipitación máxima en 24 horas – mensual de la estación “Querocotillo”

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	P. máx.	Σ
1983	7.5	5	6	10.5	7.5	3	6.5	6	4.5	8	5	5	10.5	74.50
1984	7.5	7	7	7	7.5	7.5	4.5	6.5	5.5	5	7	5.5	7.5	77.50
1985	5	8	2.5	3	6.5	4.5	5.5	4.5	4.5	3.5	3.5	5.5	8	56.50
1986	3.5	4.5	6	4.5	5	1	4.5	4.5	6	12	4.5	5.5	12	61.50
1987	5.5	4.5	4.5	4.5	4	5	4.5	4	3.5	2.5	3.5	5.5	5.5	51.50
1988	3.5	5	4.5	2.5	1.5	1.5	2	6	5	2.5	7.5	5.5	7.5	47
1989	5	4	4.5	4.5	3.5	3.5	2.5	3.5	4	3.5	3.5	4.5	5	46.5
1990	5.5	3	3.5	4	6	4.5	3.5	4.5	4	6	4.5	4.5	6	53.5
1991	4.5	4	5.5	5	6.5	2.5	2.5	2	4	2.5	2.5	5	6.5	46.50
1992	3	4	4.5	5	3.5	4.5	3	2.5	7.5	4.5	3.5	3.5	7.5	49
1993	4	14	11.5	9.5	9.5	5	3.5	5.5	4.5	17.5	9.5	9	17.5	103
1994	12	15	22.5	24	30.5	12	8	11	31	11	10	20	31	207.00
1995	15.5	12	14	15	16	17	16	10	7	15.5	23.5	46	46	207.5
1996	7	25.5	39	33	15.5	21	7	10	9	23.5	61.5	12.5	61.5	264.5
1997	13	30	8	31.5	28	5.5	0	8	7	33	10	22	33	196
1998	31	29	80	62	32.5	25.5	9	3	15	29.5	30	13	80	359.5
1999	47	62.7	12.5	32	11.5	29	16.3	7.3	12.4	32.3	26	19	62.7	308.00
2000	22	27.8	24	55	28.5	28.3	9.2	14	51.1	11.5	15.8	54.6	55	341.8
2001	40.3	38.6	23.4	29.9	26.1	6.4	30.2	5.5	21.6	26.2	23.7	34.1	40.3	306
2002	18.6	31.8	39.4	40.6	24.7	18	10.7	3.3	22.2	35.6	24.9	19.5	40.6	289.3
2003	34.3	42.1	18.6	17.3	16.8	15.2	5.2	6.2	6.9	18	29.7	62	62	272.3
2004	16.2	33.4	21.5	41.2	43	30	20	5.7	12.8	17	66.7	35.5	66.7	343
2005	23	34	32.1	5.9	11.8	20.2	10.4	3.4	6.1	29	36	25	36	236.9
2006	30	30.8	49.8	25.2	17	12	5.2	6.8	12.9	40.8	16.7	14.1	49.8	261.3
2007	51	11.2	25.4	14.1	23.2	8.8	13.2	10.1	5.2	40.5	40.5	28.2	51	271.4
2008	32.9	47.7	32.2	30	17	11	16.3	6.4	19.4	25.2	11.3	29.8	47.7	279.20
2009	27.5	38.7	51.6	55.2	13.2	34.4	18.8	11	11.7	22.5	32.9	21	55.2	338.50
2010	16.5	58.3	67.1	36.6	29.9	5.5	8.5	3.6	17	33.4	25.8	29.9	67.1	332.1
2011	28.6	28	26.2	35.5	37.4	25.6	15.9	11.4	14.7	31.3	26.5	24.8	37.4	305.90
2012	32	25	16.1	30.4	7	5	12	8	6.1	14.7	25.8	42.8	42.8	224.9
2013	30	18	43	26	29.8	6	5.5	32.5	7.5	25.7	8.5	15.7	43	248.20

Tabla XII Precipitación máxima en 24 horas – mensual completada de la estación “Cochabamba”

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	P. máx.	Σ
1983	21	28	17.9	27	10	0	6.41	4.08	22	10.25	15.60	7.86	28.00	170.10
1984	9.11	9.87	5.93	7.69	5.45	3.34	2.00	2.90	2.45	2.23	3.12	2.45	9.87	56.55
1985	2.23	3.56	1.11	1.34	2.90	2.00	2.45	2.00	2.00	1.56	1.56	2.45	3.56	25.17
1986	1.56	2.00	2.67	2.00	2.23	0.45	2.00	2.00	2.67	5.35	2.00	6	6.00	30.94
1987	21.3	35	7	24	5	2.23	9	0	23.8	14	9.8	8	35.00	159.13
1988	12.8	10.8	15.2	30.8	102	8.2	14	22.2	24.2	18.6	11.4	12.6	102	282.8
1989	36.4	26	50.4	49	10.8	67.2	8	10	35.2	29	10	7.6	67.2	339.6
1990	11	25	11	18.2	19.2	10.8	2.4	1	4	45	24.2	2.8	45	174.6
1991	4.2	6	20.8	31	6.06	3.93	4	1.5	34	9.6	24	16	34.00	161.09
1992	19.2	28.5	11.2	58	24.2	6.4	4	4.8	31	28	14	5.6	58	234.9
1993	12	30	48.6	22.8	7.2	0.5	23	8	14	17.2	11	7	48.6	201.3
1994	8.5	23.4	60	27	17.6	2	5.32	5.01	45	29	22	10	60.00	254.83
1995	41	20	8	12	22	0.5	13	3.8	3.5	12	27.5	12.5	41	175.8
1996	11	29	83	42.5	39	18	0	32	13	32	11	0.2	83	310.7
1997	16	50.5	11	26	6	11.5	6	0	0	5.5	11	34	50.5	177.5
1998	10	45	29	36	25.5	5.5	0	20	29	17	12.2	7	45	236.2
1999	11.5	10.5	17	21.29	10.96	71.4	11.7	8.9	63.5	31.1	9.2	26.7	71.40	293.76
2000	14.5	23.1	31	35.1	83	17.9	3.9	30.5	31.7	32.7	35.1	22	83	360.5
2001	24.5	21.1	21.3	80.2	39.9	2.3	0.8	1.4	79.3	13.8	16.3	48.8	80.2	349.7
2002	19.7	52.4	14.2	80.5	28.5	9.5	7.4	0	41.6	31.3	21.8	9.8	80.5	316.7
2003	22	53	28.2	34.2	18.5	27.5	5.4	3.5	11.7	32.8	45.4	9.6	53	291.8
2004	13.1	20	12.2	46.7	36.5	1.9	15	0.9	27.3	18.1	19.2	15.6	46.7	226.5
2005	7.9	35.1	23.3	28.7	4.7	15.4	1.3	9	15.4	30.3	22.2	16	35.1	209.3
2006	14.2	19	42.6	21.2	14	26.7	24.6	2.8	38.1	17.5	19.4	24	42.6	264.1
2007	18.2	22	26.7	25.4	60.6	0	21.8	16.7	21.2	26.8	32.6	17.2	60.6	289.2
2008	35.2	50.6	102.2	33.1	30.1	22.4	3.1	61.3	45.3	73.9	16.8	7.3	102.2	481.30
2009	25.9	23.4	55.8	10.8	16.4	8	5.8	24	1.6	15.6	16.9	41.9	55.8	246.10
2010	22.2	82.2	40	53.2	20.8	11.4	21	4.5	57.5	20.6	23.4	15.4	82.2	372.2
2011	29	19.1	14.2	28.9	20.4	3.8	2.7	10.2	49.2	13.3	12.3	36.9	49.2	240.00
2012	24.3	21.6	74.4	61.4	27.2	0	0	0	41.4	41.4	20.6	57.6	74.4	369.9
2013	24.7	8.3	59.5	25.5	38.6	7	0	9.8	3.5	44	13.2	23.3	59.5	257.40

Tabla XIII - Resumen de las precipitaciones máximas en las 24 horas

Año	Est. Cutervo	Est. Querocotillo	Est. Cochabamba
1983	38.00	10.5	28.00
1984	19.20	7.5	9.87
1985	3.38	8	3.56
1986	5.06	12	6.00
1987	47.50	5.5	35.00
1988	74.10	7.5	102.00
1989	38.50	5	67.20
1990	52.00	6	45.00
1991	31.20	6.5	34.00
1992	31.00	7.5	58.00
1993	52.00	17.5	48.60
1994	81.50	31	60.00
1995	33.70	46	41.00
1996	39.50	61.5	83.00
1997	36.00	33	50.50
1998	65.70	80	45.00
1999	57.00	62.7	71.40
2000	50.00	55	83.00
2001	49.10	40.3	80.20
2002	54.40	40.6	80.50
2003	40.00	62	53.00
2004	38.60	66.7	46.70
2005	46.70	36	35.10
2006	49.50	49.8	42.60
2007	49.70	51	60.60
2008	38.30	47.7	102.20
2009	39.39	55.2	55.80
2010	50.40	67.1	82.20
2011	35.20	37.4	49.20
2012	40.50	42.8	74.40
2013	59.00	43	59.50

Una vez determinadas las precipitaciones máximas se empleó el método del Hidrograma Unitario para determinar los caudales de diseño. En ese sentido, se determinaron precipitaciones máximas para periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 1000 años, mediante el método de Gamma 2 Parámetros, previo análisis de bondad de ajuste mediante el método de “Smirnov – Kolmogorov (SK)”, en una banda de 31 años de registros.

**Tabla XIV - Caudales de diseño para diferentes periodos de retorno
obtenidos con método del “Hidrograma Unitario”**

t (h)	Tr = 5 años Q (m ³ /s)	Tr = 10 años Q (m ³ /s)	Tr = 25 años Q (m ³ /s)	Tr = 50 años Q (m ³ /s)	Tr = 100 años Q (m ³ /s)	Tr = 200 años Q (m ³ /s)	Tr = 1000 años Q (m ³ /s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.17	1.42	1.70	2.03	2.26	2.48	2.70	3.17
0.35	7.08	8.48	10.14	11.30	12.41	13.48	15.83
0.52	15.11	18.10	21.64	24.12	26.48	28.75	33.77
0.70	26.44	31.68	37.87	42.20	46.34	50.31	59.10
0.87	40.61	48.65	58.15	64.81	71.16	77.26	90.76
1.05	56.66	67.88	81.14	90.43	99.29	107.81	126.64
1.22	72.71	87.11	104.13	116.06	127.42	138.35	162.52
1.40	84.05	100.69	120.36	134.14	147.28	159.92	187.85
1.57	91.60	109.74	131.18	146.20	160.52	174.29	204.74
1.75	94.43	113.13	135.23	150.72	165.48	179.68	211.07
1.92	92.55	110.87	132.53	147.71	162.17	176.09	206.85
2.10	86.88	104.08	124.42	138.67	152.24	165.31	194.18
2.27	79.32	95.03	113.60	126.61	139.01	150.93	177.30
2.44	70.83	84.85	101.43	113.04	124.11	134.76	158.30
2.62	61.38	73.54	87.90	97.97	107.56	116.79	137.20
2.79	53.83	64.48	77.08	85.91	94.32	102.42	120.31
3.14	40.61	48.65	58.15	64.81	71.16	77.26	90.76
3.49	30.22	36.20	43.28	48.23	52.95	57.50	67.54
3.84	22.66	27.15	32.46	36.17	39.72	43.12	50.66
4.19	17.00	20.36	24.34	27.13	29.79	32.34	37.99
4.54	12.28	14.71	17.58	19.59	21.51	23.36	27.44
4.89	9.25	11.09	13.25	14.77	16.22	17.61	20.68
5.24	7.08	8.48	10.14	11.30	12.41	13.48	15.83
6.11	3.40	4.07	4.87	5.43	5.96	6.47	7.60
6.98	1.70	2.04	2.43	2.71	2.98	3.23	3.80
7.86	0.85	1.02	1.22	1.36	1.49	1.62	1.90
8.73	0.38	0.45	0.54	0.60	0.66	0.72	0.84

Para el modelamiento con el software IBER se emplearon los caudales obtenidos con método del “Hidrograma Unitario”, para lo cual se contó con los registros de las precipitaciones máximas de diseño obtenidas para diferentes periodos de retorno, con el área de subcuenca (17.76 km²), tiempo de concentración de la subcuenca (1.83 h), longitud del cauce principal (10753.20 m), pendiente del río (13.28%), número de curva (69) y el desnivel de la subcuenca (1428.00 m).

Tabla XV - Caudales de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10$ años, obtenido con método del “Hidrograma Unitario”

t (s)	Tr = 10 años Q (m³/s)	t (s)	Tr = 10 años Q (m³/s)
0	0.00	8801	84.85
629	1.70	9430	73.54
1257	8.48	10058	64.48
1886	18.10	11316	48.65
2515	31.68	12573	36.20
3143	48.65	13830	27.15
3772	67.88	15088	20.36
4401	87.11	16345	14.71
5029	100.69	17602	11.09
5658	109.74	18859	8.48
6286	113.13	22003	4.07
6915	110.87	25146	2.04
7544	104.08	28289	1.02
8172	95.03	31432	0.45

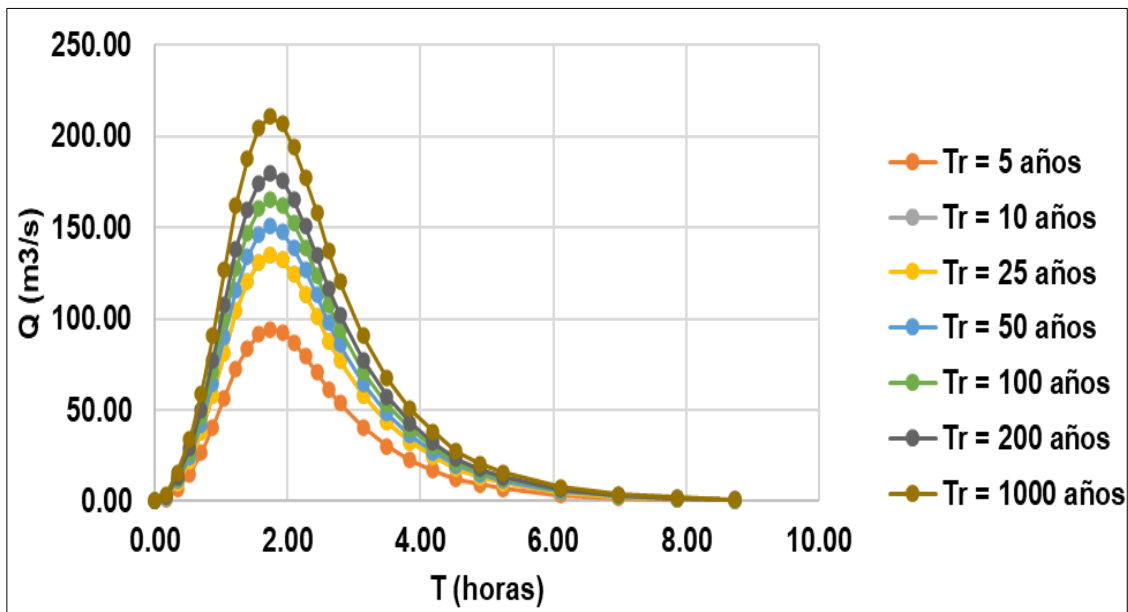


Fig. 12. Avenidas de diseño para diferentes periodos de retorno de la subcuenca “Kattis” (Mullo).

3.1.3. Resultados obtenidos del modelamiento hidráulico bidimensional realizado con IBER en la subcuenca del río “Kattis” (Mullo).

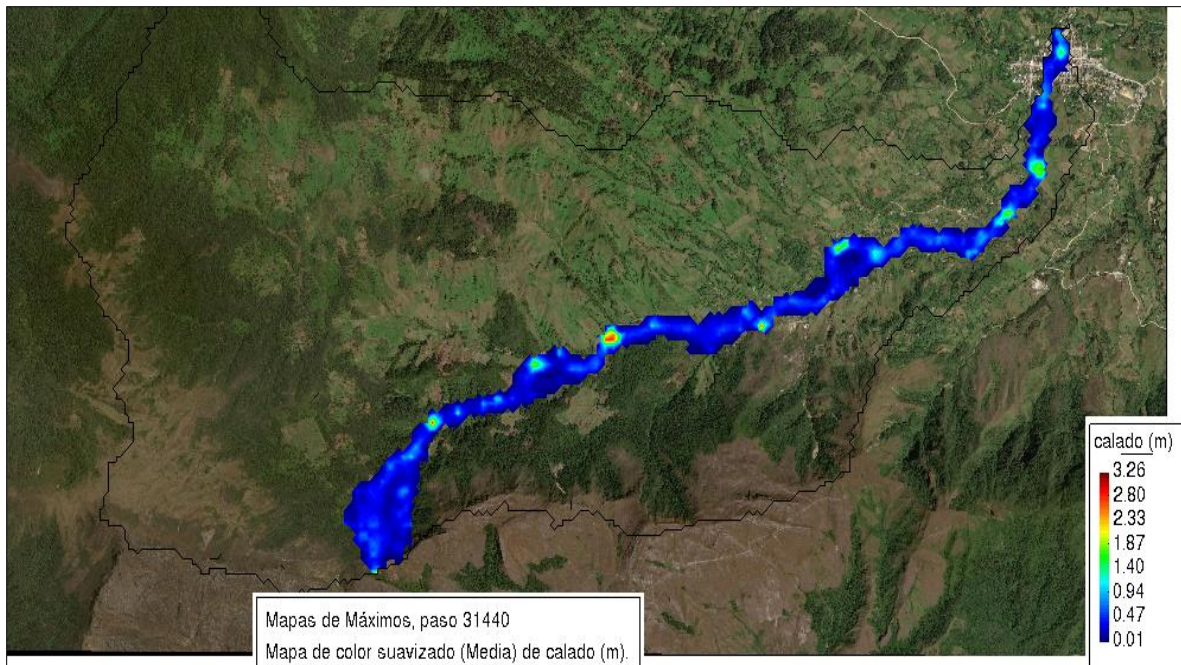


Fig. 13. Mapa de calados máximos de la subcuenca del río “Kattis” (Mullo) modelados con IBER.

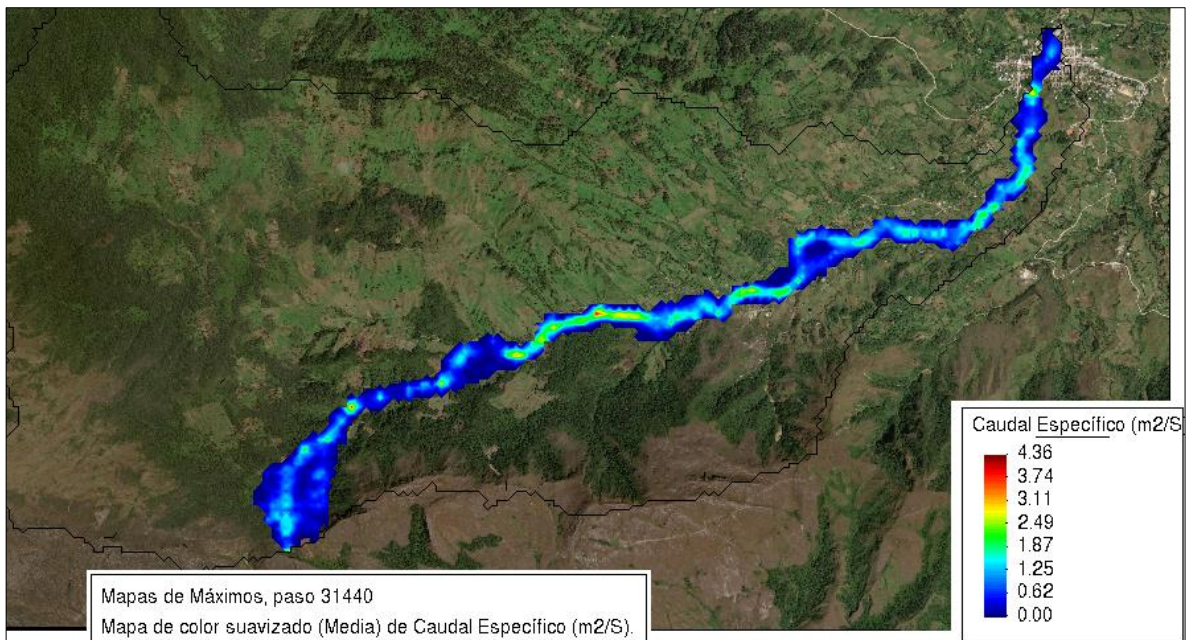


Fig. 14. Mapa de caudales específicos máximos de la subcuenca del río “Kattis” (Mullo) modelados con IBER.

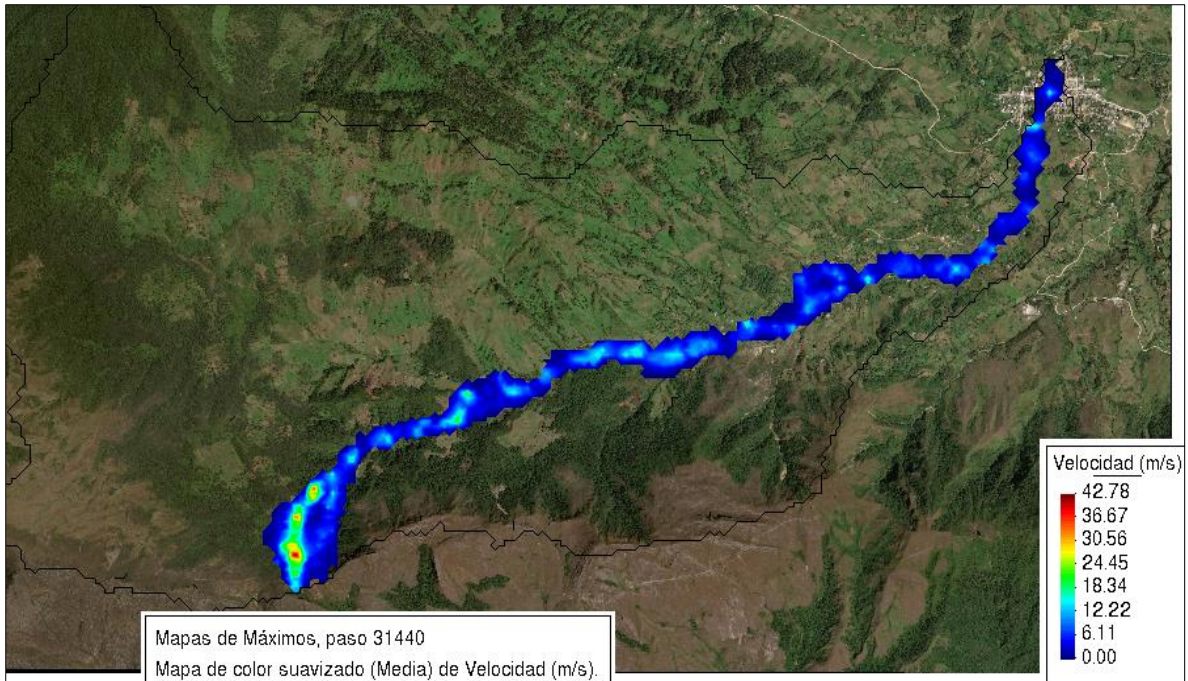


Fig. 15. Mapa de velocidades máximas de la subcuenca del río “Kattis” (Mullo) modelados con IBER.

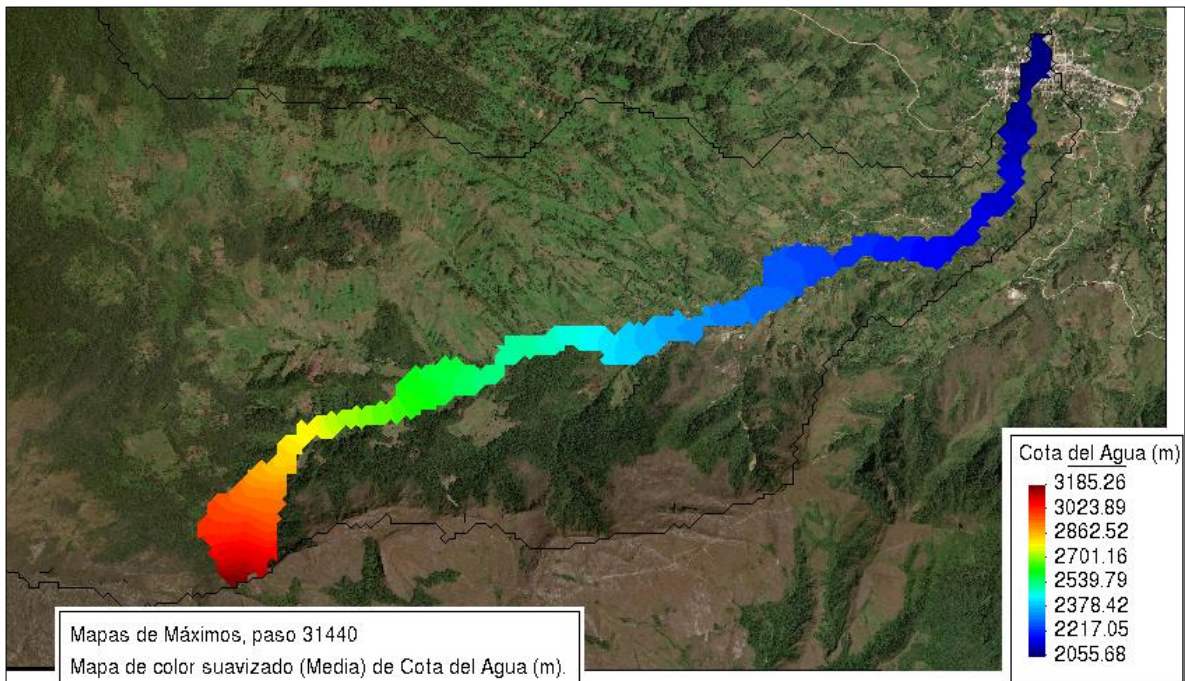


Fig. 16. Mapa de cotas de agua máximas de la subcuenca del río “Kattis” (Mullo) modelados con IBER.

3.2. Discusión

Objetivo 1: Determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Mullo – Kattis.

La delimitación hidrográfica de toda cuenca es de suma importancia, más aún si los parámetros geomorfológicos de ésta se van a emplear para determinar el comportamiento de la precipitación en términos de la escorrentía. Asimismo, parámetros como el área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce, entre otros, son utilizados en modelos como IBER 2D; justamente como el de los estudios de [21] y [44] que emplearon en sus investigaciones dichos modelos respectivamente para la simulación de lluvia-escorrentía. En ese sentido es preciso indicar que en la presente investigación se han empleado los parámetros geomorfológicos numéricos de la cuenca del río Mullo – Kattis, los mismos que fueron ingresados al modelamiento realizado con IBER.

Objetivo 2: Determinar hidrogramas sintéticos para diferentes períodos de retorno en el río Mullo – Kattis.

Respecto a la información hidrometeorológica, en la presente investigación ésta fue obtenida de 03 estaciones meteorológicas (para precipitación) tal como se detalla en la Tabla VIII. En ese sentido, siguiendo lo realizado por [20] y [25] quienes emplearon 36 y 47 años de registros de precipitación respectivamente, en el presente estudio se emplearon 31 años de registros. Asimismo, para la completación de datos se empleó el Método de los Promedios, tal como lo realizado por [31]; en esa línea, se aplicó diferentes métodos de distribución y la prueba de bondad de ajuste “Smirnov – Kolmogorov” con lo cual se determinaron precipitaciones máximas de diseño, tal como lo realizado por [62]. Finalmente, para determinar los hidrogramas sintéticos para diferentes períodos de retorno en el río Mullo – Kattis, se empleó el método de “Hidrograma Unitario”.

Objetivo 3: Determinar zonas inundables usando del software IBER.

Para la determinación de zonas inundables, se empleó el software IBER, tal como lo realizado por [21]. En ese sentido, habiendo considerado un periodo de retorno de 10 años por tratarse de una zona con una población menor a 1'000,000.00 de habitantes, se determinó que para el caudal máximo de 113.13 m³/s, el distrito de San Andrés se vería afectado, por lo que se sugiere proyectar muros de contención que permitan encauzar el río Mullo-Kattis en la zona aledaña al río, tal como sugiere [2], [3], [4], [9], entre otros.

3.3. Aporte de la investigación.

La presente investigación sirve de referencia para que las autoridades y principales tomadores de decisiones puedan tener en cuenta que ante una crecida del río Mullo-Kattis, este afectaría a la población de San Andrés que vive adyacente al río, tal como se observa en las Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15 y Fig. 16.

Por otro lado, la presente investigación sirve como referencia para otras investigaciones futuras en la zona de San Andrés, tanto para las que indirectamente o directamente estén relacionadas al tema.

Finalmente, se sugiere realizar investigaciones relacionadas a la completación de registros de precipitación en esta zona de San Andrés como en diferentes cuencas de la Vertiente Atlántico que no tienen suficientes datos de precipitación como de caudales.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

- Del modelamiento hidráulico realizado con IBER, el Poblado de San Andrés si se vería afectado por una crecida que sobrepase los 100 m³/s; lo mismo que se contrasta con los mapas de calado máximo (Fig. 13), caudal específico máximo (Fig. 14), velocidades máximas (Fig. 15) y cotas de agua máximas (Fig. 16).
- De la delimitación hidrográfica de la subcuenca “Kattis” (Mullo) y de los parámetros obtenidos, tales como el área (17.76 km²), perímetro (22.67 km), pendiente (20.21%), e índices como el de forma (0.1536), compacidad (1.51), se concluye que la subcuenca en estudio tiene una forma rectangular con baja susceptibilidad de concentrar avenidas. Asimismo, la subcuenca en estudio es de orden 3, con una longitud de su cauce principal de 10.75 km y un tiempo de concentración de 1.83 horas.
- El cálculo de los hidrogramas se realizó con el método del “hidrograma unitario”, para lo cual se obtuvo que el tiempo pico (tp) fue de 1.75 horas (6286 segundos), y los caudales máximos alcanzados fue de 94.43 m³/s para un periodo de retorno de 5 años, 113.13 m³/s para un periodo de retorno de 10 años, 135.23 m³/s para un periodo de retorno de 25 años, 150.72 m³/s para un periodo de retorno de 50 años, 165.48 m³/s para un periodo de retorno de 100 años, 179.68 m³/s para un periodo de retorno de 200 años y 211.07 m³/s para un periodo de retorno de 1000 años.
- Habiendo considerado un caudal de 113.13 m³/s para un periodo de retorno de 10 años (zona poblada), se observó que este sigue su curso normal, presentando desbordes en puntos donde el cauce del río se ve estrechado. Asimismo, se observó que, de presentarse un caudal de dicha magnitud, el poblado de “San Andrés” y “Shitabamba” se vería afectado por el desborde el río, con calados entre 0.01 m a 1.87 m de nivel de agua.

4.2. Recomendaciones.

- Para obtener mejores resultados representativos, se recomienda realizar un reconocimiento previo de la zona de estudio, así como recopilar la mayor cantidad de información posible, la misma que permita generar datos donde no se tenga. Por otro lado, con fines académicos y comparativos, se recomienda realizar el modelamiento con otros softwares para así poder contrastar los resultados obtenidos.
- Como parte de la determinación de los parámetros geomorfológicos, se recomienda tener bien definido el punto de desfogue de la cuenca, el que a su vez comprenda la zona específica de análisis (caserío, centro poblado, ciudad, etc.), de modo que cuando se corra el modelo, este abarque la zona de interés que se requiera analizar.
- Generar información para un lugar específico donde no se tienen registros hidrometeorológicos es un poco complicado, sin embargo, se recomienda emplear información de cuencas aledañas que pertenezcan a la misma vertiente y con periodos de análisis por sobre los 30 años (normal hidrológica). En ese sentido, se podrían emplear métodos como el Proporciones Normales para completar los registros faltantes de precipitación; análisis de valores máximos para detectar datos dudosos; estadísticos como el de Gumbel, Gamma 2 Parámetros y Log. Normal, para proyectar información para diferentes periodos de retorno; y el de “Hidrograma Unitario” para generar caudales de diseño.
- Realizar un trabajo de reconocimiento de campo previo es de suma importancia, pues permite identificar que zonas se verían afectadas producto de una inundabilidad. En ese sentido, se recomienda realizar estos trabajos previos, pues el software arroja resultados que deberían ser contrastados con la realidad.

REFERENCIAS

- [1] A. I. Rodriguez and G. M. Suvires, "Análisis del peligro histórico de inundaciones en la Localidad de Chos Malal, Provincia de Neuquén: Causas y lineamientos territoriales," *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, pp. 23 - 36, 2016.
- [2] A. Perez Morales, S. Gil Guirado and J. Oclina, "La información catastral como herramienta para el análisis de la exposición al peligro," *EURE*, vol. 42, no. 127, pp. 231 - 256, Septiembre 2016.
- [3] S. Natarajan and N. Radhakrishnan, "Delineación del peligro de inundación en una cuenca no calibrada mediante el acoplamiento de modelos hidrológicos e hidráulicos con técnicas geoespaciales: un estudio de caso de la cuenca de Koraiyar, ciudad de Tiruchirappalli, Tamil Nadu, India," *Monitoreo y Evaluación Ambiental*, vol. 192, no. 11, pp. 1-11, 2020.
- [4] V. Bellos, V. Tsakiris, G. Kopsiaftis and G. Tsakiris, "Propagación de la incertidumbre paramétrica de la brecha de la presa en un tramo de río utilizando el software HEC-RAS," *Hidrología*, vol. 7, no. 4, pp. 1-14, 2020.
- [5] T. Iqbal and K. Yarrakula, "Mapeo probabilístico de inundaciones para ríos tropicales de escasa medida," *Revista árabe de geociencias*, vol. 13, no. 18, pp. 9-40, 2020.
- [6] M. Arseni, A. Rosu, M. Calmuc, V. Calmuc, C. Iticescu and L. Georgescu, "Desarrollo de mapas de riesgo y amenaza de inundaciones para el curso inferior del río Siret, Rumania," *Sostenibilidad*, vol. 12, no. 16, pp. 65-88, 2020.
- [7] M. Jha and S. Afreen, "Paisajes urbanos inundables: análisis utilizando enfoques combinados de modelado hidrodinámico e hidrológico," *Agua*, vol. 12, no. 7, pp. 86-91, 2020.
- [8] F. Unes, Y. Kaya, H. Varcin, M. Demirci, B. Tasar and M. Zelenakova, "Análisis hidráulicos de inundación: un estudio de caso de Amik Plain, Turquía," *Agua*, vol. 12, no. 7, pp. 20-31, 2020.
- [9] B. Hidayat, B. Istijono, O. T. Irwan and A. Junaidi, "Los efectos del control de inundaciones del río batang kandis en el área urbana metropolitana de la ciudad de padang-palapa," *Internacional de GEOMATE*, vol. 19, no. 71, pp. 9-14, 2020.
- [10] E. Kamal, A. Ahmed, A. Abdelah, A. Mohamed and F. Abdelouhed, "Modelización del riesgo de inundaciones utilizando datos hidrológicos, hecrasy herramientas SIG: Caso del río toudgha (tinghir, marruecos)," *Avances en desastres*, vol. 13, no. 5, pp. 71-81, 2020.
- [11] K. Kuntiyawichai, W. Sri - Amporn, S. Wongsasri and P. Chindaprasirt, "Anticipar los impactos potenciales del cambio climático y del uso de la tierra en las inundaciones: un estudio de caso de la cuenca baja del río Nam Phong," *Agua*, vol. 12, no. 4, pp. 58 - 68, 2020.

- [12] TeleSur - drl, "Inundaciones en China afectan a casi 40 millones de personas," *Inundaciones en China afectan a casi 40 millones de personas*, 17 07 2020.
- [13] W. K. Rojal Portocarrero, B. Hidalgo Egocheaga, C. A. Moya Durand, F. Castro Perez and M. Barboza Palomino, "Percepcion de riesgo ante las inundaciones en personas que habitan en zonas vulnerables de Lima, Peru," *Revista Cubana de Salud Publica*, vol. 45, no. 2, pp. 1-15, 2019.
- [14] N. E. Choquehuanca Solorzano, "Evaluacion de riesgo de inundaciones basado sobre GIS y molamiento hidraulico (HEC - GeoRas)," *Tendencias actuales en la investigacion de eventos extremos*, pp. 1-37, 2012.
- [15] WORLD RESOURCES INSTITUTE, "BETA AQUEDUCT," AQUEDUCT ALLIANCE, 2020. [Online]. Available: <https://www.wri.org/applications/aqueduct/country-rankings/?indicator=rfr>. [Accessed 10 MAYO 2020].
- [16] F. Garcia Delgado, "Podemos Darles otra vida a todos los residuos?," *El Comercio*, 8 Marzo 2020.
- [17] Diario Oficial El Peruano, "DECRETO SUPREMO, N° 042-2020-PCM, PODER EJECUTIVO, PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS - Decreto Supremo que declara el Estado de Emergencia por desastre a consecuencia de intensas precipitaciones pluviales en varios distritos de algunas provincias de lo," *DECRETO SUPREMO, N° 042-2020-PCM, PODER EJECUTIVO, PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS - Decreto Supremo que declara el Estado de Emergencia por desastre a consecuencia de intensas precipitaciones pluviales en varios distritos de algunas provincias de lo*, 07 Marzo 2020.
- [18] Panamericana Tv, "CAJAMARCA: LLUVIAS INTENSAS ACTIVAN QUEBRADAS Y CAUSAN INUNDACIONES," Cajamarca, 2019.
- [19] P. Morales M, "PRECIPITACIONES PLUVIALES EN EL DISTRITO DE SAN ANDRES DE CUTERVO - CAJAMARCA," CUTERVO - SAN ANDRES - ILLUGAN, 2018.
- [20] M. Criado, A. Martinez Graña and F. Santos Frances, "Determinacion del riesgo de inundacion en la ciudad de Salamanca (España) mediante analisis de peligrosidad, exposicion y vulnerabilidad," *Cuaternario y Geomorfologia*, vol. 33, no. 1-2, pp. 87-102, 2019.
- [21] A. Alarcon Neva, J. Chavez Morales, O. L. Palacios Velez and L. A. Ibañez Castillo, "Estimacion de areas vulnerables a inundaciones en zonas urbanas: Morelia, Michoacan; Mexico," *Tecnologia y Ciencias del Agua*, vol. 11, no. 3, pp. 1-26, 2020.
- [22] L. Duong Thi, T. Van and H. Le Van, "Detección de áreas potenciales de inundaciones repentinas usando características de cuencas hidrográficas: Aplicación a la cuenca del río Cau en Vietnam," *Ciencia del sistema terrestre*, vol. 129, no. 1, pp. 1-16, 2020.

- [23] N. Ongdas, F. Akiyanova, Y. Karakulov, A. Muratbayeva and N. Zinabdin, "Aplicación de hecras (2d) para la generación de mapas de peligro de inundaciones para el río yesil (ishim) en kazajstán," *Agua*, vol. 12, no. 10, pp. 1-20, 2020.
- [24] T. Fernandez Montblanc, J. Benavente and T. A. Plomaritis, "Caracterización de la inundabilidad en el estuario del río Guadalete: efecto combinado de mareas y crecidas fluviales," *Cuatrenario y Geomorfología*, vol. 28, no. 1-2, pp. 27-50, 2014.
- [25] A. L. Reyes Olvera and E. Gutierrez Gonzalez, "Modelación del riesgo de inundaciones en el estado de Tabasco en el periodo 1961 - 2007," *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 7, no. 2, pp. 99-114, 2016.
- [26] A. Mohamed, A. Abdellah, A. Ahmed, E. Kamal, O. Zouhair and F. Abdelouhed, "Simulación y predicción de desastres por inundaciones utilizando herramientas hec-ras y gis: un caso del río rdat aguas abajo," *Avances en desastres*, vol. 13, no. 11, pp. 10-17, 2020.
- [27] I. Zotou, V. Bellos, A. Gkouma, V. Karathanassi and V. Tshihrintzis, "Uso de imágenes de Sentinel-1 para evaluar el rendimiento predictivo de un modelo hidráulico," *Gestion de recursos hidricos*, vol. 34, no. 14, pp. 4415-4430, 2020.
- [28] J. CHINCHILLA DANNENBERGER, *ANÁLISIS Y SOLUCIONES A PROBLEMAS DE INUNDACIONES EN EL CANTÓN DE OREAMUNO, CARTAGO.*, Oreamuno, Caratgo, 2016.
- [29] J. F. Loyola Morales, *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad*, La Libertad, La Libertad, 2019.
- [30] W. Rojas Portocarrero, B. Hidalgo Egocheaga, C. Moya-Durand, F. Catro Perez and M. Barboza Palomino, "Percepción de riesgo de las personas que viven en zonas vulnerables de Lima (Perú) durante las inundaciones," *Revista cubana de salud publica*, vol. 45, no. 1190, p. 2, 2 Junio 2019.
- [31] G. Palmer Murga, "Determinación de las áreas inundables en los sectores San Pedro y Niño Pobre, según caudales máximos estimados del río Utcubamba, aplicando modelo HEC-RAS y software ArcGIS," Amazonas, 2017.
- [32] C. Vasque Peralta, "Estudio Hidrologico de la Region Cajamarca 2010 - 2011," Cajamarca, 2011.
- [33] ANA; MINAGRI, "Identificación de poblaciones vulnerables por activación de quebradas 2015-2016," 2016.
- [34] ANA; CENEPRED; INGEMMET; IGP, "Distritos expuesto a inundacion (consolidado al 11/02/2019)," 2019.

- [35] O. Brown Manrique, Y. Gallardo Ballat, A. Correa Santana and S. Barrios Garcia, "El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones," *Ingeniería hidráulica y ambiental*, vol. 36, no. 1, pp. 88-101, 2015.
- [36] R. Ramos Reyes and M. A. Palomeque De la Cuz, "La gran inundación de 2007 en Villahermosa, Tabasco, México: Antecedentes, progreso en el control," *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, vol. 39, no. 2, pp. 387 - 413, 10 Diciembre 2019.
- [37] V. Y. Bohn and M. C. Piccolo, "Propuesta metodológica para el análisis de inundaciones en cuencas hidrográficas de llanura (Buenos Aires, Argentina)," *Parrafos Geograficos*, vol. 17, no. 2, pp. 1-16, 2018.
- [38] J. Suarez Diaz, Control de erosión en zonas tropicales, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2001, pp. 16 - 18.
- [39] A. Cahuana Andia and W. Yugar Morales, *MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE HIDROLOGIA CIV-233*, Cochabamba, 2009, pp. 45 - 50.
- [40] M. Meza Aliaga, A. Rodriguez Valdivia, O. Corvacho Ganahin and A. Tapia Tosetti, "ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE MICROCUENCAS AFECTADAS POR FLUJOS DE DETRITOS BAJO PRECIPITACIÓN INTENSA EN LA QUEBRADA DE CAMIÑA, NORTE GRANDE DE CHILE," *Dialogo Andino*, no. 44, pp. 15-24, 2014.
- [41] O. Puertas Orozco, Y. Carvajal Escobar and M. Quintero Angel, "ESTUDIO DE TENDENCIAS DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL EN LA CUENCA ALTA-MEDIA DEL RÍO CAUCA, COLOMBIA.," *Dyna*, vol. 78, no. 169, pp. 112-120, 2011.
- [42] F. I. Arreguin Cortez and M. Lopez Perez, "Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática," *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 7, no. 5, pp. 5 - 13, 2016.
- [43] Global Water Partnership South America, "Cartilla técnica: Aguas subterráneas - acuíferos," in *Foro Peruano para el agua*, Lima, 2011.
- [44] J. I. Perez, J. R. Escobar and J. M. Fragozo, "Modelación Hidráulica 2D de Inundaciones en Regiones con escasez de datos. El caso del Delta del río Ranchería, Riohacha - Colombia," *Información Tecnológica*, vol. 29, no. 4, pp. 143-156, 2018.
- [45] J. Racca, "ANÁLISIS hipsométrico, frecuencia altimétrica y pendientes medias a partir de modelos digitales del terreno," *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología*, pp. 31-38, 2007.
- [46] A. Quesada Roman, "Geomorfología Fluvial e Inundaciones en la Cuenca Alta del Río General, Costa Rica," *Anuario do Instituto de Geociencias - UFRJ*, vol. 40, no. 2, pp. 278 - 288, 2017.
- [47] L. A. Aldana Valverde, "La necesidad del desarrollo de servicios hidrológicos para la reducción de daños por inundaciones," *Tecnología y Ciencia del Agua*, vol. 7, no. 5, pp. 57-62, 2016.

- [48] M. d. C. Vergara Tenorio, E. Ellis, J. A. Cruz Aguilar, L. d. C. Alarco Sanchez and U. Galvan del Moral, "La conceptualización de las inundaciones y la percepción del riesgo ambiental," *Política y Cultura*, no. 36, pp. 45-69, 2011.
- [49] R. Baena Escudero, I. Guerrero Amador, B. Garcia Martinez and J. C. Posada Simeon, "Ocupación Antropica y Riesgos de Inundación en la Llanura del Río Guadalquivir (Sector Palma del Río - Sevilla, España)," *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, no. 72, pp. 149 - 167, 2016.
- [50] J. M. Paredes, S. M. Ocampo, N. Foix, S. X. Olazabal and M. N. Valle, "Precipitaciones extremas e inundaciones repentinas en ambiente semiarido: impactos del evento de marzo - abril de 2017 en Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina," *Asociación Geológica Argentina*, vol. 77, no. 2, pp. 296-318, 2020.
- [51] R. E. Hernandez Uribe and H. Barrios Piña, "Análisis de riesgo por inundación metodología y aplicación a la cuenca Atemajac," *Tecnología y Ciencia del Agua*, vol. 8, no. 3, pp. 5-25, 2017.
- [52] C. Ferguson and R. Fenner, "El impacto de la gestión de inundaciones naturales en el rendimiento de los sistemas de drenaje superficial: un estudio de caso en el Valle de Calder," *Revista de Hidrología*, vol. 590, no. 12, pp. 53-54, 2020.
- [53] A. David y B. Schmalz, «Análisis de peligro de inundaciones en cuencas pequeñas comparación de enfoques hidrológicos e hidrodinámicos mediante el uso de lluvia directa,» *Journal of flood risk management*, vol. 13, nº 4, pp. 49-53, 2020.
- [54] P. L. González-Mazón¹, B. García-Martínez² and C. L. Nuño³, "El estudio de las inundaciones históricas en Sevilla a través de fuentes peiodísticas (siglo XX)," *Estudios sobre mensajes periodísticos*, 2019.
- [55] A. Casas Plane, G. Benito, V. Thorndycraft and M. Rico, "EFECTOS DE LAS FUENTES CARTOGRÁFICAS EN LOS RESULTADOS DE LA MODELACIÓN HIDRÁULICA DE CRECIDAS," *Ingeniería del agua*, vol. 12, no. 4, pp. 309-320, 2005.
- [56] A. L. Vasquez Rodriguez, "Adaptación internacional del método racional hidrológico: Estudio de las inundaciones en la Región del Norte de Portugal," *Cadernos Lab. Xeológico de Laxe*, vol. 41, pp. 11 - 22, 2019.
- [57] G. Zhou, Y. Xiong, T. Hu, J. Bai and Z. Chen, "Sistemas de tecnología de evaluación integral para modelos de calidad de agua superficial," *Investigación de Ciencias Ambientales*, vol. 33, no. 11, pp. 2561-2570, 2020.
- [58] P. Costabile, C. Costanzo, D. Ferraro, F. Macchione y G. Petaccia, «Rendimiento de la nueva versión 5 de HEC-RAS para simulaciones de escorrentía-lluvia basadas en hidrodinámicas 2-D a escala de cuenca: comparación con un modelo de última generación,» *Agua*, vol. 12, nº 9, pp. 34-33, 2020.

- [59] J. M. Stella and E. N. Anagnostou, "Modelacion del impacto de inundaciones en una cuenca subropical en el sur de Florida," *Tecnologia y Ciencia del Agua*, pp. 128-143, 2017.
- [60] M. M. d. G. Masana Gracia, Artist, *Manual para la evaluacion de riesgos originados por fenomenos naturales*. [Art]. Centro Nacional de Estimacion, Prevencion y Reduccion del Riesgo de Desastres, 2015.
- [61] R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez-Collado and P. Baptista Lucio, *Metodologia de la investigacion*, MCGRAW-HILL, 2011.
- [62] D. J. Rabanal Siilva, *Zonificacion de areas inundables del Barrio La Breña ocasionado por avenidas extraordinarias del rio Grande de Celendin Cajamarca*, Celendin, Cajamarca, 2018.
- [63] Y. Astor, Karnisha, B. Pramesthy and I. Alfiansyah, "Evaluación del plan de mitigación de inundaciones para el río Cibaligo, ciudad de Cimahi, provincia de Java Occidental," *Internacional de GEOMATE*, vol. 19, no. 71, pp. 188-193, 2020.
- [64] P. Del Rio, "Gritos de Silencio," *El Comercio*, 26 Marzo 2020.
- [65] U. Donezar Hoyos, A. Larrañaga Urien, A. Tames Noriega, C. Sanchez Gil, L. Albizua Huarte, R. Ciriza Labiano and F. del Barrio Arellano, "Aplicacion de imagenes Sentinel 1 y Sentinel 2 en la deteccion y delineacion de informacion de crisis de desastres naturales en el marco de los servicios Copernicus EMS," *Revista de Teledeteccion*, vol. 50, pp. 49-57, 2017.
- [66] S. Kouhi, S. Hashemi, R. Kian, M. Spaulding and M. Lewis, "Riesgo de inundaciones en el pasado y el futuro un estudio de caso de la inundacion record del rio Pawtuxet en marzo de 2010," *Journal Of Flood risk Management*, vol. 13, no. 4, pp. 49-53, 2020.
- [67] S. A. Lavao Pastrana, "Aplicacion de la teoria del numero de curva CN a una cuenca de montaña. Caso de estudio Cuenca del rio Murca, mediante la utilizacion de sistemas de informacion geografica," *SIG y sensores remotos aplicados a recursos hidricos*, pp. 1 - 19, 2014.
- [68] M. A. Mendoza Solis, *EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA QUEBRADA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA QUEBRADA*, Cajamarca, Cajamarca, 2017.
- [69] L. A. Olín Fabela, *Vulnerabilidad social por inundaciones*, Toluca, 2017.
- [70] A. I. Ramirez and L. A. Herrera Lozano, "Análisis forense de inundaciones una guia metodologica," *Tecnologia y Ciencia del Agua*, vol. 6, no. 1, pp. 25-48, 2015.
- [71] S. Suprayogi, R. Latifah and M. Marfai, "Análisis preliminar de las inundaciones inducidas por el desarrollo urbano en la ciudad de Yogyakarta, Indonesia," *Geographia Technica*, vol. 15, no. 2, pp. 57-71, 2020.

[72] J. F. Weber, E. Jorquera and P. T. Stehli, "Simulacion de la respuesta hidrológica de una cuenca ante el movimiento de una tormenta," *Mecanica computacional*, vol. 31, pp. 579-603, 2012.

ANEXOS

Anexo I

Delimitación hidrográfica de la cuenca del río “Kattis”(MULLO).

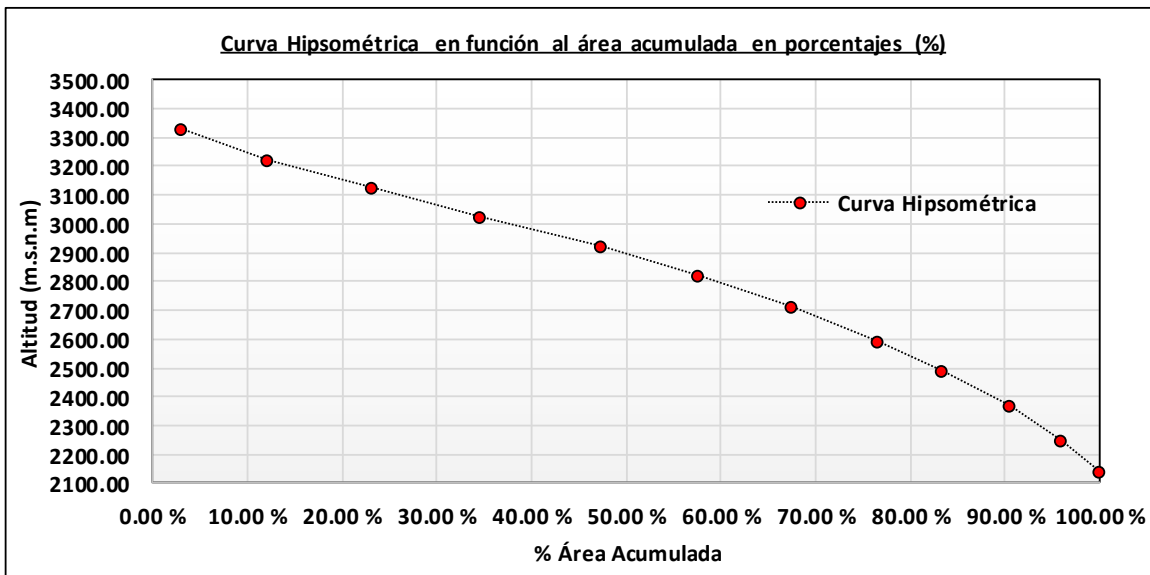
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO "MULLO - KATTIS".

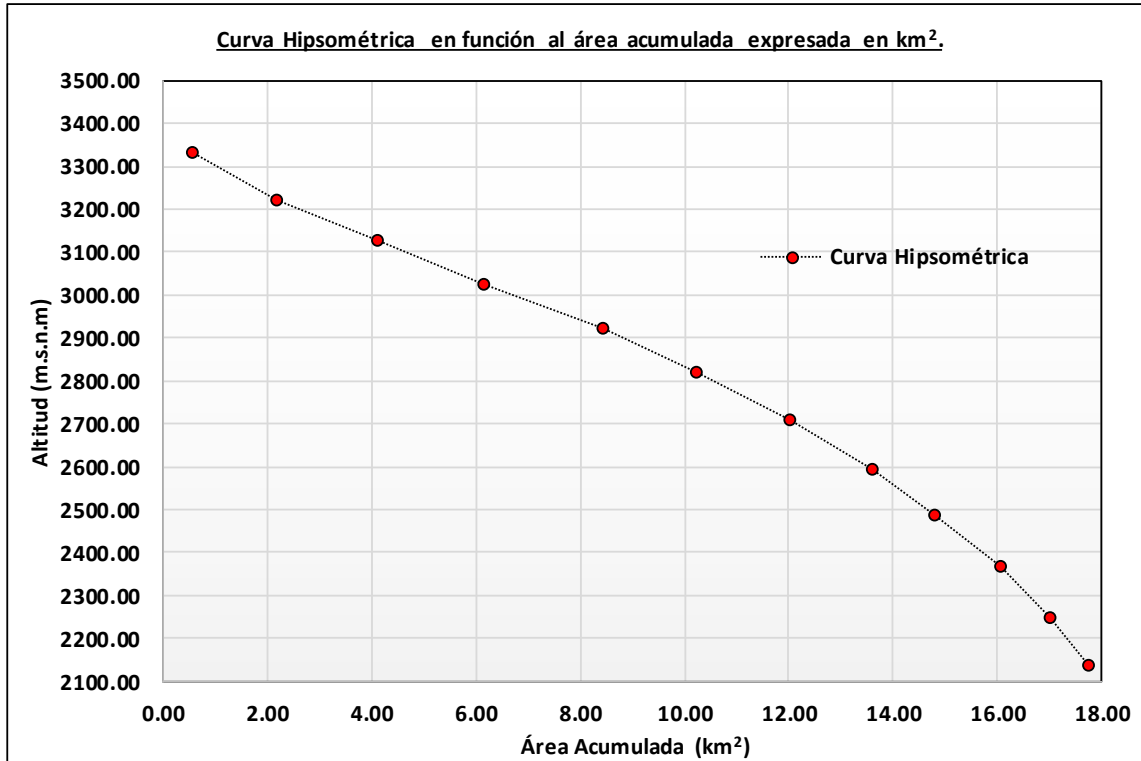
1.- CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LA SUBCUENCA "RIO MULLO KATTIS".

A) Curva Hipsométrica.

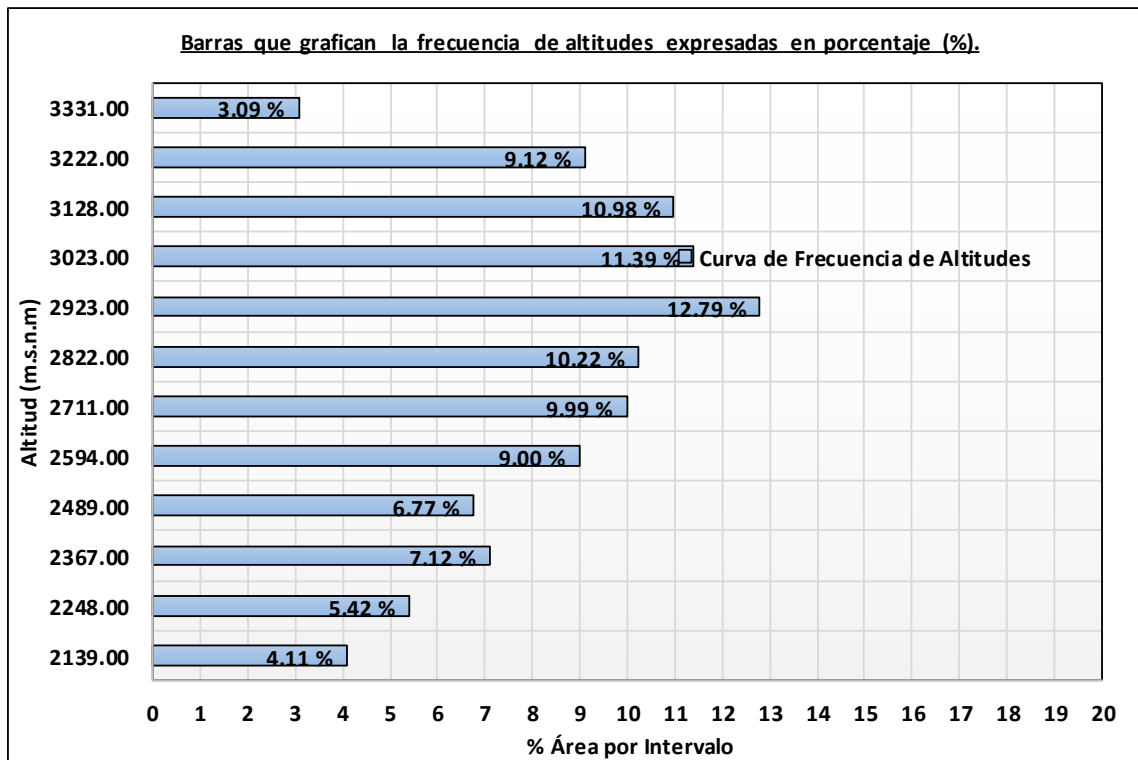
- a) Área de la cuenca : 17.76 km²
- b) Perímetro : 22.67 km
- c) Cota máxima (msnm) : 3480.00 m.s.n.m
- d) Cota mínima (msnm) : 2052.00 m.s.n.m
- e) Número de intervalos : 12

SUBCUENCA "RIO MULLO KATTIS": CÁLCULOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA Y DE FRECUENCIA DE ALTITUDES.							
N°	Elevación (m.s.n.m)			Área (Km ²)			
	Z _{Mínimo}	Z _{Máxima}	Z _{media}	Por intervalo	% Por intervalo	Acumulado	% Acumulado
01	2052.00	2190.00	2139.00	0.73	4.11 %	17.76	100.00 %
02	2191.00	2307.00	2248.00	0.96	5.42 %	17.03	95.89 %
03	2308.00	2427.00	2367.00	1.26	7.12 %	16.07	90.47 %
04	2428.00	2542.00	2489.00	1.20	6.77 %	14.81	83.35 %
05	2543.00	2653.00	2594.00	1.60	9.00 %	13.60	76.58 %
06	2654.00	2765.00	2711.00	1.78	9.99 %	12.01	67.58 %
07	2766.00	2871.00	2822.00	1.82	10.22 %	10.23	57.59 %
08	2872.00	2973.00	2923.00	2.27	12.79 %	8.41	47.37 %
09	2974.00	3075.00	3023.00	2.02	11.39 %	6.14	34.58 %
10	3076.00	3176.00	3128.00	1.95	10.98 %	4.12	23.19 %
11	3177.00	3285.00	3222.00	1.62	9.12 %	2.17	12.21 %
12	3286.00	3480.00	3331.00	0.55	3.09 %	0.55	3.09 %
TOTAL				17.76 km²	100.00 %		

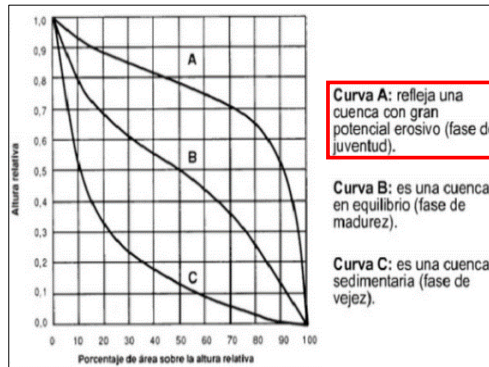




B) Curva de Frecuencia de Altitudes.



C) Altitud más frecuente: 2923.00 m.s.n.m



D) Altitud de frecuencia media $1/2$:

$$E_m = \frac{\sum a * e}{A}$$

Donde:

E_m = elevación media (m.s.n.m).

a = área entre curvas de nivel (km^2).

Z_m = elevación media entre curvas de nivel (m.s.n.m).

A = área total de la cuenca (km^2).

SUBCUENCA "RIO MULLO KATTIS": CÁLCULOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA ALTITUD DE FRECUENCIA MEDIA.					
N°	Elevación (m.s.n.m)			Área (km^2)	$a \times Z_{media}$ (km^2 -msnm)
	$Z_{Mínimo}$	$Z_{Máxima}$	Z_{media}	a (km^2)	
01	2052.00	2190.00	2139.00	0.73	1561.57
02	2191.00	2307.00	2248.00	0.96	2164.60
03	2308.00	2427.00	2367.00	1.26	2992.98
04	2428.00	2542.00	2489.00	1.20	2992.85
05	2543.00	2653.00	2594.00	1.60	4146.43
06	2654.00	2765.00	2711.00	1.78	4812.07
07	2766.00	2871.00	2822.00	1.82	5124.90
08	2872.00	2973.00	2923.00	2.27	6638.89
09	2974.00	3075.00	3023.00	2.02	6115.94
10	3076.00	3176.00	3128.00	1.95	6101.51
11	3177.00	3285.00	3222.00	1.62	5220.99
12	3286.00	3480.00	3331.00	0.55	1827.81
TOTAL				17.76 km^2	49700.54

$$E_m = \frac{\sum a * e}{A}$$

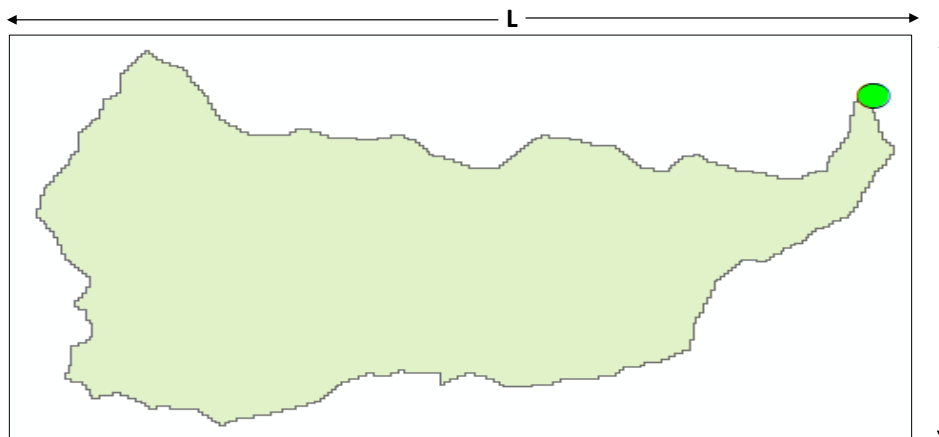
$$E_m = \frac{49700.54 \text{ km}^2\text{-msnm}}{17.76 \text{ km}^2}$$

$$E_m = 2797.90 \text{ m.s.n.m}$$

2.- ÍNDICES REPRESENTATIVOS DE LA SUBCUENCA "RIO MULLO KATTIS".

A) Índice o factor de forma de la cuenca.

$$F = \frac{\text{ancho (B)}}{\text{longitud (L)}}$$



Suponiendo la cuenca de forma rectangular:

$$F = \frac{B \times L}{L \times L} = \frac{A}{L^2}$$

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A = área de la cuenca (km²)

P = perímetro de la cuenca (km)

L = longitud del curso principal (km)

$$F = \frac{17.76 \text{ km}^2}{(10.75 \text{ km})^2}$$

F = 0.1536 ==> Cuenca estrecha con baja susceptibilidad de concentrar avenidas.

B) Índice de compacidad (índice de Gravelious).

$$K = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K = 0.28 \times \frac{22.67 \text{ km}}{\sqrt{17.8 \text{ km}^2}}$$

K = 1.51 ==> Forma oblonga a rectangular, con baja susceptibilidad de concentrar avenidas.

C) Radio de Elongación.

$$R = \frac{D}{L}$$

Donde:

D = diámetro de una circunferencia de igual superficie que la cuenca (km)

L = longitud del curso principal (km)

A = área de la circunferencia (km²)

$$A = \pi * r^2$$

$$A = 3.1416 * r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{17.76 \text{ km}^2}{3.1416}}$$

$$r = 2.38 \text{ km}$$

$$\implies D = 2 * r$$

$$\implies D = 4.76 \text{ km}$$

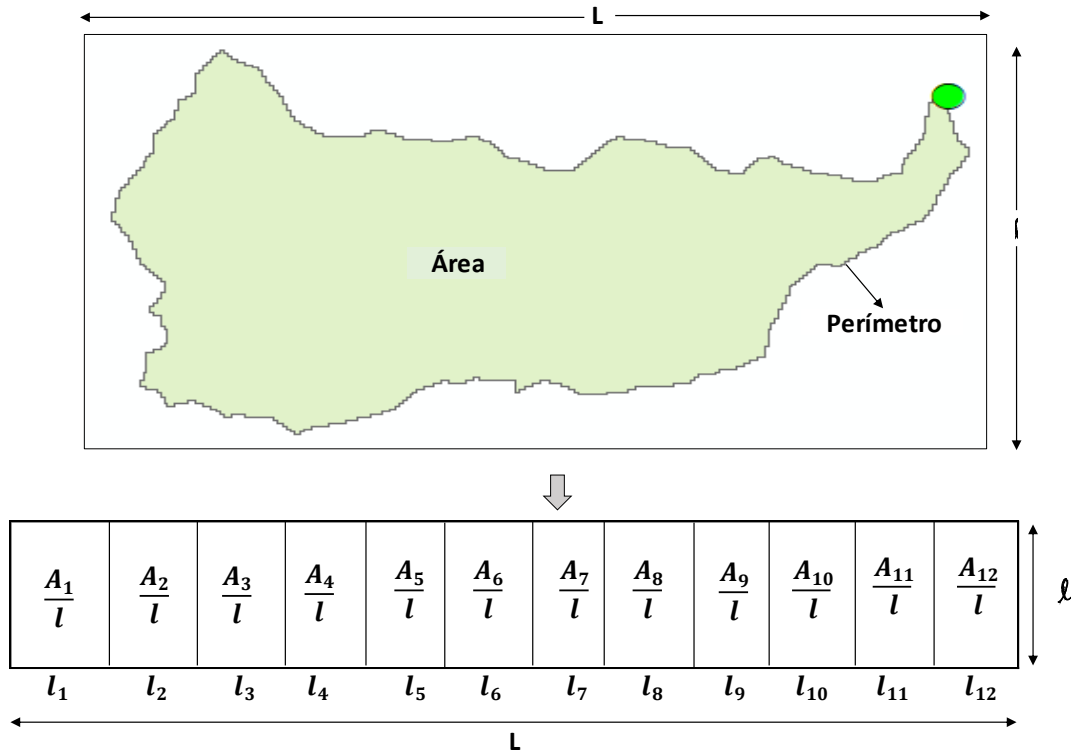
$$\implies L = 10.75 \text{ km}$$

$$R = \frac{D}{L}$$

$$R = \frac{4.76 \text{ km}}{10.75 \text{ km}}$$

$$R = 0.44$$

3.- RECTÁNGULO EQUIVALENTE DE LA SUBCUENCA "RIO MULLO KATTIS".



A) Cálculo del lado mayor y menor de la cuenca (L y l).

$$L = \frac{k * \sqrt{A}}{1.12} * \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k} \right)^2} \right) \quad \text{y} \quad l = \frac{k * \sqrt{A}}{1.12} * \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k} \right)^2} \right)$$

Donde:

L = longitud del lado mayor del rectángulo (km)

l = longitud del lado menor del rectángulo (km)

k = índice de Gravelious

A = área de la cuenca (km²)

$$L = \frac{1.51 * \sqrt{17.76}}{1.12} * \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.51} \right)^2} \right)$$

$$L = \quad \mathbf{9.46 \text{ km}}$$

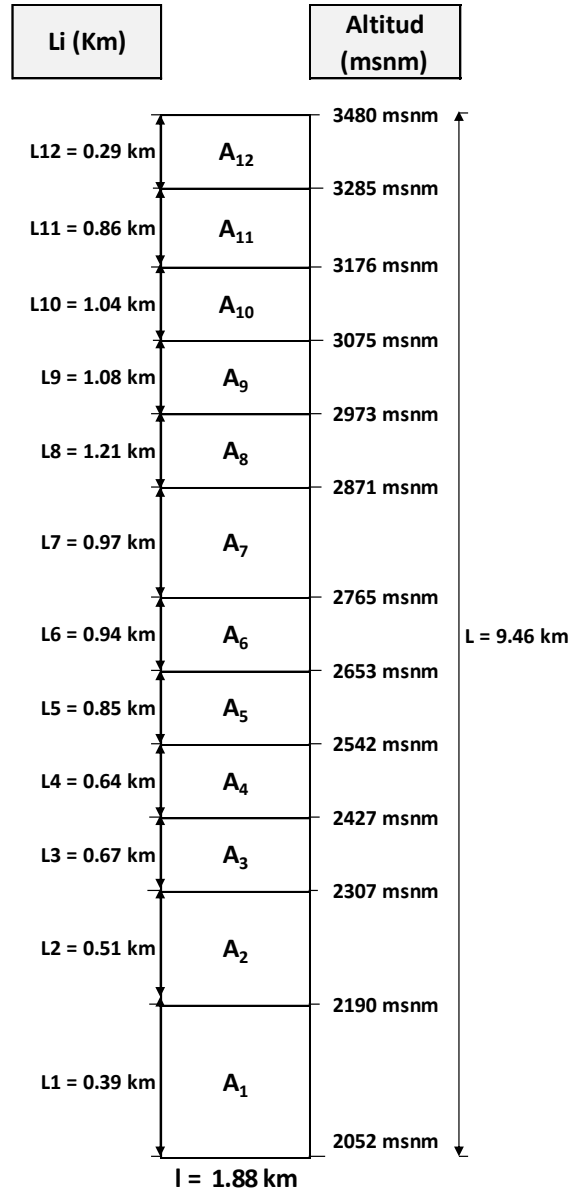
$$l = \frac{1.51 * \sqrt{17.76}}{1.12} * \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.51} \right)^2} \right)$$

$$l = \quad \mathbf{1.88 \text{ km}}$$

B) Cálculo de los segmentos del lado mayor L :

Dividiendo cada área parcial, entre el lado menor ℓ , del rectángulo equivalente, se tiene:

N°	Área (Km ²)	Li (Km)
01	0.73	0.39
02	0.96	0.51
03	1.26	0.67
04	1.20	0.64
05	1.60	0.85
06	1.78	0.94
07	1.82	0.97
08	2.27	1.21
09	2.02	1.08
10	1.95	1.04
11	1.62	0.86
12	0.55	0.29
Σ	17.8 km²	9.46 km



4.- PENDIENTE PROMEDIO DE LA SUBCUENCA "RIO MULLO KATTIS".

A) Por reclasificación de áreas en el SIG ARCGIS.

N°	OCURRENCIA	S _{mínima} (%)	S _{máxima} (%)	S _{media} (%)	OCUR * S _{media}
01	2167.00	0.00	8.33	4.17	9029
02	5496.00	8.33	16.67	12.50	68700
03	5815.00	16.67	25.00	20.83	121146
04	3167.00	25.00	33.33	29.17	92371
05	1199.00	33.33	41.67	37.50	44963
06	444.00	41.67	50.00	45.83	20350
07	190.00	50.00	58.33	54.17	10292
08	80.00	58.33	66.67	62.50	5000
09	30.00	66.67	75.00	70.83	2125
10	17.00	75.00	83.33	79.17	1346
11	5.00	83.33	91.67	87.50	438
12	4.00	91.67	100.00	95.83	383
SUMA	18614.00				376142
PENDIENTE PROMEDIO %					20.21 %

B) Criterio del rectángulo equivalente.

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde:

S = Pendiente de la cuenca.

H = Desnivel total (cota en la parte mas alta - cota en la estación de aforo), en metros.

L = Lado mayor del rectángulo equivalente, en metros.

$$S = \frac{3480.00 \text{ m.s.n.m} - 2052.00 \text{ m.s.n.m}}{9456.01 \text{ m}}$$

$$S = 15.10 \%$$

5.- RED HÍDRICA.

A) Longitud del cauce principal 10.75 Km

B) Longitud de máximo recorrido 4.82 Km

C) Orden 3

D) Grado de ramificación

ORDEN	N° TOTAL DE RÍOS	L. TOTAL DE RÍOS (km)	LONGITUD PROMEDIO DE RÍOS (km/río)
1	5	4.36	0.8715
2	2	3.41	1.7044
3	2	4.82	2.4117
TOTAL	9	12.59 km	4.9876 km/río

E) Coeficiente de masividad (Cm).

$$C_m = \frac{E_m}{A}$$

Donde:

E_m = elevación media (m.s.n.m)

A = área de la cuenca (km^2)

$$C_m = \frac{2797.90 \text{ m.s.n.m}}{17.76 \text{ km}^2}$$

$$C_m = 157.51$$

F) Coeficiente de torrencialidad (CT).

$$CT = \frac{\text{N}^\circ \text{ de cursos de agua de 1}^{\text{er}} \text{ Orden}}{\text{Superficie de cuenca (km}^2\text{)}}$$

$$CT = \frac{5.00}{17.76 \text{ km}^2}$$

$$CT = 0.28$$

G) Densidad de drenaje (Dd).

$$D_d = \frac{L_i}{A}$$

Donde:

L_i = longitud total de los cursos de agua (km)

A = área de la cuenca (km^2)

$$D_d = \frac{12.59 \text{ km}}{17.76 \text{ km}^2}$$

$$D_d = 0.7087 \text{ Km/Km}^2$$

H) Extensión media de escurrimiento superficial (Es).

$$E_s = \frac{A}{4 * L_i}$$

Donde:

L_i = longitud total de los cursos de agua (km)

A = área de la cuenca (km^2)

$$E_s = \frac{17.76 \text{ km}^2}{50.36 \text{ km}}$$

$$E_s = 0.35 \text{ Km}$$

I) Frecuencia de ríos (Fr).

$$F_r = \frac{\text{Total de cursos de agua}}{A}$$

Donde:

A = área de la cuenca (km²).

$$F_r = \frac{9.00 \text{ ríos}}{17.76 \text{ km}^2}$$

$$F_r = 0.51 \text{ ríos/km}^2$$

J) Pendiente del cauce principal por el criterio de la pendiente uniforme.

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde:

S = pendiente del cauce principal.

H = diferencia de cotas entre los extremos del cauce, en m.

L = longitud del cauce principal, en m.

$$S = \frac{3480.00 \text{ m.s.n.m} - 2052.00 \text{ m.s.n.m}}{10753.20 \text{ m}}$$

$$S = 13.28 \%$$

CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN PARA LA SUBCROCUECA "RIO MULLO KATTIS"

1.- Fórmula de Kirpich (1940).

$$T_c = 0.01947 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos (m).

L = Longitud del cauce principal en metros (m).

S = Pendiente media de la cuenca en m/m.

$$T_c = 0.01947 * \frac{(10753 \text{ m})^{0.77}}{(0.20207)^{0.385}}$$

$$T_c = 45.82 \text{ m} = 0.76 \text{ h}$$

2.- Fórmula de California Culverts Practice (1942).

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

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos (m).

L = Longitud del cauce principal en metros (m).

H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m).

$$T_c = 0.0195 * \left(\frac{(10753 \text{ m})^3}{(1428.00)} \right)^{0.385}$$

$$T_c = 53.94 \text{ m} = 0.90 \text{ h}$$

3.- Fórmula de George Rivero.

$$T_c = \frac{16 * L}{(1.05 - 0.20 * P) * (100 * S)^{0.04}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos (m).

L = Longitud del cauce principal en kilómetros (Km).

S = Pendiente media de la cuenca en m/m.

P = Relación entre el área cubierta de vegetación y el área de la cuenca, adimensional.

$$T_c = \frac{16 * 10.75 \text{ Km}}{(1.05 - 0.2 * 1.75) * (100 * 0.202 \text{ m/m})^{0.04}}$$

$$T_c = 217.64 \text{ m} = 3.63 \text{ h}$$

4.- Fórmula de Izzard (1948).

$$T_c = \frac{525 * (0.0000276 * i + c) * L^{0.33}}{S^{0.333} * i^{0.687}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos (m).

i = Intensidad de la lluvia (mm/h).

C = Coeficiente de retardo (0.06 para superficies cubiertas de pasto).

L = Longitud del cauce principal en metros (m).

S = Pendiente media de la cuenca en m/m.

$$T_c = \frac{525 * (0.0000276 * 20.0 + 0.06) * 10753.20 m^{0.33}}{(0.2021 \text{ m/m})^{0.333} * (20.00 \text{ mm/h})^{0.687}}$$

$$T_c = 147.96 \text{ m} = 2.47 \text{ h}$$

5.- Fórmula de la Federal Aviation Administration (1973).

$$T_c = \frac{0.7035 * (1.10 - C) * L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos (m).

C = Coeficiente de escorrentía del método racional.

L = Longitud del cauce principal en metros (m).

S = Pendiente media de la cuenca en m/m.

$$T_c = \frac{0.7035 * (1.10 - 0.60) * 10753.20 m^{0.5}}{(0.2021 \text{ m/m})^{0.333}}$$

$$T_c = 62.13 \text{ m} = 1.04 \text{ h}$$

6.- Ecuación de la Onda Cinemática Morgall y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973).

$$T_c = \frac{7 * L^{0.6} * n^{0.6}}{i^{0.40} * S^{0.30}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos (m).

i = Intensidad de la lluvia (mm/h).

C = Coeficiente de rugosidad de Manning (0.06 para superficies cubiertas de pasto).

L = Longitud del cauce principal en metros (m).

S = Pendiente media de la cuenca en m/m.

$$T_c = \frac{7 * (10753.2 \text{ m})^{0.6} * (0.043)^{0.6}}{(20.00 \text{ mm/h})^{0.4} * (0.202 \text{ m/m})^{0.3}}$$

$$T_c = 135.77 \text{ m} = 2.26 \text{ h}$$

7.- Fórmula de Retardo del SCS (1973).

$$T_c = \frac{0.0136 * L^{0.8} * \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos (m).

L = Longitud del cauce principal en metros (m).

CN = Número de curva SCS.

S = Pendiente media de la cuenca en m/m.

$$T_c = \frac{0.0136 * (10753.20 \text{ m})^{0.80} * \left(\frac{1000}{79} - 9\right)^{0.7}}{(0.2021 \text{ m/m})^{0.5}}$$

$$T_c = 125.98 \text{ m} = 2.10 \text{ h}$$

8.- Fórmula Australiana.

$$T_c = \frac{58 * L}{A^{0.1} * S^{0.2}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos (m).

L = Longitud del cauce principal en kilómetros (Km).

A = Área de la cuenca en Km².

S = Pendiente media de la cuenca en m/Km.

$$T_c = \frac{58 * 10.75 \text{ Km}}{(17.76 \text{ Km}^2)^{0.1} * (202.0746 \text{ m/Km})^{0.2}}$$

$$T_c = 161.77 \text{ m} = 2.70 \text{ h}$$

9.- Fórmula del SCS.

Nota: Esta fórmula se recomienda utilizar para cuencas pequeñas menores de 10.00 Km².

$$T_c = \frac{0.02872 * L^{0.8} * \left(\frac{1000}{N} - 9\right)^{1.67}}{S^{0.5}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en minutos (m).

L = Longitud del cauce principal en metros (m).

$$L = 110 * A^{0.60} = 110 * (1776.35 \text{ Ha})^{0.60} = 9797.39 \text{ m}$$

N = Número de curva.

S = Pendiente media de la cuenca en %.

$$T_c = \frac{0.02872 * (9797.39 \text{ m})^{0.80} * \left(\frac{1000}{79} - 9\right)^{1.67}}{(20.2075 \%)^{0.5}}$$

$$T_c = 86.89 \text{ m} = 1.45 \text{ h}$$

10.- Fórmula de U.S. Corps of Engineers.

$$T_c = 0.30 * \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en horas (h).

L = Longitud del cauce principal en kilómetros (Km).

S = Pendiente media de la cuenca en m/m.

$$T_c = 0.30 * \frac{(10.75 \text{ Km})^{0.76}}{(0.20207)^{0.19}}$$

$$T_c = 2.47 \text{ h}$$

11.- Fórmula de Giandotti.

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.50 * L}{25.30 * \sqrt{S * L}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la cuenca en horas (h).

A = Área de la cuenca en Km².

S = Pendiente media de la cuenca en m/m.

L = Longitud del cauce principal en kilómetros (Km).

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{17.8 \text{ Km}^2} + 1.50 * 10.75 \text{ Km}}{25.30 * \sqrt{0.20207 * 10.75 \text{ Km}}}$$

$$T_c = 0.88 \text{ h}$$

12.- Fórmula de U.S. Hathaway.

$$T_c = 0.286 * \frac{L^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Donde:

- T_c** = Tiempo de concentración de la cuenca en horas (h).
- L** = Longitud del cauce principal en kilómetros (Km).
- S** = Pendiente media de la cuenca en m/m.

$$T_c = 0.286 * \frac{(10.75 \text{ Km})^{0.467}}{(0.20207)^{0.234}}$$

T_c = 1.26 h

<i>Tiempo de concentración de la Subcuenca "Río Mullo Kattis"</i>	
<i>Fórmulas</i>	<i>Tc (Horas)</i>
1.- Fórmula de Kirpich (1940).	0.76 h
2.- Fórmula de California Culverts Practice (1942).	0.90 h
3.- Fórmula de George Rivero.	3.63 h
4.- Fórmula de Izzard (1948).	2.47 h
5.- Fórmula de la Federal Aviation Administration (1973).	1.04 h
6.- Ecuación de la Onda Cinemática Morgall y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973).	2.26 h
7.- Fórmula de Retardo del SCS (1973).	2.10 h
8.- Fórmula Australiana.	2.70 h
9.- Fórmula del SCS.	1.45 h
10.- Fórmula de U.S. Corps of Engineers.	2.47 h
11.- Fórmula de Giandotti.	0.88 h
12.- Fórmula de U.S. Hathaway.	1.26 h
Σ PROMEDIO =	1.83 h
MEDIANA =	1.77 h

Anexo II
**Tratamiento de la información
hidrometeorológica.**

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS DE LA ESTACIÓN CUTERVO (mm)

Departamento: Cajamarca Provincia : Cutervo Distrito: Cutervo I° de registros: 31 años

Latitud: 6° 22' 46.7" Longitud : 78° 48' 18.44" Altitud: 2668 m.s.n.m Período: 1983 - 2013

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Pmáx 24	Log(P 24hr)
1983	5.60	11.00	3.60	36.00	16.00	4.00	10.00	4.00	5.00	19.00	38.00	16.00	38.00	1.58
1984	16.40	19.20	8.00	13.00	6.00	3.16	1.90	2.74	2.32	2.11	2.95	2.32	19.20	1.28
1985	2.11	3.38	1.05	1.27	2.74	1.90	2.32	1.90	1.90	1.48	1.48	2.32	3.38	0.53
1986	1.48	1.90	2.53	1.90	2.11	0.42	1.90	1.90	2.53	5.06	1.90	4.22	5.06	0.70
1987	9.05	47.50	30.00	19.00	23.00	2.11	20.40	8.30	24.80	26.00	21.80	15.30	47.50	1.68
1988	18.00	14.00	17.90	74.10	10.50	9.00	11.10	3.40	11.00	15.60	33.20	17.20	74.10	1.87
1989	28.00	24.80	24.00	30.00	18.70	12.00	9.20	13.20	36.20	38.50	28.00	29.50	38.50	1.59
1990	30.00	22.40	22.40	52.00	19.80	7.00	8.70	6.40	12.30	43.00	24.00	17.00	52.00	1.72
1991	14.50	29.00	8.89	11.90	9.00	8.00	12.00	11.00	17.40	23.00	15.80	31.20	31.20	1.49
1992	9.20	26.80	31.00	23.80	16.90	14.50	8.50	24.00	22.00	19.00	15.30	12.50	31.00	1.49
1993	30.00	16.50	42.20	33.20	13.80	3.20	17.50	19.00	52.00	21.20	25.50	52.00	52.00	1.72
1994	23.00	25.00	39.00	81.50	12.50	4.50	5.00	0.30	17.80	6.80	38.00	26.80	81.50	1.91
1995	10.20	11.00	24.80	17.40	9.50	5.00	6.00	25.50	7.30	33.70	19.20	31.00	33.70	1.53
1996	15.10	23.40	31.20	22.40	21.90	34.20	2.40	8.20	8.40	39.50	19.50	11.00	39.50	1.60
1997	24.20	36.00	20.80	13.40	8.00	12.20	2.00	5.30	5.50	23.50	15.00	25.30	36.00	1.56
1998	10.00	54.00	49.00	26.00	65.70	3.00	0.00	1.60	23.30	51.00	34.30	43.50	65.70	1.82
1999	37.80	57.00	22.80	20.00	16.60	28.00	20.30	4.50	35.60	31.00	44.20	33.00	57.00	1.76
2000	14.80	50.00	30.80	40.90	22.50	13.90	14.80	8.10	16.00	5.30	9.00	34.00	50.00	1.70
2001	34.00	12.10	49.10	33.20	18.00	1.50	3.80	2.00	15.30	36.20	28.30	26.10	49.10	1.69
2002	12.70	21.30	27.80	41.90	27.00	3.40	9.00	1.80	40.00	54.40	22.20	22.10	54.40	1.74
2003	19.00	40.00	32.00	29.00	10.20	10.50	0.50	7.20	6.60	22.00	34.70	12.60	40.00	1.60
2004	25.50	33.00	11.40	33.10	13.70	5.10	7.40	6.00	12.90	29.10	38.60	16.70	38.60	1.59
2005	13.50	42.40	25.20	11.60	18.60	15.10	4.50	2.20	16.20	46.70	18.70	18.00	46.70	1.67
2006	27.00	25.40	49.50	37.00	7.40	14.80	12.50	3.50	10.80	23.50	32.40	18.60	49.50	1.69
2007	31.30	9.40	25.80	49.70	27.30	4.00	15.20	7.80	15.10	46.50	26.00	24.90	49.70	1.70
2008	28.00	38.30	15.20	23.80	20.80	11.70	6.20	18.50	22.20	35.20	10.07	24.40	38.30	1.58
2009	16.00	28.80	39.39	28.30	13.80	17.00	11.60	2.80	16.40	25.90	14.80	22.70	39.39	1.60
2010	13.90	49.30	50.40	24.40	15.50	4.80	28.90	4.80	26.30	26.20	29.00	18.60	50.40	1.70
2011	30.50	25.00	32.40	25.70	10.60	6.30	7.00	8.03	23.30	30.10	21.40	35.20	35.20	1.55
2012	40.50	19.90	34.30	29.70	8.80	1.20	2.00	4.00	22.20	39.80	13.30	17.50	40.50	1.61
2013	49.00	21.50	32.90	31.90	59.00	10.10	2.40	16.81	8.70	15.30	12.20	28.50	59.00	1.77

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P 24hr)
Número de datos (N)	31	31
Sumatoria	1346	49
Valor máximo	81.50	1.91
Valor mínimo	3.38	0.53
Media	43.42	1.58
Varianza	271.6	0.082
Desviación Estándar	16.48	0.286
Coficiente Variación	0.38	0.181
Coficiente de Sesgo	-0.29	-2.69
Se considera	Detectar datos dudosos bajos.	

* Si la asimetría de estación es mayor que +0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos altos. ==> Coeficiente de Sesgo : 1.2387

* Si la asimetría de estación es menor que -0.4, primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos. ==> Coeficiente de Sesgo : -1.4832

* Cuando la asimetría de la estación está entre -0.4 y +0.4, deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos. ==> Coeficiente de Sesgo : 0.3890

Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981.

$n = 31$
 $K_n = 2.577$
 $K_n =$ Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia 10%).

Umbral de datos dudosos altos (x_H : unidad Logarítmicas)

$$X_H = \bar{X} + K_n * s \quad X_H = 2.316$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{x_H} \quad PH = 207.12 \text{ mm}$$

Como 207.1 > 81.50 ENTONCES, NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTOS DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos (x_L : unidad Logarítmicas)

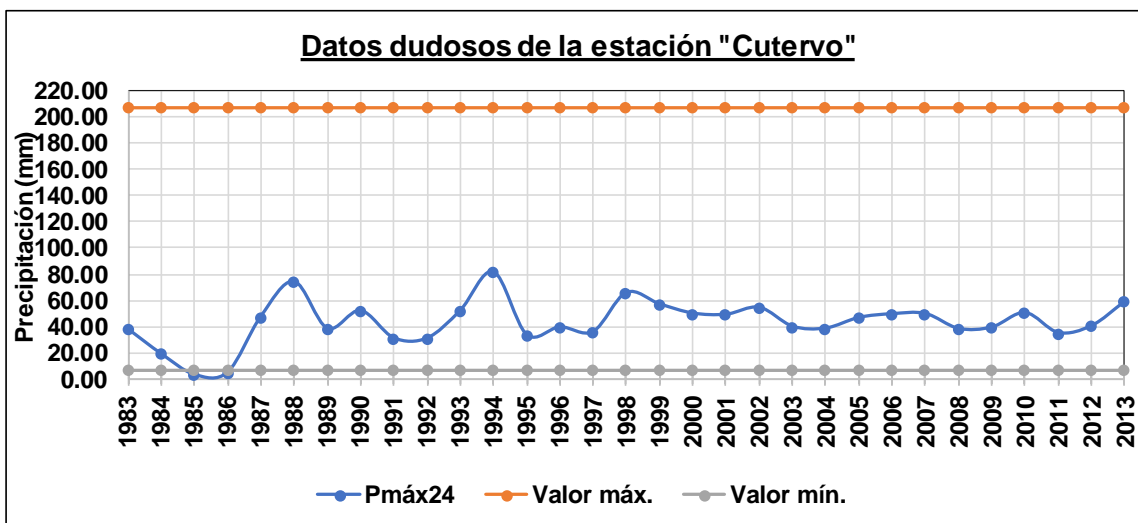
$$X_L = \bar{X} - K_n * s \quad x_L = 0.844$$

Precipitación máxima aceptada

$$PL = 10^{x_L} \quad PL = 6.99 \text{ mm}$$

Como 6.99 > 3.38 ENTONCES, EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMOS DE LA MUESTRA

AÑO	Pmáx 24	Valor máx.	Valor mín.
1983	38.00	207.1	6.99
1984	19.20	207.1	6.99
1985	3.38	207.1	6.99
1986	5.06	207.1	6.99
1987	47.50	207.1	6.99
1988	74.10	207.1	6.99
1989	38.50	207.1	6.99
1990	52.00	207.1	6.99
1991	31.20	207.1	6.99
1992	31.00	207.1	6.99
1993	52.00	207.1	6.99
1994	81.50	207.1	6.99
1995	33.70	207.1	6.99
1996	39.50	207.1	6.99
1997	36.00	207.1	6.99
1998	65.70	207.1	6.99
1999	57.00	207.1	6.99
2000	50.00	207.1	6.99
2001	49.10	207.1	6.99
2002	54.40	207.1	6.99
2003	40.00	207.1	6.99
2004	38.60	207.1	6.99
2005	46.70	207.1	6.99
2006	49.50	207.1	6.99
2007	49.70	207.1	6.99
2008	38.30	207.1	6.99
2009	39.39	207.1	6.99
2010	50.40	207.1	6.99
2011	35.20	207.1	6.99
2012	40.50	207.1	6.99
2013	59.00	207.1	6.99



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS DE LA ESTACIÓN QUEROCOTILLO (mm)

Departamento: Cajamarca Provincia : Cutervo Distrito: Querocotillo Nº de registros: 31 años
 Latitud: 6° 16' 25.16" Longitud : 79° 2' 13.04" Altitud: 1970 m.s.n.m Período: 1983 - 2013

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Pmáx 24	Log(P 24hr)
1983	7.50	5.00	6.00	10.50	7.50	3.00	6.50	6.00	4.50	8.00	5.00	5.00	10.50	1.02
1984	7.50	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	4.50	6.50	5.50	5.00	7.00	5.50	7.50	0.88
1985	5.00	8.00	2.50	3.00	6.50	4.50	5.50	4.50	4.50	3.50	3.50	5.50	8.00	0.90
1986	3.50	4.50	6.00	4.50	5.00	1.00	4.50	4.50	6.00	12.00	4.50	5.50	12.00	1.08
1987	5.50	4.50	4.50	4.50	4.00	5.00	4.50	4.00	3.50	2.50	3.50	5.50	5.50	0.74
1988	3.50	5.00	4.50	2.50	1.50	1.50	2.00	6.00	5.00	2.50	7.50	5.50	7.50	0.88
1989	5.00	4.00	4.50	4.50	3.50	3.50	2.50	3.50	4.00	3.50	3.50	4.50	5.00	0.70
1990	5.50	3.00	3.50	4.00	6.00	4.50	3.50	4.50	4.00	6.00	4.50	4.50	6.00	0.78
1991	4.50	4.00	5.50	5.00	6.50	2.50	2.50	2.00	4.00	2.50	2.50	5.00	6.50	0.81
1992	3.00	4.00	4.50	5.00	3.50	4.50	3.00	2.50	7.50	4.50	3.50	3.50	7.50	0.88
1993	4.00	14.00	11.50	9.50	9.50	5.00	3.50	5.50	4.50	17.50	9.50	9.00	17.50	1.24
1994	12.00	15.00	22.50	24.00	30.50	12.00	8.00	11.00	31.00	11.00	10.00	20.00	31.00	1.49
1995	15.50	12.00	14.00	15.00	16.00	17.00	16.00	10.00	7.00	15.50	23.50	46.00	46.00	1.66
1996	7.00	25.50	39.00	33.00	15.50	21.00	7.00	10.00	9.00	23.50	61.50	12.50	61.50	1.79
1997	13.00	30.00	8.00	31.50	28.00	5.50	0.00	8.00	7.00	33.00	10.00	22.00	33.00	1.52
1998	31.00	29.00	80.00	62.00	32.50	25.50	9.00	3.00	15.00	29.50	30.00	13.00	80.00	1.90
1999	47.00	62.70	12.50	32.00	11.50	29.00	16.30	7.30	12.40	32.30	26.00	19.00	62.70	1.80
2000	22.00	27.80	24.00	55.00	28.50	28.30	9.20	14.00	51.10	11.50	15.80	54.60	55.00	1.74
2001	40.30	38.60	23.40	29.90	26.10	6.40	30.20	5.50	21.60	26.20	23.70	34.10	40.30	1.61
2002	18.60	31.80	39.40	40.60	24.70	18.00	10.70	3.30	22.20	35.60	24.90	19.50	40.60	1.61
2003	34.30	42.10	18.60	17.30	16.80	15.20	5.20	6.20	6.90	18.00	29.70	62.00	62.00	1.79
2004	16.20	33.40	21.50	41.20	43.00	30.00	20.00	5.70	12.80	17.00	66.70	35.50	66.70	1.82
2005	23.00	34.00	32.10	5.90	11.80	20.20	10.40	3.40	6.10	29.00	36.00	25.00	36.00	1.56
2006	30.00	30.80	49.80	25.20	17.00	12.00	5.20	6.80	12.90	40.80	16.70	14.10	49.80	1.70
2007	51.00	11.20	25.40	14.10	23.20	8.80	13.20	10.10	5.20	40.50	40.50	28.20	51.00	1.71
2008	32.90	47.70	32.20	30.00	17.00	11.00	16.30	6.40	19.40	25.20	11.30	29.80	47.70	1.68
2009	27.50	38.70	51.60	55.20	13.20	34.40	18.80	11.00	11.70	22.50	32.90	21.00	55.20	1.74
2010	16.50	58.30	67.10	36.60	29.90	5.50	8.50	3.60	17.00	33.40	25.80	29.90	67.10	1.83
2011	28.60	28.00	26.20	35.50	37.40	25.60	15.90	11.40	14.70	31.30	26.50	24.80	37.40	1.57
2012	32.00	25.00	16.10	30.40	7.00	5.00	12.00	8.00	6.10	14.70	25.80	42.80	42.80	1.63
2013	30.00	18.00	43.00	26.00	29.80	6.00	5.50	32.50	7.50	25.70	8.50	15.70	43.00	1.63

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P 24hr)
Número de datos (N)	31	31
Sumatoria	1102	44
Valor máximo	80.00	1.90
Valor mínimo	5.00	0.70
Media	35.56	1.41
Varianza	529.4	0.164
Desviación Estándar	23.01	0.405
Coficiente Variación	0.647	0.287
Coficiente de Sesgo	0.008	-0.63
Se considera	Detectar datos dudosos bajos.	

* Si la asimetría de estación es mayor que +0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos altos. ==> Coeficiente de Sesgo : 1.2387

* Si la asimetría de estación es menor que -0.4, primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos. ==> Coeficiente de Sesgo : -1.4832

* Cuando la asimetría de la estación está entre -0.4 y +0.4, deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos. ==> Coeficiente de Sesgo : 0.3890

Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981.

$n = 31$
 $K_n = 2.577$
 $K_n =$ Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia 10%).

Umbral de datos dudosos altos (x_H : unidad Logarítmicas)

$$X_H = \bar{X} + K_n * s \quad X_H = 2.452$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{x_H} \quad PH = 282.94 \text{ mm}$$

Como 282.9 > 80.00 ENTONCES, NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTOS DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos (x_L : unidad Logarítmicas)

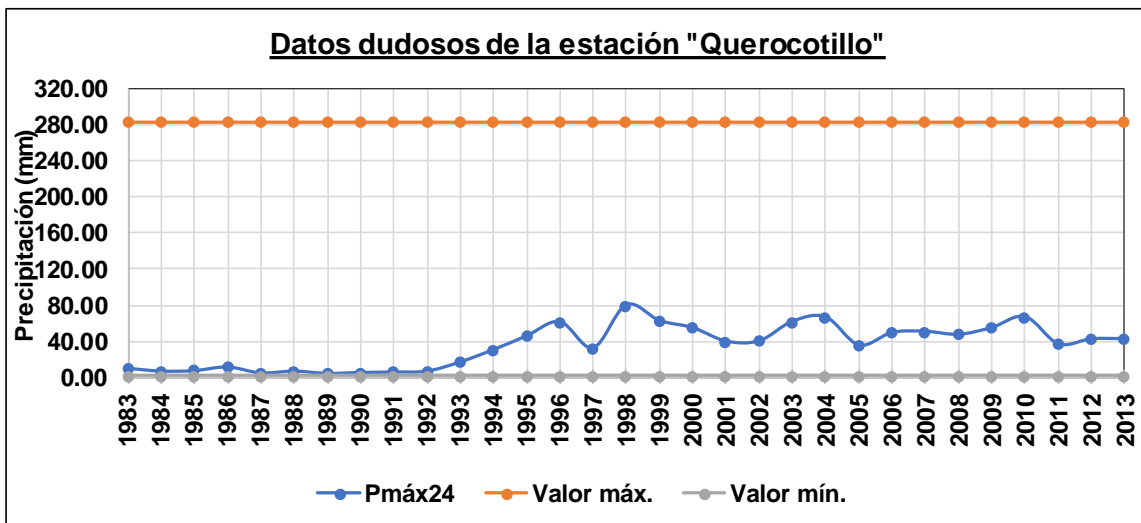
$$X_L = \bar{X} - K_n * s \quad x_L = 0.366$$

Precipitación máxima aceptada

$$PL = 10^{x_L} \quad PL = 2.32 \text{ mm}$$

Como 2.325 < 5.00 ENTONCES, NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMOS DE LA MUESTRA

AÑO	Pmáx 24	Valor máx.	Valor mín.
1983	10.50	282.9	2.32
1984	7.50	282.9	2.32
1985	8.00	282.9	2.32
1986	12.00	282.9	2.32
1987	5.50	282.9	2.32
1988	7.50	282.9	2.32
1989	5.00	282.9	2.32
1990	6.00	282.9	2.32
1991	6.50	282.9	2.32
1992	7.50	282.9	2.32
1993	17.50	282.9	2.32
1994	31.00	282.9	2.32
1995	46.00	282.9	2.32
1996	61.50	282.9	2.32
1997	33.00	282.9	2.32
1998	80.00	282.9	2.32
1999	62.70	282.9	2.32
2000	55.00	282.9	2.32
2001	40.30	282.9	2.32
2002	40.60	282.9	2.32
2003	62.00	282.9	2.32
2004	66.70	282.9	2.32
2005	36.00	282.9	2.32
2006	49.80	282.9	2.32
2007	51.00	282.9	2.32
2008	47.70	282.9	2.32
2009	55.20	282.9	2.32
2010	67.10	282.9	2.32
2011	37.40	282.9	2.32
2012	42.80	282.9	2.32
2013	43.00	282.9	2.32



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS DE LA ESTACIÓN COCHABAMBA (mm)

Departamento: Cajamarca Provincia : Chota Distrito: Cochabamba Nº de registros: 31 años
 Latitud: 6° 27' 36.32" Longitud : 6° 27' 36.32" Altitud: 1653 m.s.n.m Período: 1983 - 2013

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Pmáx 24	Log(P 24hr)
1983	21.00	28.00	17.90	27.00	10.00	0.00	6.41	4.08	22.00	10.25	15.60	7.86	28.00	1.45
1984	9.11	9.87	5.93	7.69	5.45	3.34	2.00	2.90	2.45	2.23	3.12	2.45	9.87	0.99
1985	2.23	3.56	1.11	1.34	2.90	2.00	2.45	2.00	2.00	1.56	1.56	2.45	3.56	0.55
1986	1.56	2.00	2.67	2.00	2.23	0.45	2.00	2.00	2.67	5.35	2.00	6.00	6.00	0.78
1987	21.30	35.00	7.00	24.00	5.00	2.23	9.00	0.00	23.80	14.00	9.80	8.00	35.00	1.54
1988	12.80	10.80	15.20	30.80	102.0	8.20	14.00	22.20	24.20	18.60	11.40	12.60	102.0	2.01
1989	36.40	26.00	50.40	49.00	10.80	67.20	8.00	10.00	35.20	29.00	10.00	7.60	67.20	1.83
1990	11.00	25.00	11.00	18.20	19.20	10.80	2.40	1.00	4.00	45.00	24.20	2.80	45.00	1.65
1991	4.20	6.00	20.80	31.00	6.06	3.93	4.00	1.50	34.00	9.60	24.00	16.00	34.00	1.53
1992	19.20	28.50	11.20	58.00	24.20	6.40	4.00	4.80	31.00	28.00	14.00	5.60	58.00	1.76
1993	12.00	30.00	48.60	22.80	7.20	0.50	23.00	8.00	14.00	17.20	11.00	7.00	48.60	1.69
1994	8.50	23.40	60.00	27.00	17.60	2.00	5.32	5.01	45.00	29.00	22.00	10.00	60.00	1.78
1995	41.00	20.00	8.00	12.00	22.00	0.50	13.00	3.80	3.50	12.00	27.50	12.50	41.00	1.61
1996	11.00	29.00	83.00	42.50	39.00	18.00	0.00	32.00	13.00	32.00	11.00	0.20	83.00	1.92
1997	16.00	50.50	11.00	26.00	6.00	11.50	6.00	0.00	0.00	5.50	11.00	34.00	50.50	1.70
1998	10.00	45.00	29.00	36.00	25.50	5.50	0.00	20.00	29.00	17.00	12.20	7.00	45.00	1.65
1999	11.50	10.50	17.00	21.29	10.96	71.40	11.70	8.90	63.50	31.10	9.20	26.70	71.40	1.85
2000	14.50	23.10	31.00	35.10	83.00	17.90	3.90	30.50	31.70	32.70	35.10	22.00	83.00	1.92
2001	24.50	21.10	21.30	80.20	39.90	2.30	0.80	1.40	79.30	13.80	16.30	48.80	80.20	1.90
2002	19.70	52.40	14.20	80.50	28.50	9.50	7.40	0.00	41.60	31.30	21.80	9.80	80.50	1.91
2003	22.00	53.00	28.20	34.20	18.50	27.50	5.40	3.50	11.70	32.80	45.40	9.60	53.00	1.72
2004	13.10	20.00	12.20	46.70	36.50	1.90	15.00	0.90	27.30	18.10	19.20	15.60	46.70	1.67
2005	7.90	35.10	23.30	28.70	4.70	15.40	1.30	9.00	15.40	30.30	22.20	16.00	35.10	1.55
2006	14.20	19.00	42.60	21.20	14.00	26.70	24.60	2.80	38.10	17.50	19.40	24.00	42.60	1.63
2007	18.20	22.00	26.70	25.40	60.60	0.00	21.80	16.70	21.20	26.80	32.60	17.20	60.60	1.78
2008	35.20	50.60	102.2	33.10	30.10	22.40	3.10	61.30	45.30	73.90	16.80	7.30	102.2	2.01
2009	25.90	23.40	55.80	10.80	16.40	8.00	5.80	24.00	1.60	15.60	16.90	41.90	55.80	1.75
2010	22.20	82.20	40.00	53.20	20.80	11.40	21.00	4.50	57.50	20.60	23.40	15.40	82.20	1.91
2011	29.00	19.10	14.20	28.90	20.40	3.80	2.70	10.20	49.20	13.30	12.30	36.90	49.20	1.69
2012	24.30	21.60	74.40	61.40	27.20	0.00	0.00	0.00	41.40	41.40	20.60	57.60	74.40	1.87
2013	24.70	8.30	59.50	25.50	38.60	7.00	0.00	9.80	3.50	44.00	13.20	23.30	59.50	1.77

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P 24hr)
Número de datos (N)	31	31
Sumatoria	1693	51
Valor máximo	102.2	2.01
Valor mínimo	3.56	0.55
Media	54.62	1.66
Varianza	622.4	0.109
Desviación Estándar	24.95	0.331
Coficiente Variación	0.457	0.199
Coficiente de Sesgo	-0.13	-2.11
Se considera	Detectar datos dudosos bajos.	

* Si la asimetría de estación es mayor que +0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos altos. ==> Coeficiente de Sesgo : 1.2387

* Si la asimetría de estación es menor que -0.4, primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos. ==> Coeficiente de Sesgo : -1.4832

* Cuando la asimetría de la estación está entre -0.4 y +0.4, deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos. ==> Coeficiente de Sesgo : 0.3890

Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981.

$$n = 31$$

$$K_n = 2.577$$

K_n = Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia 10%).

Umbral de datos dudosos altos (x_H : unidad Logarítmicas)

$$X_H = \bar{X} + K_n * s \quad X_H = 2.51$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{x_H} \quad PH = 323.73 \text{ mm}$$

Como 323.7 > 102.2 ENTONCES, NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTOS DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos (x_L : unidad Logarítmicas)

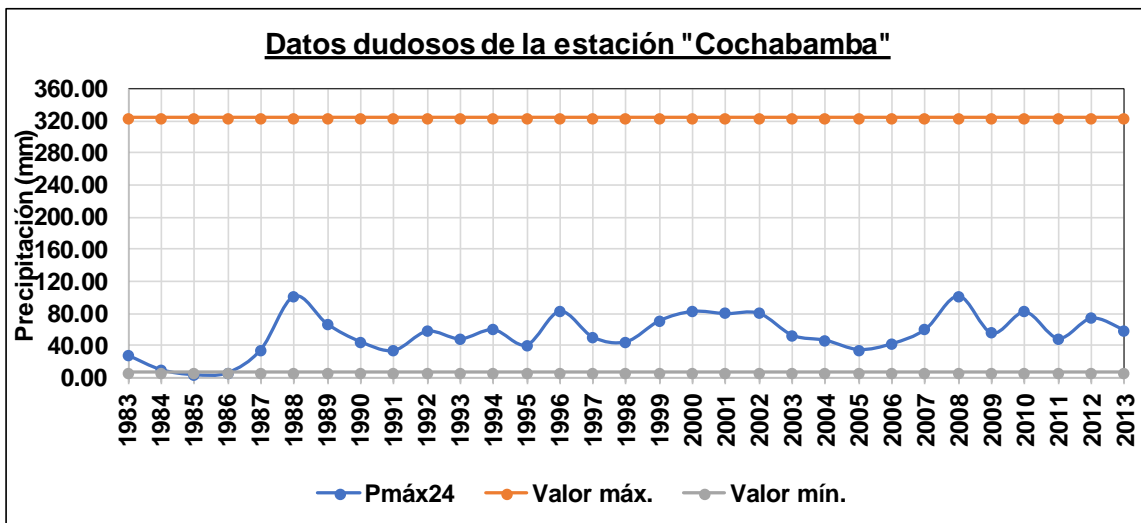
$$X_L = \bar{X} - K_n * s \quad x_L = 0.806$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{x_L} \quad PL = 6.39 \text{ mm}$$

Como 6.39 > 3.56 ENTONCES, EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMOS DE LA MUESTRA

AÑO	Pmáx 24	Valor máx.	Valor mín.
1983	28.00	323.7	6.39
1984	9.87	323.7	6.39
1985	3.56	323.7	6.39
1986	6.00	323.7	6.39
1987	35.00	323.7	6.39
1988	102.0	323.7	6.39
1989	67.20	323.7	6.39
1990	45.00	323.7	6.39
1991	34.00	323.7	6.39
1992	58.00	323.7	6.39
1993	48.60	323.7	6.39
1994	60.00	323.7	6.39
1995	41.00	323.7	6.39
1996	83.00	323.7	6.39
1997	50.50	323.7	6.39
1998	45.00	323.7	6.39
1999	71.40	323.7	6.39
2000	83.00	323.7	6.39
2001	80.20	323.7	6.39
2002	80.50	323.7	6.39
2003	53.00	323.7	6.39
2004	46.70	323.7	6.39
2005	35.10	323.7	6.39
2006	42.60	323.7	6.39
2007	60.60	323.7	6.39
2008	102.2	323.7	6.39
2009	55.80	323.7	6.39
2010	82.20	323.7	6.39
2011	49.20	323.7	6.39
2012	74.40	323.7	6.39
2013	59.50	323.7	6.39



PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE A LOS REGISTROS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA "CUTERVO".

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS				
Nº DE DATO	AÑO	Pm24H (mm)	ORDENADOS	T (años)
01	1983	38.00	81.50	32.00
02	1984	19.20	74.10	16.00
03	1985	3.38	65.70	10.67
04	1986	5.06	59.00	8.00
05	1987	47.50	57.00	6.40
06	1988	74.10	54.40	5.33
07	1989	38.50	52.00	4.57
08	1990	52.00	52.00	4.00
09	1991	31.20	50.40	3.56
10	1992	31.00	50.00	3.20
11	1993	52.00	49.70	2.91
12	1994	81.50	49.50	2.67
13	1995	33.70	49.10	2.46
14	1996	39.50	47.50	2.29
15	1997	36.00	46.70	2.13
16	1998	65.70	40.50	2.00
17	1999	57.00	40.00	1.88
18	2000	50.00	39.50	1.78
19	2001	49.10	39.39	1.68
20	2002	54.40	38.60	1.60
21	2003	40.00	38.50	1.52
22	2004	38.60	38.30	1.45
23	2005	46.70	38.00	1.39
24	2006	49.50	36.00	1.33
25	2007	49.70	35.20	1.28
26	2008	38.30	33.70	1.23
27	2009	39.39	31.20	1.19
28	2010	50.40	31.00	1.14
29	2011	35.20	19.20	1.10
30	2012	40.50	5.06	1.07
31	2013	59.00	3.38	1.03

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	
<i>ESTACIÓN METEOROLÓGICA "CUTERVO"</i>	
Media	43.42
Mediana	40.50
Moda	---
Desviación estándar	16.48
Varianza	271.59
Curtosis	1.37
Coficiente de asimetría	-0.29
Rango	81.50
Mínimo	3.38
Máximo	81.50
Suma	1346.13
Nº de datos	31
Nivel de significación (% error)	5.00%

A) ANÁLISIS POR DISTRIBUCIÓN NORMAL.

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	
Media	43.42
Desviación estándar	16.48
Nivel de significación (% error)	5.00%

N° DE DATO	AÑO	Pm24H (mm)	ORDENADOS	F (X)	f (X)
01	1983	38.00	81.50	0.989569	0.001678
02	1984	19.20	74.10	0.968659	0.004281
03	1985	3.38	65.70	0.911768	0.009709
04	1986	5.06	59.00	0.827714	0.015487
05	1987	47.50	57.00	0.794977	0.017242
06	1988	74.10	54.40	0.747309	0.019392
07	1989	38.50	52.00	0.698613	0.021142
08	1990	52.00	52.00	0.698613	0.021142
09	1991	31.20	50.40	0.663972	0.022133
10	1992	31.00	50.00	0.655074	0.022355
11	1993	52.00	49.70	0.648343	0.022514
12	1994	81.50	49.50	0.643830	0.022617
13	1995	33.70	49.10	0.634744	0.022813
14	1996	39.50	47.50	0.597684	0.023478
15	1997	36.00	46.70	0.578795	0.023734
16	1998	65.70	40.50	0.429596	0.023830
17	1999	57.00	40.00	0.417715	0.023691
18	2000	50.00	39.50	0.405909	0.023531
19	2001	49.10	39.39	0.403365	0.023494
20	2002	54.40	38.60	0.384878	0.023193
21	2003	40.00	38.50	0.382561	0.023151
22	2004	38.60	38.30	0.377940	0.023066
23	2005	46.70	38.00	0.371040	0.022932
24	2006	49.50	36.00	0.326189	0.021872
25	2007	49.70	35.20	0.308888	0.021374
26	2008	38.30	33.70	0.277588	0.020340
27	2009	39.39	31.20	0.229128	0.018386
28	2010	50.40	31.00	0.225467	0.018220
29	2011	35.20	19.20	0.070797	0.008219
30	2012	40.50	5.06	0.009965	0.001612
31	2013	59.00	3.38	0.007547	0.001264

B) ANÁLISIS POR DISTRIBUCIÓN "LOG - NORMAL DE 2 PARÁMETROS".

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	
Media	3.64
Desviación estándar	0.66
Coefficiente de asimetría	-2.69
Nivel de significación (% error)	5.00%

N° DE DATO	AÑO	Pm24H (mm)	ORDENADOS	$y = \ln(x)$	F (X)	f (X)
01	1983	38.00	81.50	4.4006	0.876663	0.310160
02	1984	19.20	74.10	4.3054	0.844637	0.362970
03	1985	3.38	65.70	4.1851	0.796931	0.429694
04	1986	5.06	59.00	4.0775	0.747652	0.485698
05	1987	47.50	57.00	4.0431	0.730614	0.502302
06	1988	74.10	54.40	3.9964	0.706664	0.523390
07	1989	38.50	52.00	3.9512	0.682621	0.542007
08	1990	52.00	52.00	3.9512	0.682621	0.542007
09	1991	31.20	50.40	3.9200	0.665496	0.553759
10	1992	31.00	50.00	3.9120	0.661072	0.556594
11	1993	52.00	49.70	3.9060	0.657716	0.558691
12	1994	81.50	49.50	3.9020	0.655461	0.560074
13	1995	33.70	49.10	3.8939	0.650905	0.562804
14	1996	39.50	47.50	3.8607	0.632085	0.573180
15	1997	36.00	46.70	3.8437	0.622308	0.578004
16	1998	65.70	40.50	3.7013	0.537806	0.604021
17	1999	57.00	40.00	3.6889	0.530296	0.604997
18	2000	50.00	39.50	3.6763	0.522681	0.605766
19	2001	49.10	39.39	3.6736	0.521020	0.605905
20	2002	54.40	38.60	3.6533	0.508708	0.606603
21	2003	40.00	38.50	3.6507	0.507135	0.606650
22	2004	38.60	38.30	3.6454	0.503975	0.606717
23	2005	46.70	38.00	3.6376	0.499203	0.606746
24	2006	49.50	36.00	3.5835	0.466438	0.604599
25	2007	49.70	35.20	3.5610	0.452873	0.602509
26	2008	38.30	33.70	3.5175	0.426757	0.596492
27	2009	39.39	31.20	3.4404	0.381377	0.579723
28	2010	50.40	31.00	3.4340	0.377654	0.577986
29	2011	35.20	19.20	2.9549	0.149107	0.353198
30	2012	40.50	5.06	1.6220	0.001080	0.005494
31	2013	59.00	3.38	1.2166	0.000115	0.000685

C) ANÁLISIS POR DISTRIBUCIÓN "LOG - NORMAL DE 3 PARÁMETROS".

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	
Media	3.97
Desviación estándar	0.37
Coefficiente de asimetría	-1.85
a	(12.6525)
Nivel de significación (% error)	5.00%

N° DE DATO	AÑO	Pm24H (mm)	ORDENADOS	$y = \ln(x - a)$	F (X)	f (X)
01	1983	38.00	81.50	4.5449	0.937586	0.328567
02	1984	19.20	74.10	4.4631	0.905895	0.448893
03	1985	3.38	65.70	4.3612	0.851647	0.618999
04	1986	5.06	59.00	4.2718	0.789431	0.772014
05	1987	47.50	57.00	4.2435	0.766919	0.818149
06	1988	74.10	54.40	4.2055	0.734668	0.876567
07	1989	38.50	52.00	4.1690	0.701774	0.927398
08	1990	52.00	52.00	4.1690	0.701774	0.927398
09	1991	31.20	50.40	4.1440	0.678135	0.958744
10	1992	31.00	50.00	4.1376	0.672009	0.966181
11	1993	52.00	49.70	4.1328	0.667359	0.971642
12	1994	81.50	49.50	4.1296	0.664231	0.975225
13	1995	33.70	49.10	4.1231	0.657912	0.982245
14	1996	39.50	47.50	4.0969	0.631777	1.008214
15	1997	36.00	46.70	4.0835	0.618199	1.019784
16	1998	65.70	40.50	3.9732	0.502266	1.066947
17	1999	57.00	40.00	3.9637	0.492183	1.066759
18	2000	50.00	39.50	3.9542	0.482008	1.065879
19	2001	49.10	39.39	3.9521	0.479795	1.065595
20	2002	54.40	38.60	3.9368	0.463479	1.062490
21	2003	40.00	38.50	3.9348	0.461405	1.061967
22	2004	38.60	38.30	3.9309	0.457247	1.060831
23	2005	46.70	38.00	3.9250	0.450988	1.058902
24	2006	49.50	36.00	3.8847	0.408693	1.038895
25	2007	49.70	35.20	3.8681	0.391562	1.027302
26	2008	38.30	33.70	3.8363	0.359263	0.999863
27	2009	39.39	31.20	3.7808	0.305477	0.937465
28	2010	50.40	31.00	3.7763	0.301205	0.931583
29	2011	35.20	19.20	3.4611	0.086318	0.420993
30	2012	40.50	5.06	2.8745	0.001680	0.014469
31	2013	59.00	3.38	2.7743	0.000686	0.006365

D) ANÁLISIS POR DISTRIBUCIÓN "GUMBEL".

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	
Media (x)	43.42
Desviación estándar (σ_x)	16.48
N° de datos	31
Y_N (media reducida)	0.54
σ_N (desviación estan. reducida)	1.12
Parámetros según el N° de datos	
$a = \sigma_x / \sigma_N =$	14.77
$u = x - Y_N * a =$	35.49

N° DE DATO	AÑO	Pm24H (mm)	ORDENADOS	$y = (x - u)/a$	Tr (años)
01	1983	38.00	81.50	3.1153	23.04
02	1984	19.20	74.10	2.6143	14.16
03	1985	3.38	65.70	2.0455	8.24
04	1986	5.06	59.00	1.5918	5.43
05	1987	47.50	57.00	1.4564	4.81
06	1988	74.10	54.40	1.2803	4.12
07	1989	38.50	52.00	1.1178	3.59
08	1990	52.00	52.00	1.1178	3.59
09	1991	31.20	50.40	1.0095	3.27
10	1992	31.00	50.00	0.9824	3.20
11	1993	52.00	49.70	0.9621	3.15
12	1994	81.50	49.50	0.9485	3.11
13	1995	33.70	49.10	0.9215	3.05
14	1996	39.50	47.50	0.8131	2.79
15	1997	36.00	46.70	0.7590	2.67
16	1998	65.70	40.50	0.3391	1.96
17	1999	57.00	40.00	0.3053	1.92
18	2000	50.00	39.50	0.2714	1.87
19	2001	49.10	39.39	0.2641	1.87
20	2002	54.40	38.60	0.2105	1.80
21	2003	40.00	38.50	0.2037	1.79
22	2004	38.60	38.30	0.1902	1.78
23	2005	46.70	38.00	0.1699	1.75
24	2006	49.50	36.00	0.0344	1.61
25	2007	49.70	35.20	-0.0197	1.56
26	2008	38.30	33.70	-0.1213	1.48
27	2009	39.39	31.20	-0.2906	1.36
28	2010	50.40	31.00	-0.3041	1.35
29	2011	35.20	19.20	-1.1031	1.05
30	2012	40.50	5.06	-2.0604	1.00
31	2013	59.00	3.38	-2.1746	1.00

E) ANÁLISIS POR DISTRIBUCIÓN "GAMMA DE 2 PARÁMETROS".

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	
Media (x)	43.42
Varianza (s ²)	271.59
Parámetros de:	
Escala: $b = s^2 / x =$	6.25
Forma: $a = X / b =$	6.94

Nº DE DATO	AÑO	Pm24H (mm)	ORDENADOS	f (x)	F (x)
01	1983	38.00	81.50	0.002290	0.975725
02	1984	19.20	74.10	0.004246	0.952181
03	1985	3.38	65.70	0.007956	0.902200
04	1986	5.06	59.00	0.012255	0.835147
05	1987	47.50	57.00	0.013746	0.809160
06	1988	74.10	54.40	0.015784	0.770791
07	1989	38.50	52.00	0.017718	0.730593
08	1990	52.00	52.00	0.017718	0.730593
09	1991	31.20	50.40	0.019004	0.701213
10	1992	31.00	50.00	0.019322	0.693548
11	1993	52.00	49.70	0.019559	0.687716
12	1994	81.50	49.50	0.019717	0.683788
13	1995	33.70	49.10	0.020030	0.675839
14	1996	39.50	47.50	0.021245	0.642810
15	1997	36.00	46.70	0.021826	0.625580
16	1998	65.70	40.50	0.025227	0.478499
17	1999	57.00	40.00	0.025381	0.465846
18	2000	50.00	39.50	0.025513	0.453122
19	2001	49.10	39.39	0.025539	0.450360
20	2002	54.40	38.60	0.025691	0.430074
21	2003	40.00	38.50	0.025705	0.427504
22	2004	38.60	38.30	0.025732	0.422360
23	2005	46.70	38.00	0.025764	0.414636
24	2006	49.50	36.00	0.025724	0.363074
25	2007	49.70	35.20	0.025579	0.342547
26	2008	38.30	33.70	0.025098	0.304505
27	2009	39.39	31.20	0.023676	0.243375
28	2010	50.40	31.00	0.023528	0.238654
29	2011	35.20	19.20	0.009005	0.039234
30	2012	40.50	5.06	0.000031	0.000025
31	2013	59.00	3.38	0.000004	0.000002

F) BONDAD DE AJUSTE POR EL MÉTODO DE SMIRNOV - KOLMOGOROV (SK).

N°	PRECIPI	Probabilidad de excedencia F(x)						Diferencia delta (Δ)				
		Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma
01	81.50	0.0313	0.0104	0.1233	0.0624	0.04339	0.0243	0.0208	0.0921	0.0312	0.0121	0.0070
02	74.10	0.0625	0.0313	0.1554	0.0941	0.0706	0.0478	0.0312	0.0929	0.0316	0.0081	0.0147
03	65.70	0.0938	0.0882	0.2031	0.1484	0.1213	0.0978	0.0055	0.1093	0.0546	0.0276	0.0040
04	59.00	0.1250	0.1723	0.2523	0.2106	0.18417	0.1649	0.0473	0.1273	0.0856	0.0592	0.0399
05	57.00	0.1563	0.2050	0.2694	0.2331	0.20791	0.1908	0.0488	0.1131	0.0768	0.0517	0.0346
06	54.40	0.1875	0.2527	0.2933	0.2653	0.24266	0.2292	0.0652	0.1058	0.0778	0.0552	0.0417
07	52.00	0.2188	0.3014	0.3174	0.2982	0.27891	0.2694	0.0826	0.0986	0.0795	0.0602	0.0507
08	52.00	0.2500	0.3014	0.3174	0.2982	0.27891	0.2694	0.0514	0.0674	0.0482	0.0289	0.0194
09	50.40	0.2813	0.3360	0.3345	0.3219	0.30539	0.2988	0.0548	0.0533	0.0406	0.0241	0.0175
10	50.00	0.3125	0.3449	0.3389	0.3280	0.3123	0.3065	0.0324	0.0264	0.0155	0.0002	0.0060
11	49.70	0.3438	0.3517	0.3423	0.3326	0.31757	0.3123	0.0079	0.0015	0.0111	0.0262	0.0315
12	49.50	0.3750	0.3562	0.3445	0.3358	0.32111	0.3162	0.0188	0.0305	0.0392	0.0539	0.0588
13	49.10	0.4063	0.3653	0.3491	0.3421	0.32829	0.3242	0.0410	0.0572	0.0642	0.0780	0.0821
14	47.50	0.4375	0.4023	0.3679	0.3682	0.35819	0.3572	0.0352	0.0696	0.0693	0.0793	0.0803
15	46.70	0.4688	0.4212	0.3777	0.3818	0.37384	0.3744	0.0475	0.0911	0.0869	0.0949	0.0943
16	40.50	0.5000	0.5704	0.4622	0.4977	0.50953	0.5215	0.0704	0.0378	0.0023	0.0095	0.0215
17	40.00	0.5313	0.5823	0.4697	0.5078	0.52141	0.5342	0.0510	0.0615	0.0234	0.0098	0.0029
18	39.50	0.5625	0.5941	0.4773	0.5180	0.5334	0.5469	0.0316	0.0852	0.0445	0.0291	0.0156
19	39.39	0.5938	0.5966	0.4790	0.5202	0.53601	0.5496	0.0029	0.1148	0.0735	0.0577	0.0441
20	38.60	0.6250	0.6151	0.4913	0.5365	0.55523	0.5699	0.0099	0.1337	0.0885	0.0698	0.0551
21	38.50	0.6563	0.6174	0.4929	0.5386	0.55767	0.5725	0.0388	0.1634	0.1177	0.0986	0.0838
22	38.30	0.6875	0.6221	0.4960	0.5428	0.56256	0.5776	0.0654	0.1915	0.1447	0.1249	0.1099
23	38.00	0.7188	0.6290	0.5008	0.5490	0.56992	0.5854	0.0898	0.2180	0.1697	0.1488	0.1334
24	36.00	0.7500	0.6738	0.5336	0.5913	0.61946	0.6369	0.0762	0.2164	0.1587	0.1305	0.1131
25	35.20	0.7813	0.6911	0.5471	0.6084	0.63938	0.6575	0.0901	0.2341	0.1728	0.1419	0.1238
26	33.70	0.8125	0.7224	0.5732	0.6407	0.67663	0.6955	0.0901	0.2393	0.1718	0.1359	0.1170
27	31.20	0.8438	0.7709	0.6186	0.6945	0.73742	0.7566	0.0729	0.2251	0.1492	0.1063	0.0871
28	31.00	0.8750	0.7745	0.6223	0.6988	0.74217	0.7613	0.1005	0.2527	0.1762	0.1328	0.1137
29	19.20	0.9063	0.9292	0.8509	0.9137	0.95089	0.9608	0.0230	0.0554	0.0074	0.0446	0.0545
30	5.06	0.9375	0.9900	0.9989	0.9983	0.99961	1.0000	0.0525	0.0614	0.0608	0.0621	0.0625
31	3.38	0.9688	0.9925	0.9999	0.9993	0.99985	1.0000	0.0237	0.0311	0.0306	0.0311	0.0312
								0.1005	0.2527	0.1762	0.1488	0.1334
								$\Delta_{\text{tabular}} = 1.36/\text{RAIZ}(N) =$			0.2443	
								Ok	Rechazar	Ok	Ok	Ok

Las precipitaciones máximas en 24 horas registrados en la estación meteorológica "Cutervo" se ajustan a las distribuciones estadísticas antes analizadas, sin embargo se recomienda elegir la menor diferencia probabilística, en este caso la de "Distribución Normal" y "Gamma 02 Parámetros", con un Δ menor al Δ_{tabular} y menor al de las otras diferencias estadísticas.

Tabla 1: Valores de Y_N y σ_N en función de l número de registros					
N	Y_N	σ_N	N	Y_N	σ_N
8	0.4843	0.9043	49	0.5481	1.1590
9	0.4902	0.9288	50	0.54854	1.16066
10	0.4952	0.9497	51	0.5489	1.1623
11	0.4996	0.9676	52	0.5493	1.1638
12	0.5053	0.9833	53	0.5497	1.1653
13	0.5070	0.9972	54	0.5501	1.1667
14	0.5100	1.0095	55	0.5504	1.1681
15	0.5128	1.02057	56	0.5508	1.1696
16	0.5157	1.0316	57	0.5511	1.1708
17	0.5181	1.0411	58	0.5515	1.1721
18	0.5202	1.0493	59	0.5518	1.1734
19	0.5220	1.0566	60	0.55208	1.17467
20	0.52355	1.06283	62	0.5527	1.1770
21	0.5252	1.0696	64	0.5533	1.1793
22	0.5268	1.0754	66	0.5538	1.1814
23	0.5283	1.0811	68	0.5543	1.1834
24	0.5296	1.0864	70	0.55477	1.18536
25	0.53086	1.09145	72	0.5552	1.1873
26	0.532	1.0961	74	0.5557	1.1890
27	0.5332	1.1004	76	0.5561	1.1906
28	0.5343	1.1047	78	0.5565	1.1923
29	0.5353	1.1086	80	0.55688	1.19382
30	0.53622	1.11238	82	0.5572	1.1953
31	0.5371	1.1159	84	0.5576	1.1967
32	0.5380	1.1193	86	0.5580	1.1980
33	0.5388	1.1226	88	0.5583	1.1994
34	0.5396	1.1255	90	0.55860	1.20073
35	0.54034	1.12847	92	0.5589	1.2020
36	0.54100	1.13130	94	0.5592	1.2032
37	0.5418	1.1339	96	0.5595	1.2044
38	0.5424	1.1363	98	0.5598	1.2055
39	0.5430	1.1388	100	0.56002	1.20649
40	0.54362	1.14132	150	0.56461	1.22534
41	0.5442	1.1436	200	0.56715	1.23598
42	0.5448	1.1458	250	0.56878	1.24292
43	0.5453	1.1480	300	0.56993	1.24786
44	0.5458	1.1499	400	0.57144	1.25450
45	0.5463	1.15185	500	0.57240	1.25880
46	0.5468	1.1538	750	0.57377	1.26506
47	0.5473	1.1557	1000	0.57450	1.26851
48	0.5477	1.1574			

G) CÁLCULO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DE DISEÑO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO APLICANDO EL MÉTODO DE GAMMA 2 PARÁMETROS.

*) Precipitación máxima de diseño para **Tr = 5 años**, sabiendo que $Tr = (1 / P_{no\ excedecia})$, se tiene:

$$\text{Probabilidad de excedencia: } P_{exc} = \frac{1}{5} = 0.20$$

$$\text{Probabilidad de no excedencia: } P_{no\ exc} = 1 - P_{exc} = 0.80$$

$$P_{m\acute{a}x} = f(P_{no\ exc}) = \text{DISTR.GAMMA.INV}(P; a; b)$$

$$P_{m\acute{a}x} = 56.35 \text{ mm}$$

*) Precipitación máxima de diseño para **Tr = 10 años**, sabiendo que $Tr = (1 / P_{no\ excedecia})$, se tiene:

$$\text{Probabilidad de excedencia: } P_{exc} = \frac{1}{10} = 0.10$$

$$\text{Probabilidad de no excedencia: } P_{no\ exc} = 1 - P_{exc} = 0.90$$

$$P_{m\acute{a}x} = f(P_{no\ exc}) = \text{DISTR.GAMMA.INV}(P; a; b)$$

$$P_{m\acute{a}x} = 65.43 \text{ mm}$$

*) Precipitación máxima de diseño para **Tr = 25 años**, sabiendo que $Tr = (1 / P_{no\ excedecia})$, se tiene:

$$\text{Probabilidad de excedencia: } P_{exc} = \frac{1}{25} = 0.04$$

$$\text{Probabilidad de no excedencia: } P_{no\ exc} = 1 - P_{exc} = 0.96$$

$$P_{m\acute{a}x} = f(P_{no\ exc}) = \text{DISTR.GAMMA.INV}(P; a; b)$$

$$P_{m\acute{a}x} = 76.09 \text{ mm}$$

*) Precipitación máxima de diseño para **Tr = 50 años**, sabiendo que $Tr = (1 / P_{no\ excedecia})$, se tiene:

$$\text{Probabilidad de excedencia: } P_{exc} = \frac{1}{50} = 0.02$$

$$\text{Probabilidad de no excedencia: } P_{no\ exc} = 1 - P_{exc} = 0.98$$

$$P_{m\acute{a}x} = f(P_{no\ exc}) = \text{DISTR.GAMMA.INV}(P; a; b)$$

$$P_{m\acute{a}x} = 83.54 \text{ mm}$$

*) Precipitación máxima de diseño para **Tr = 100 años**, sabiendo que $Tr = (1 / P_{no\ excedecia})$, se tiene:

$$\text{Probabilidad de excedencia: } P_{exc} = \frac{1}{100} = 0.01$$

$$\text{Probabilidad de no excedencia: } P_{no\ exc} = 1 - P_{exc} = 0.99$$

$$P_{m\acute{a}x} = f(P_{no\ exc}) = \text{DISTR.GAMMA.INV}(P; a; b)$$

$$P_{m\acute{a}x} = 90.61 \text{ mm}$$

*) Precipitación máxima de diseño para **Tr = 200 años**, sabiendo que $Tr = (1 / P_{no\ excedecia})$, se tiene:

$$\text{Probabilidad de excedencia: } P_{exc} = \frac{1}{200} = 0.01$$

$$\text{Probabilidad de no excedencia: } P_{no\ exc} = 1 - P_{exc} = 1.00$$

$$P_{m\acute{a}x} = f(P_{no\ exc}) = \text{DISTR.GAMMA.INV}(P; a; b)$$

$$P_{m\acute{a}x} = 97.41 \text{ mm}$$

*) Precipitación máxima de diseño para $T_r = 1000$ años, sabiendo que $T_r = (1 / P_{no\ excedencia})$, se tiene:

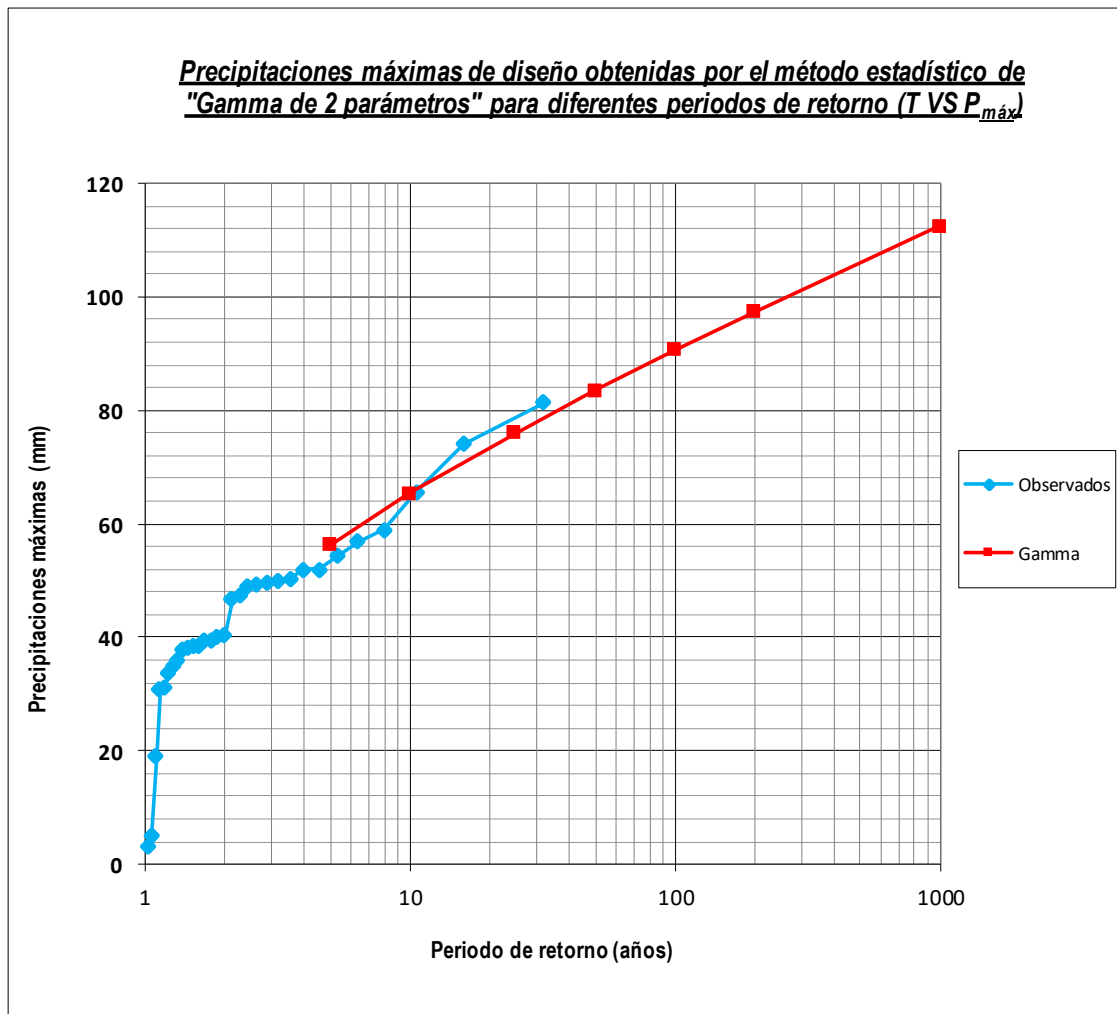
Probabilidad de excedencia: $P_{exc} = \frac{1}{1000} = 0.0010$

Probabilidad de no excedencia: $P_{no\ exc} = 1 - P_{exc} = 1.00$

$P_{m\acute{a}x} = f(P_{no\ exc}) = \text{DISTR.GAMMA.INV}(P; a; b)$

$P_{m\acute{a}x} = 112.40$ mm

Tabla resumen	
T (años)	P _{máx} (mm)
5	56.35
10	65.43
25	76.09
50	83.54
100	90.61
200	97.41
1000	112.40



Anexo III

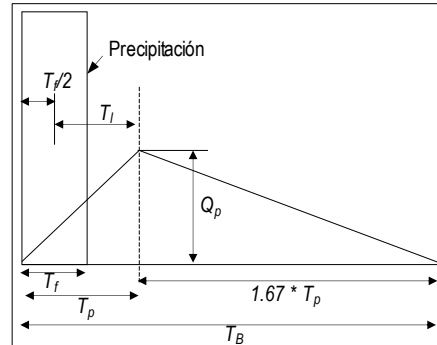
**Determinación del Hidrograma
Unitario y modelamiento en
IBER.**

MODELO DE LLUVIA - ESCORRENTÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO

- Área de la cuenca (A) : 17.76 km²
- Tiempo de concentración (T_c) : 1.83 h
- Longitud de cauce principal : 10753.20 m
- Pendiente del río (S) : 13.28 %
- Número de curva (CN) : 69
- Desnivel (diferencia) : 1428.00 m

Tr (años)	hpd (mm)	hpe (mm)
5	56.35	44.64
10	65.43	53.48
25	76.09	63.93
50	83.54	71.25
100	90.61	78.23
200	97.41	84.94
1000	112.40	99.78

$$P_e = \frac{\left[P - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$$



01.- Cálculo de Hidrograma Unitario Triangular.

$$q_b = \frac{0.208 * A}{t_p}$$

$$Q_p = \frac{0.208 * A * hpe}{t_p}$$

02.- Tiempo de retraso.

$$t_r = 0.60 * t_c = 0.6 * 1.83 \text{ h} = 1.10 \text{ h}$$

$$t_r = 0.005 \left(\frac{L_{cp}}{S_{cp}} \right)^{0.64} = 0.005 \left(\frac{10753.20 \text{ m}}{13.28\%} \right)^{0.64} = 0.83 \text{ h}$$

03.- Según Mokus la duración de exceso con la que se presenta el mayor gasto pico.

$$d_e = t_c \quad \text{Si } A < 500 \text{ km}^2 \quad \Rightarrow \quad d_e = 1.83 \text{ h}$$

04.- Tiempo pico (T_p).

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r = \left(\frac{1.83 \text{ h}}{2} \right) + 0.83 \text{ h} = 1.75 \text{ h}$$

05.- Tiempo base (T_b).

$$t_b = \frac{8}{3} * t_p = \frac{8}{3} * 1.75 \text{ h} = 4.66 \text{ h}$$

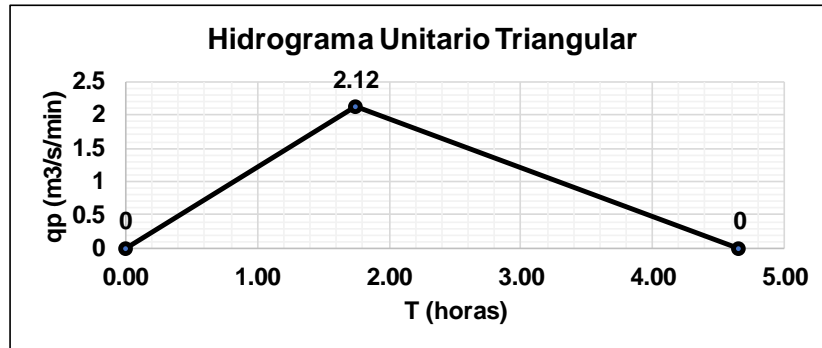
06.- Cálculo de Hidrograma Unitario Triangular.

$$q_p = \frac{0.208 * A}{t_p} = \frac{0.208 * 17.8 \text{ km}^2}{1.75 \text{ h}} = 2.12 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$$

$$q_p = \frac{0.555 * A}{t_b} = \frac{0.555 * 17.8 \text{ km}^2}{4.66 \text{ h}} = 2.12 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$$

07.- Elaboración de tabla y gráfico.

t (h)	qp (m³/s/min)
0.00	0
1.75	2.12
4.66	0

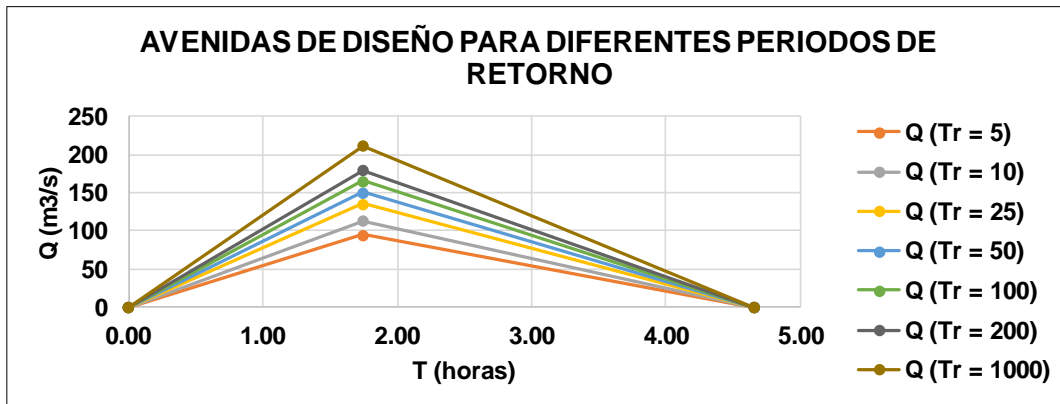


08.- Cálculo de avenidas de diseño para diferentes periodos de retorno.

Tr (años)	hpd (mm)	hpe (mm)	Q (m³/s)
5	56.35	44.64	94.434
10	65.43	53.48	113.13
25	76.09	63.93	135.23
50	83.54	71.25	150.72
100	90.61	78.23	165.48
200	97.41	84.94	179.68
1000	112.40	99.78	211.07

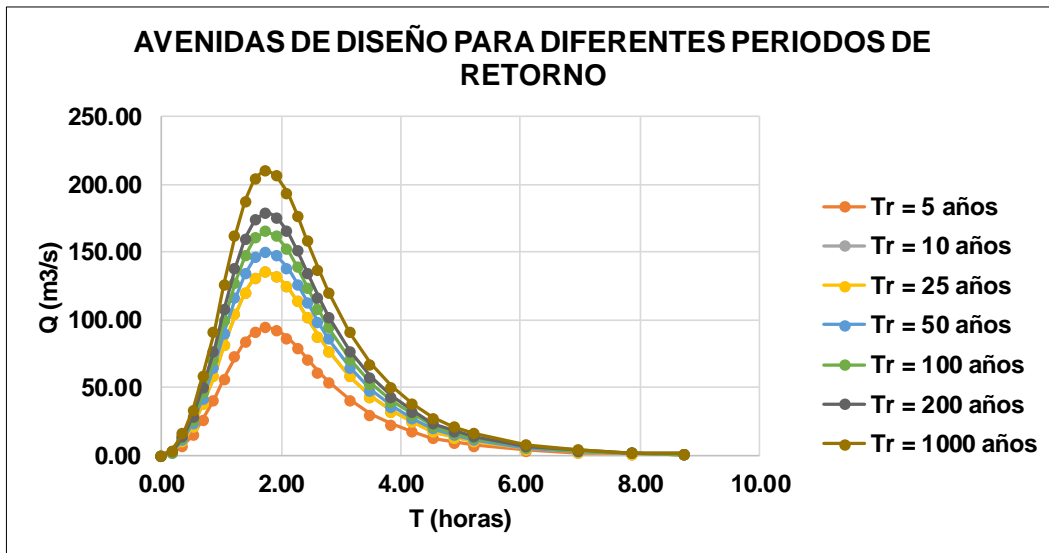
$$Q_p = \frac{0.208 * A * hpe}{t_p}$$

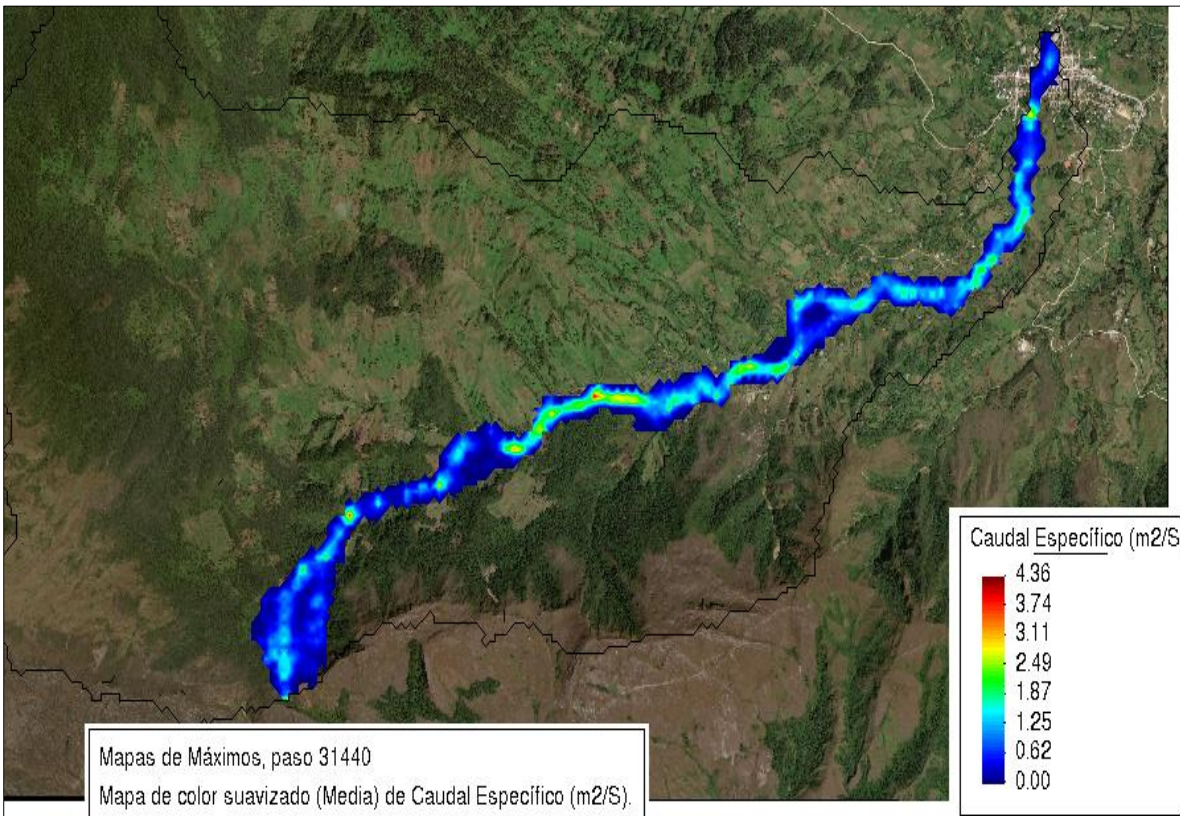
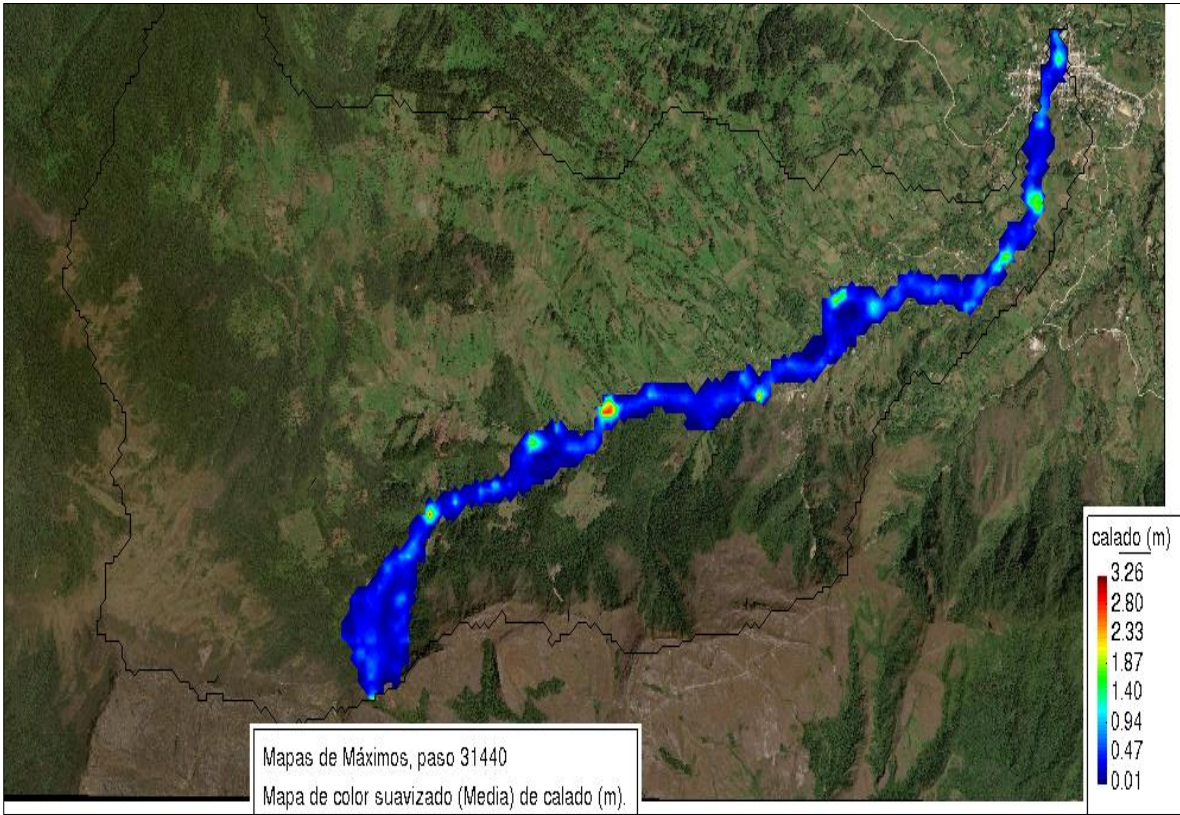
t (h)	Q (Tr = 5)	Q (Tr = 10)	Q (Tr = 25)	Q (Tr = 50)	Q (Tr = 100)	Q (Tr = 200)	Q (Tr = 1000)
0.00	0	0	0	0	0	0	0
1.75	94.43	113.13	135.23	150.72	165.48	179.68	211.07
4.66	0	0	0	0	0	0	0

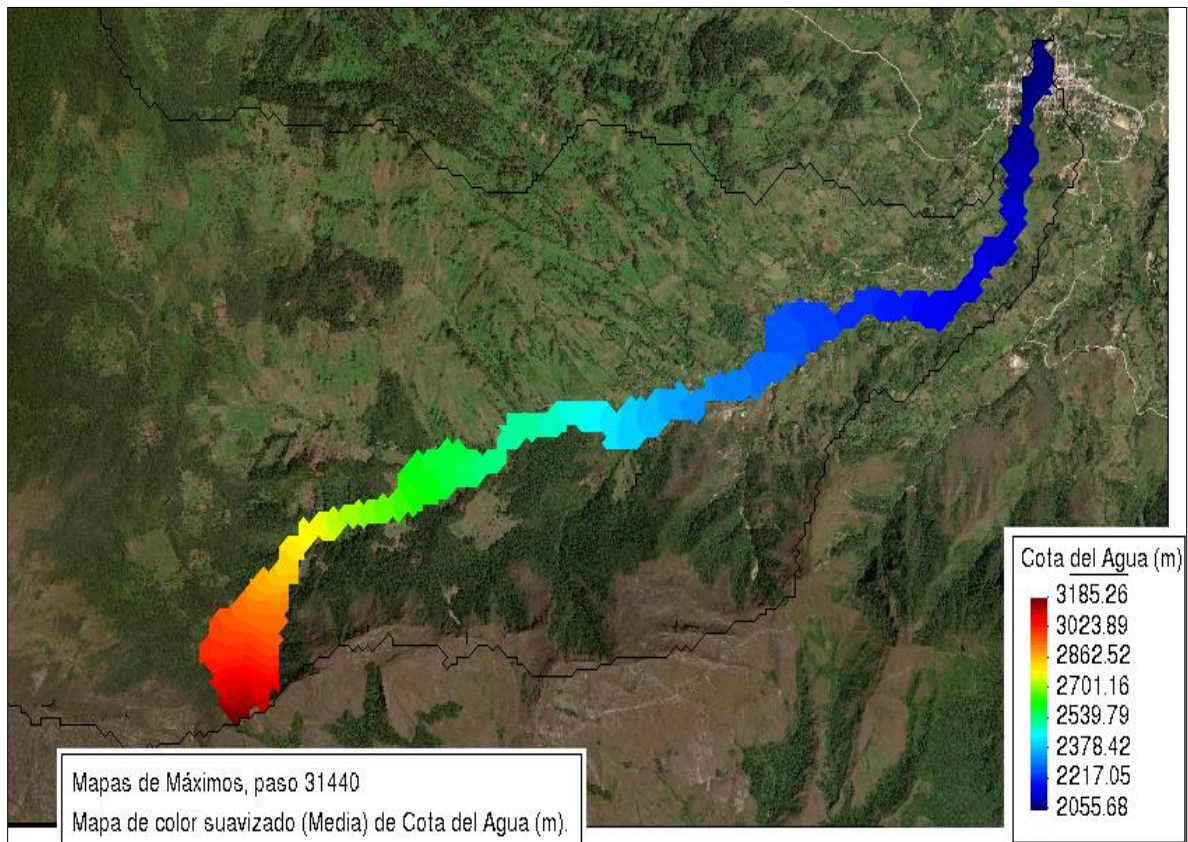
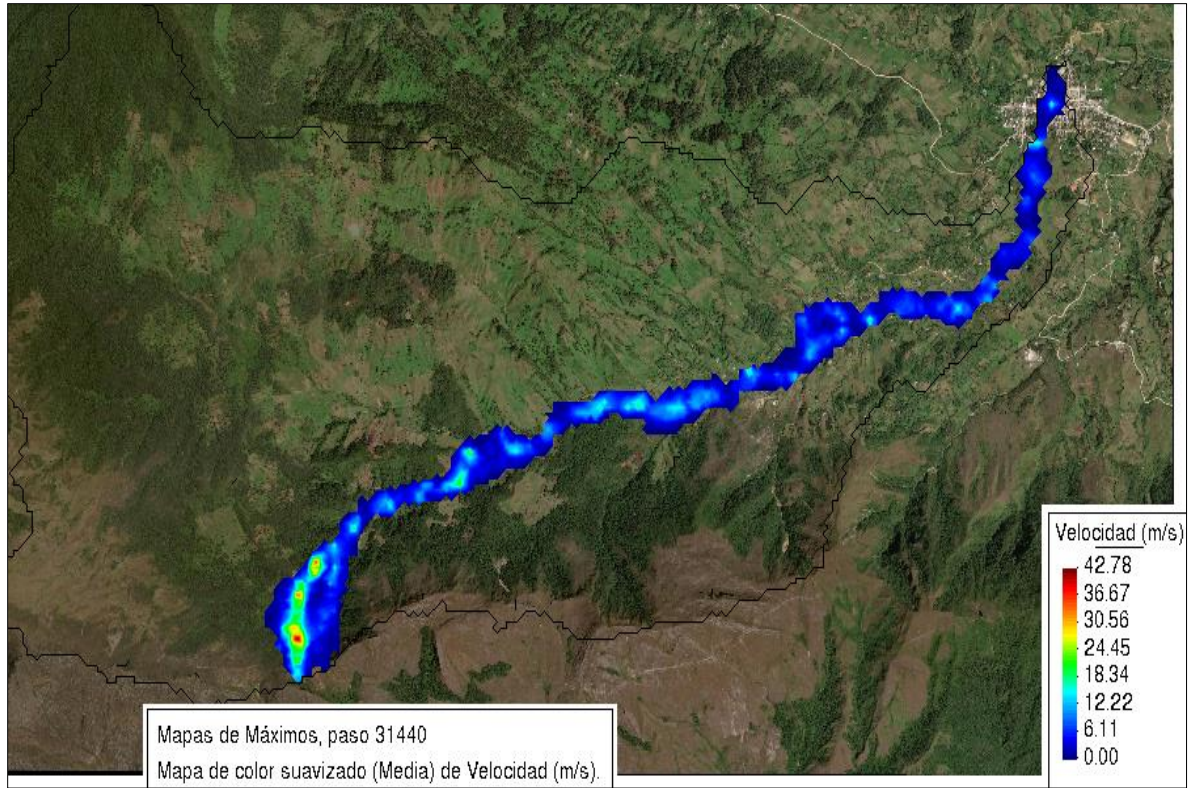


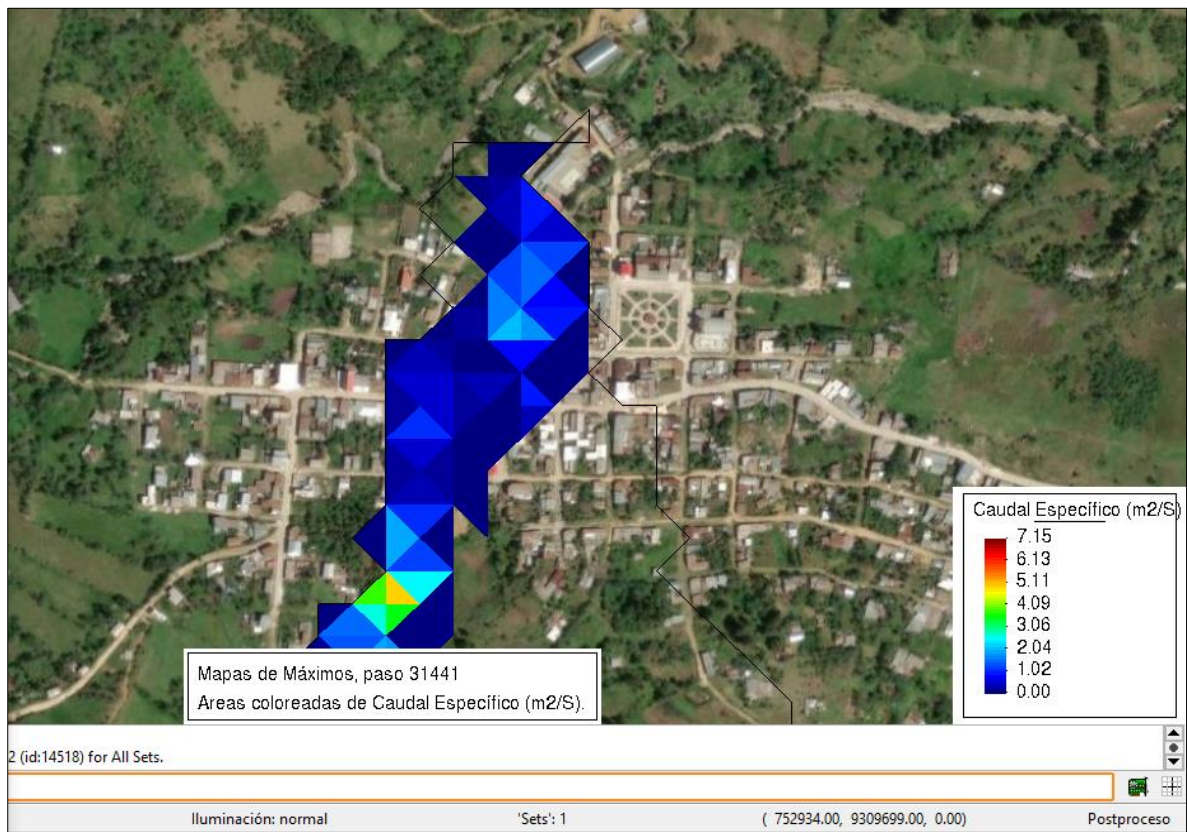
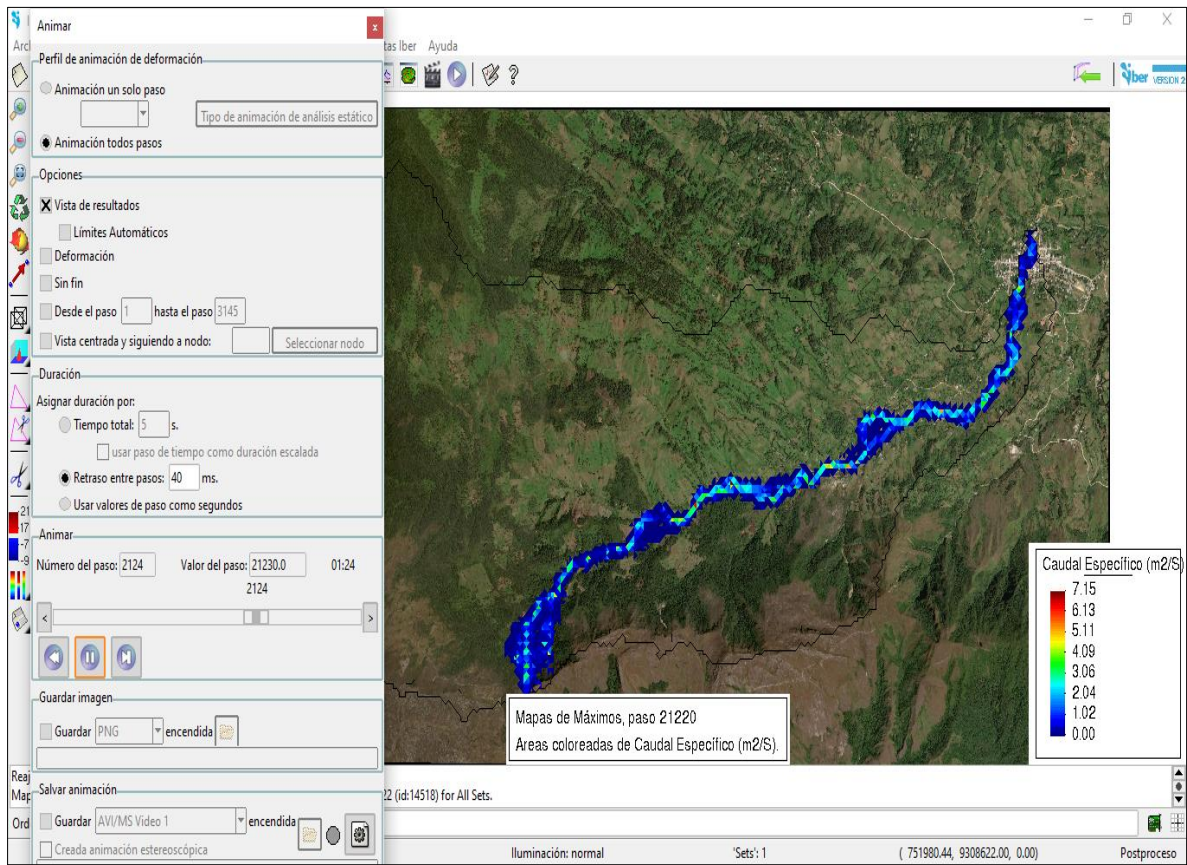
Avenidas de diseño

	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años	Tr = 200 años	Tr = 1000 años
t (h)	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.17	1.42	1.70	2.03	2.26	2.48	2.70	3.17
0.35	7.08	8.48	10.14	11.30	12.41	13.48	15.83
0.52	15.11	18.10	21.64	24.12	26.48	28.75	33.77
0.70	26.44	31.68	37.87	42.20	46.34	50.31	59.10
0.87	40.61	48.65	58.15	64.81	71.16	77.26	90.76
1.05	56.66	67.88	81.14	90.43	99.29	107.81	126.64
1.22	72.71	87.11	104.13	116.06	127.42	138.35	162.52
1.40	84.05	100.69	120.36	134.14	147.28	159.92	187.85
1.57	91.60	109.74	131.18	146.20	160.52	174.29	204.74
1.75	94.43	113.13	135.23	150.72	165.48	179.68	211.07
1.92	92.55	110.87	132.53	147.71	162.17	176.09	206.85
2.10	86.88	104.08	124.42	138.67	152.24	165.31	194.18
2.27	79.32	95.03	113.60	126.61	139.01	150.93	177.30
2.44	70.83	84.85	101.43	113.04	124.11	134.76	158.30
2.62	61.38	73.54	87.90	97.97	107.56	116.79	137.20
2.79	53.83	64.48	77.08	85.91	94.32	102.42	120.31
3.14	40.61	48.65	58.15	64.81	71.16	77.26	90.76
3.49	30.22	36.20	43.28	48.23	52.95	57.50	67.54
3.84	22.66	27.15	32.46	36.17	39.72	43.12	50.66
4.19	17.00	20.36	24.34	27.13	29.79	32.34	37.99
4.54	12.28	14.71	17.58	19.59	21.51	23.36	27.44
4.89	9.25	11.09	13.25	14.77	16.22	17.61	20.68
5.24	7.08	8.48	10.14	11.30	12.41	13.48	15.83
6.11	3.40	4.07	4.87	5.43	5.96	6.47	7.60
6.98	1.70	2.04	2.43	2.71	2.98	3.23	3.80
7.86	0.85	1.02	1.22	1.36	1.49	1.62	1.90
8.73	0.38	0.45	0.54	0.60	0.66	0.72	0.84







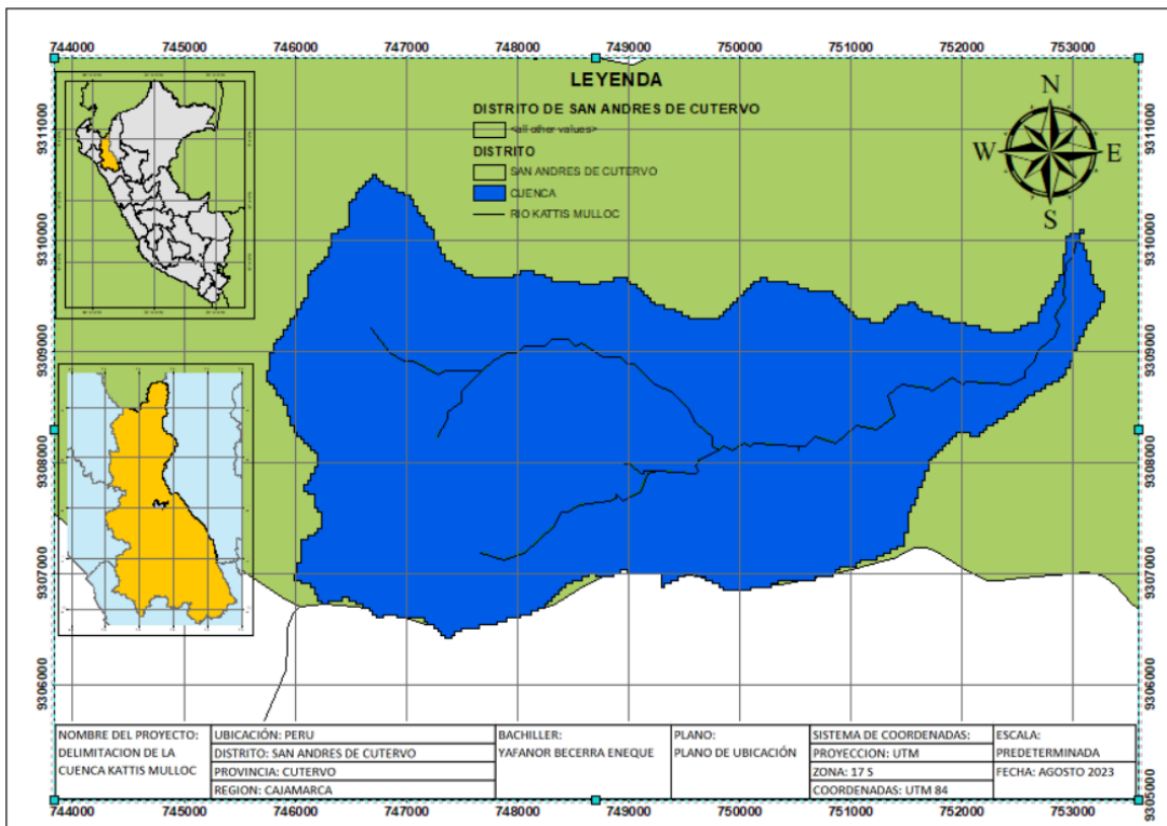


Anexo IV
**Fotos y laminas del Distrito de
San Andrés.**

Casa situados dentro de la subcuenca del rio Kattis Muyoc



Mapa de ubicación de la subcuenca Kattis Mulloc



Mapa de calor (caudales específicos) de la subcuenca Kattis Mulloc

