

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Modelo hidrográfico para la gestión de desastres en la cuenca
del río Cozo, en Yarumayo y San Pedro de Chaulan – Huánuco
2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Pardave Achic, Danae Alejandra

ASESOR: Valdivieso Echevarría, Martin Cesar

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero(a) Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72847020

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22416570

Grado/Título: Maestro en gestión pública

Código ORCID: 0000-0002- 0579-5135

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
<http://www.udh.edu.pe>

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 10:00 horas del día **jueves 31 de octubre de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- | | |
|--|------------|
| ✓ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS | PRESIDENTE |
| ✓ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA | SECRETARIA |
| ✓ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2378-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"MODELO HIDROGRÁFICO PARA LA GESTIÓN DE DESASTRES EN LA CUENCA DEL RÍO COZO, EN YARUMAYO Y SAN PEDRO DE CHAULAN – HUÁNUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Danae Alejandra PARDAVE ACHIC**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **13** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

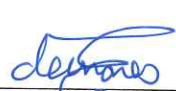
Siendo las **11:00am** horas del día **31 del mes de octubre** del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS

DNI: 40899876

ORCID: 0000-0001-7920-1304

PRESIDENTE


MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA

DNI: 73645168

ORCID: 0009-0001-0745-5433

SECRETARIO (A)


MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

DNI: 70502371

ORCID: 0000-0002-5650-3745

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: DANAÉ ALEJANDRA PARDAVÉ ACHIC, de la investigación titulada “Modelo hidrográfico para la gestión de desastres en la cuenca del Río Cozo, en Yarumayo y San Pedro de Chaulán – Huánuco, 2024”, con asesor MARTÍN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1142-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 23 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 06 de septiembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

2. PARDAVÉ ACHIC DANAE ALEJANDRA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

6%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

3

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

3%

4

distancia.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A mi mamá, que ha sacrificado tanto por mí, que me ha enseñado que los sueños siempre se cumplen.

A Mamalola y Belchis por su amor y su compañía incondicional.

A mi familia, que me ha enseñado el valor de la unión, amor y perseverancia durante todo este camino.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminar mi camino y guiarme en todo este camino.

A mi familia no puedo dejar de reconocer su apoyo incondicional y de amigos, quienes han sido mi red de apoyo emocional y moral. Su aliento constante y comprensión han sido esenciales para superar los desafíos y mantenerme enfocado en la culminación de este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 Formulación del problema.....	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.2.2 Problema específico	15
1.3 Objetivo general	15
1.4 Objetivos específicos	16
1.5 Justificación de la investigación	16
1.5.1 Justificación teórica	16
1.5.2 Justificación práctica.....	16
1.5.3 Justificación metodológica	17
1.6 Limitaciones de la investigación	17
1.7 Viabilidad de la Investigación.....	17
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1 Antecedentes de la investigación	19
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	19
2.1.2 Antecedentes Nacionales	20
2.2 Bases teóricas	22

2.2.1	La Hidrología.....	22
2.2.2	Cuenca hidrográfica.....	26
2.2.3	Riesgo por inundación	27
2.2.4	Técnicas para los procesos hidrológicos	29
2.2.5	Modelación Hidrográfico	36
2.2.6	Modelación hidrológica en HEC-HMS	37
2.2.7	Modelación hidráulica en HEC-HMS	39
2.2.8	Extensión del programa HEC-GEORAS y GEOHMS	39
2.3	Definiciones conceptuales.....	40
2.4	Hipótesis.....	41
2.4.1	Hipótesis General.....	41
2.5	Variables.....	41
2.5.1	Variable dependiente	41
2.5.2	Variable independiente.....	42
2.6	Operacionalización de variables (Dimensiones e Indicadores).....	43
CAPÍTULO III.....		44
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		44
3.1	Tipo de investigación	44
3.1.1	Enfoque.....	44
3.1.2	Alcance o nivel	44
3.1.3	Diseño	44
3.2	Población y muestra	45
3.2.1	Población.....	45
3.2.2	Muestra	46
3.3	Técnicas e instrumento de recolección de datos.	46
3.3.1	Para la recolección de datos	46
3.3.2	Para la presentación de datos	49
3.3.3	Para el análisis e interpretación de los datos.....	50
CAPÍTULO IV.....		51

RESULTADOS.....	51
4.1 Procesamiento de datos	51
4.1.1 DELIMITACIÓN DE CUENCA	51
4.1.2 CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA.....	57
4.1.3 DETERMINACIÓN DE INTENSIDADES.....	63
4.1.4 DETERMINACIÓN DE CAUDALES.....	67
4.1.5 MODELO HIDRÁULICO	68
4.1.6 ZONAS DE INUNDACIÓN	70
4.2 Contrastación de hipótesis y prueba de hipótesis	72
CAPÍTULO V.....	75
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Personas y viviendas afectadas por inundaciones 2003-2009	28
Tabla 2 Distribuciones de probabilidad más usadas en hidrología	32
Tabla 3 Ecuaciones para calcular el tiempo de concentración	35
Tabla 4 Operacionalización de variables	43
Tabla 5 Ficha de registro pluviométrico	48
Tabla 6 Ficha de consistencia.....	49
Tabla 7 Ficha de caudales	49
Tabla 8 Punto de aforo	51
Tabla 9 Caracterización geomorfológica.....	52
Tabla 10 Reclasificación altitudinal	53
Tabla 11 Pendiente de la cuenca.....	55
Tabla 12 Red hídrica.....	55
Tabla 13 Estimación del número de curva.....	56
Tabla 14 Índices característicos.....	56
Tabla 15 Registro pluviométrico de la estación Canchán	58
Tabla 16 Precipitación acumulada estación Canchan	60
Tabla 17 Distribuciones de ajuste para la cuenca Canchán	62
Tabla 18 Estimación de lluvia para diferentes periodos de retorno.....	63
Tabla 19 Cálculo de intensidades	63
Tabla 20 Intensidades-Duración-Frecuencia para la estación Canchán.....	64
Tabla 21 Tratamiento de intensidades PR=500 años	65
Tabla 22 Resumen de caudales estimados	68
Tabla 23 Resumen de caudales estimados	73
Tabla 24 Matriz de Consistencia.....	86
Tabla 25 Regresión Potencial cálculo de intensidades	92
Tabla 26 Ecuación de intensidad	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 El ciclo hidrológico	22
Figura 2 Métodos de cálculo de precipitación promedio	24
Figura 3 Delimitación de una cuenca con QGIS	26
Figura 4 Ejemplo de curva IDF	31
Figura 5 Esquema del sistema hidrológico global.....	38
Figura 6 Registros pluviométricos.....	46
Figura 7 Estaciones de registro-Huánuco	47
Figura 8 Interfaz Hec-HMS	49
Figura 9 Interfaz Hec-RAS.....	50
Figura 10 Cuenca delimitada	51
Figura 11 Áreas entre curvas.....	53
Figura 12 Curva hipsométrica río Cozo	54
Figura 13 Pendientes.....	54
Figura 14 Número de curva de la cuenca	56
Figura 15 Estaciones cercanas.....	57
Figura 16 Prueba de consistencia de la estación Canchán	60
Figura 17 Análisis doble masa estación Canchan	61
Figura 18 Distribución Gamma 3P	62
Figura 19 Curva de precipitaciones	64
Figura 20 Curva IDF estación Canchan.....	65
Figura 21 Curva IDF PR=500 años.....	66
Figura 22 Hietograma PR=500 años	66
Figura 23 Estimación HEC-HMS.....	67
Figura 24 Estimación de caudales PR=500 años	67
Figura 25 Modelo hidráulico del río Cozo	68
Figura 26 Modelo 2D de inundación del río Cozo.....	69
Figura 27 Resultados con el modelo topográfico	69
Figura 28 Zonas de inundación PR=10 años.....	70
Figura 29 Zonas de inundación PR=25 años.....	70
Figura 30 Zonas de inundación PR=50 años.....	71
Figura 31 Zonas de inundación PR=100 años.....	71
Figura 32 Zonas de inundación PR=500 años.....	72

Figura 33 Cuenca delimitada	73
Figura 34 Zonas de inundación PR=100 años.....	74
Figura 35 Ubicación del tramo de estudio.....	88
Figura 36 Distribución Normal.....	89
Figura 37 Distribución Log-Normal 2P	89
Figura 38 Distribución Log-Normal 3P	90
Figura 39 Distribución Gamma 2P	90
Figura 40 Distribución Log Pearson TIII.....	91
Figura 41 Distribución Gumbel.....	91
Figura 42 Distribución Log-Gumbel	92
Figura 43 Hietograma PR=10 años	93
Figura 44 Hietograma PR=25 años	93
Figura 45 Hietograma PR=50 años	94
Figura 46 Hietograma PR=100 años	94
Figura 47 Estimación de caudales PR=10 años	95
Figura 48 Estimación de caudales PR=25 años	95
Figura 49 Estimación de caudales PR=50 años	96
Figura 50 Estimación de caudales PR=100 años	96

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Se realizó el reconocimiento del terreno.....	97
Fotografía 2 Se continuó con el reconocimiento del terreno.....	97
Fotografía 3 Se observa la toma de coordenadas con el GPS	98
Fotografía 4 Se continuó con el reconocimiento de terreno.....	98
Fotografía 5 Se realizó el levantamiento topográfico	99
Fotografía 6 Se observa la toma de puntos topográficos.....	99
Fotografía 7 Se continua con la toma de puntos topográficos	100
Fotografía 8 Vista de toma de puntos topográficos.....	100
Fotografía 9 Se realizó la toma de muestra para la calicata	101
Fotografía 10 Calicata N°01.....	101
Fotografía 11 Se realizó la toma de muestra para la calicata	102
Fotografía 12 Calicata N°02.....	102

RESUMEN

La investigación de tesis se enfocó en el desarrollo de un Modelo Hidrográfico con el objetivo principal de mejorar la Gestión de Desastres en la cuenca del río Cozo, ubicada en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco, en el año 2024. El modelo hidrográfico reveló datos importantes, como un área de cuenca de 329.14 km², un perímetro de 122.35 km, una longitud estimada del cauce de 15.19 km y un ancho perpendicular de 27.04 km. Se identificó un factor de forma de 1.78, indicativo de alto riesgo de inundaciones. El índice de compacidad señaló que la cuenca era redonda, con longitudes de rectángulo equivalente de 55.21 km y 5.96 km. Además, se calcularon la densidad de drenaje (1.52 u/km²) y el índice de pendiente (0.39). En cuanto a las precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100, 105, 500, 1000 y 10000 años), se obtuvieron valores específicos, alcanzando un máximo de 47.87 mm. Los caudales para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años fueron de 27.70, 31.60, 35.00, 39.00 y 50.30 m³/s respectivamente. La investigación también destacó la identificación de zonas comprometidas en actividades agrícolas a lo largo de ambos márgenes del cauce central del río Cozo. Estos resultados proporcionaron información crucial para la gestión de desastres y la toma de decisiones en la región, permitiendo una planificación más efectiva frente a potenciales inundaciones y eventos climáticos extremos.

Palabras claves: Modelo Hidrográfico, cuenca del río Cozo, caudal, precipitación máxima, periodos de retorno.

ABSTRACT

The thesis research focused on the development of a Hydrographic Model with the main objective of improving Disaster Management in the Cozo River basin, located in Yarumayo and San Pedro de Chaulán, Huánuco, in the year 2024. The hydrographic model revealed important data, such as a basin area of 329.14 km², a perimeter of 122.35 km, an estimated channel length of 15.19 km and a perpendicular width of 27.04 km. A shape factor of 1.78 was identified, indicative of high flood risk. The compactness index indicated that the basin was round, with rectangle lengths equivalent to 55.21 km and 5.96 km. In addition, drainage density (1.52 u/km²) and slope index (0.39) were calculated. Regarding the maximum rainfall for different return periods (2, 5, 10, 25, 50, 100, 105, 500, 1000 and 10,000 years), specific values were obtained, reaching a maximum of 47.87 mm. The flows for the return periods of 10, 25, 50, 100 and 500 years were 27.70, 31.60, 35.00, 39.00 and 50.30 m³/s respectively. The investigation also highlighted the identification of areas engaged in agricultural activities along both banks of the central channel of the Cozo River. These results will provide crucial information for disaster management and decision-making in the region, allowing for more effective planning in the face of potential floods and extreme weather events.

Keywords: Hydrographic Model, Cozo river basin, flow, maximum precipitation, return periods.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se enfocó en el desarrollo de un Modelo Hidrográfico con el propósito fundamental de mejorar la Gestión de Desastres en la cuenca del río Cozo, ubicada en las localidades de Yarumayo y San Pedro de Chaulán, en la región de Huánuco durante el año 2024. Este estudio abordó diversos aspectos cruciales, desde la caracterización geométrica de la cuenca hasta la evaluación de parámetros hidrológicos y climáticos, con el fin de proporcionar información valiosa para la toma de decisiones y la planificación efectiva frente a posibles inundaciones y eventos climáticos extremos en la mencionada zona. La investigación se centró en identificar patrones hidrográficos específicos y sus potenciales impactos en las actividades agrícolas, brindando así una base sólida para la implementación de estrategias de mitigación y respuesta ante desastres.

CAPÍTULO I: En esta sección, se expusieron los procedimientos para identificar la problemática existente, así como los objetivos, justificaciones, limitaciones y viabilidades de la investigación.

CAPÍTULO II: Se proporcionó el marco teórico que sustenta la investigación, considerando también la hipótesis y las variables a ser investigadas.

CAPÍTULO III: En este capítulo, se detalló el marco metodológico, junto con la descripción de la población y muestra que fueron objeto de estudio.

CAPÍTULO IV: Se exponen los resultados obtenidos durante la investigación, así como la confirmación o refutación de la hipótesis planteada.

CAPÍTULO V: En esta sección, se llevó a cabo la discusión de los resultados, comparándolos con las investigaciones presentadas en los antecedentes, con el fin de contextualizar y analizar de manera crítica los hallazgos obtenidos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las inundaciones representan un gran desafío para varias regiones a nivel mundial. El cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos han empeorado este problema, causando catástrofes naturales que afectan a comunidades enteras. Aunque se han desarrollado estrategias de gestión de desastres a nivel mundial, todavía se requieren modelos y métodos más efectivos para prevenir en varias cuencas y regiones las inundaciones. (ONU, 2020).

En el contexto peruano debido a la geografía diversa y a las condiciones climáticas cambiantes del país, las inundaciones son una preocupación importante. Estas circunstancias, particularmente en regiones andinas son altamente susceptibles a los desastres naturales, como las inundaciones, deslizamientos de tierra y otros fenómenos provocados por las lluvias intensas. Además, la falta de modelos hidrográfico específico para cada gestión de desastres sigue siendo un desafío para la seguridad y la planificación de la región, a pesar de los esfuerzos realizados (CENEPRED, 2023).

En la región de Huánuco presenta desafíos en términos de gestión de desastres debido a su ubicación geográfica y diversidad de climas. Las inundaciones, en particular, son una amenaza constante que afecta tanto a las áreas urbanas como rurales. La falta de un modelo hidrográfico agrava aún más esta situación, ya que aumenta la vulnerabilidad de las comunidades locales y destaca la importancia de implementar medidas preventivas y de gestión más eficientes (SIGRID, 2017).

Por lo tanto, el objetivo un modelo hidrológico es simular y predecir los diversos flujos de agua en la cuenca, como la precipitación, la evaporación, la infiltración, el flujo subterráneo, el flujo superficial y las interacciones con cuerpos de agua. Estos modelos también son cruciales para la gestión de desastres porque brindan información útil para la toma de decisiones en situaciones de emergencia (Cabrera, 2012).

De igual manera la cuenca del río Cozo no escapa de estas circunstancias, ya que a lo largo de su curso cuenta con las comunidades de Yarumayo y San Pedro de Chaulán. Por lo tanto, cualquier alteración en el cauce del río se reflejaría directamente en estas poblaciones teniendo un impacto altamente perjudicial en términos de vida, salud, bienestar y economía de las poblaciones locales, ya que las capacidades de preparación y respuesta ante los eventos de inundación son limitadas por la falta de herramientas de mitigación como un modelo hidrográfico específico para la gestión de desastres.

Por lo tanto, en este proyecto de investigación se centrará en desarrollar un Modelo Hidrográfico para mejorar la Gestión de Desastres en la cuenca del río Cozo, en Yarumayo y San Pedro de Chaulán con el propósito de comprender las noticias extremas. Esto contribuirá a la prevención de desbordes del río Cozo y a la mitigación de los riesgos asociados.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida puede el desarrollo de un Modelo Hidrográfico influir en la Gestión de Desastres en la cuenca del río Cozo, en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco – 2024?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuáles son los valores de las precipitaciones máximas instantáneas registrados en las estaciones pluviométricas ubicadas en la cuenca del río Cozo?

¿Cuáles son los caudales máximos para diferentes periodos de retorno en la cuenca del río Cozo, calculados mediante el uso de modelos hidrológicos como HEC-HMS y geoespaciales como ArcGIS?

¿Qué áreas específicas en la cuenca del río Cozo presentan un alto riesgo de desbordamiento, y cuáles son sus características geográficas y topográficas, identificadas mediante el uso de modelos hidráulicos como HEC-RAS y herramientas geoespaciales como ArcGIS?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un Modelo Hidrográfico para mejorar la Gestión de Desastres en la cuenca del río Cozo, en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco - 2024.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Calcular las precipitaciones máximas instantáneas en las estaciones pluviométricas involucradas en el área de estudio.

Determinar los caudales máximos para distintos periodos de retorno utilizando herramientas como HEC-HMS y ArcGIS.

Identificar las zonas de alto riesgo de desborde del río en la cuenca del Cozo mediante el uso de HEC-RAS y ArcGIS.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta investigación utilizó la modelación hidráulica mediante el uso de los programas ArcGIS y HEC-RAS para identificar las áreas propensas a inundaciones en la cuenca del río Cozo. El propósito de este análisis fue proporcionar a la población que reside en las cercanías de la cuenca información precisa que les permita tomar decisiones más informadas y mitigar los impactos negativos en caso de eventos naturales. De esta manera, se buscó reducir el riesgo asociado a futuros proyectos que puedan desarrollarse en la zona. El enfoque principal fue brindar herramientas para la toma de decisiones y fomentar la planificación adecuada en aras de una mayor seguridad y protección de la población y los proyectos en curso o futuros.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La presente investigación se llevó a cabo con el propósito de brindar una herramienta de análisis precisa y efectiva para la prevención asociados a inundaciones en la cuenca del río Cozo, considerando diferentes periodos de retorno. La justificación práctica de este proyecto radicó en la necesidad de contar con información actualizada y confiable que permita a la población delimitar las áreas de peligro y mejorar sus capacidades de preparación y respuesta frente a las amenazas naturales.

La disponibilidad de datos precisos sobre las áreas de inundación para distintos periodos de retorno fue esencial para tomar decisiones informadas en la planificación territorial, el desarrollo de infraestructuras y la gestión de emergencias. Al contar con esta herramienta de análisis, se logró mostrar y delimitar de forma precisa las zonas de mayor riesgo

de inundación, lo que permitirá implementar medidas preventivas y tomar acciones oportunas antes o durante los eventos desencadenantes.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La justificación metodológica de este proyecto se basó en la necesidad de emplear una metodología rigurosa y precisa para determinar las áreas de inundación en la cuenca del río Cozo, considerando diferentes periodos de retorno. Mediante la recopilación de datos hidrológicos y topográficos, así como la aplicación de modelos hidráulicos y análisis de series históricas de precipitaciones, se obtendrá información detallada y confiable sobre las zonas propensas a inundaciones. Esta metodología permitió tomar decisiones informadas en la gestión del riesgo y la planificación territorial, facilitando la toma de medidas de mitigación y la implementación de acciones preventivas. Además, la aplicación de esta metodología puede servir como base para futuros estudios en la gestión del riesgo de inundaciones en otras cuencas hidrográficas, contribuyendo al avance del conocimiento y proporcionando herramientas efectivas para la toma de decisiones en la gestión de desastres naturales.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Al igual que la mayoría de las investigaciones a nivel de pregrado, este estudio presentó ciertas limitaciones que se describen a continuación:

- La falta de estaciones pluviométricas en el área de investigación dificulta la recopilación de datos precisos sobre la precipitación.
- Además, la metodología utilizada para la elaboración de mapas de riesgo y análisis de vulnerabilidad se basó únicamente en el software ArcGIS y HEC-RAS.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad de esta investigación se sustentó en varios factores. En primer lugar, existe una clara disposición y compromiso para llevar a cabo el proyecto, respaldado por los recursos mínimos necesarios para cubrir los gastos asociados. Además, se ha considerado un tiempo adecuado para completar la investigación de manera exitosa y garantizar una calidad óptima en los resultados.

Aunque no se cuenta con una estación pluviométrica en la misma zona de estudio, se dispone de estaciones cercanas, como la estación Canchan en Huánuco, que proporcionan información idónea y confiable para el procesamiento en sistemas geográficos, así como el conocimiento necesario para asegurar la veracidad de los resultados. Estos recursos adicionales permiten suplir la falta de una estación pluviométrica directamente en el área de estudio, fortaleciendo la validez y la rigurosidad de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Kramer (2019) en su tesis que lleva por título: “La Construcción Social de Riesgo en Quebradas del pie de monte al nor-oriental del área Metropolitana de Santiago: Comuna de lo Barnechea. Santiago, Chile” de la Pontificia Universidad Católica de Chile tiene en objetivo de comprender cómo se construye socialmente el riesgo en las quebradas en función de las decisiones que se podría tomar, llegando a las conclusiones: 1) El fenómeno del riesgo es complejo debido a la participación de varios actores en diferentes regiones e individuos (una persona que vive cerca de un río); todos son responsables de decisiones que en muchos casos conducen a construcciones arriesgadas y aumentan el riesgo. 2) Finalmente en el municipio tiene una percepción de riesgo orientada a la emergencia y los entrevistados entienden que el municipio actúa en caso de un desastre. Además, se tiene una comprensión tradicional del riesgo vinculado a una amenaza externa de origen natural, ignorando las amenazas antropogénicas que incluyen decisiones tomadas en el momento y que causan daños en el futuro.

Salvatierra (2019), en su tesis titulada: “Incertidumbre en Simulación Hidrológica GR4J en Cuencas no Controladas en Chile” de la Universidad De Chile, investigó y cuantificó la incertidumbre en el modelo hidrológico GR4J cuando se aplica en cuencas no controladas en Chile. El estudio implicó la calibración y validación de modelos en ocho cuencas del centro-sur de Chile. La peculiaridad del enfoque metodológico fue el uso de índices geomorfológicos, que permitieron estimar los parámetros del modelo basándose únicamente en las características geomorfológicas de la cuenca, eliminando la necesidad de datos analíticos y observaciones de fluorescencia. La tesis llegó a las siguientes conclusiones: 1) Los resultados mostraron que los caudales derivados de índices topográficos proporcionaron una aproximación razonable a la realidad y mostraron un rango de incertidumbre que

incluía los caudales mensuales más altos y bajos observados en las cuencas. 2) Finalmente se puede afirmar que la banda de incertidumbre del caudal resultante del valor esperado del índice topográfico estuvo entre 2 y 36% con respecto al tiempo base de la hidrografía UH y la capacidad máxima del canal. Estos resultados se aplican a estudios similares que se centran en modelos GR y proporcionan información valiosa que puede aplicarse a objetivos de investigación similares.

Muñoz (2021), en su tesis titulada: “Gestión, Institucionalidad y Gobernanza de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Vices Cantones Valencia, Quevedo y Mocache (Ecuador)” de Universidad Nacional del Sur donde se estudiaron las características físico-naturales y topográficas de la cuenca, además, se elaboraron bases y mapas temáticos de la cuenca del río Guayas, la cuenca del río Vices y las partes alta, media y baja a nivel global regional; y escala a nivel local de agua Gana en consecuencia. Con el fin de crear una fuente integral de información para los usuarios privados, se creó una geodatabase que contiene un mapa digital en el entorno de Sistemas de Información Geográfica, donde toda la información presentada en este trabajo corresponde a varias fuentes cartográficas oficiales del país y de desarrollo propio ya que se puede visualizar, integrar, modificar y analizar utilizando herramientas SIG básicas.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Mendoza (2020) en su tesis titulada: “Identificación de zonas críticas vulnerables a peligros de movimientos en masa en la cuenca hidrográfica del río Piura, mediante Modelamiento Geoespacial” de la Universidad Peruana Unión, examina la probabilidad de deslizamientos de tierra en la cuenca hidrográfica del río Piura, también asociados a los riesgos socioeconómicas, utilizando el método utilizado de análisis multi criterio, que explica aspectos determinante a masa en movimientos vulnerables o sensibles áreas para socioeconómicos y físicos. La tesis llegó a las siguientes conclusiones: 1) Las cuencas hidrológicas del lugar de estudio son zonas de peligros para los movimientos de masa, donde el nivel más alto estará representado por el 0.06% y el mínimo en la cuenca de los distritos 6 distritos. 2) Según el mapa de vulnerabilidad

socioeconómica, en los distritos del lugar de estudio tiene índices alto de pobreza, además Las vías de acceso están deterioradas, lo que aumenta la probabilidad de deslizamientos de tierra. En conclusión, la evaluación del riesgo indica que el área de estudio está en un nivel de riesgo alto, impactando al 19,73% de los centros de salud, al 22,13% de las escuelas y al 27,64% de las comunidades. Por otro lado, solo el 0,45% de los asentamientos tiene un nivel de riesgo bajo.

Aroní y Pareja (2020) en su tesis titulada: “Gestión de datos con tecnología geomática para la mitigación del riesgo de desastres por fenómenos naturales” de la Universidad Ricardo Palma, se enfocan en la reducción cuantitativa de los daños ocasionados por inundaciones repentinas (huaicos) mediante la implementación de un plan de control de riesgos en el distrito de Chaclacayo, haciendo uso de tecnología geomática. La tesis llega a las siguientes conclusiones: 1) Los datos históricos provienen de fenómenos naturales como inundaciones provocadas por los huaicos dañan la infraestructura de las viviendas. 2) Con la intención de disminuir de manera cuantitativa los efectos perjudiciales provocados por los deslizamientos repentinos como los huaicos se plantea una estrategia integral de gestión del riesgo en el distrito de Chaclacayo, haciendo uso de tecnología geomática. 3) Además proponen la construcción de barreras dinámicas en las quebradas, para ayudar a la reforestación de las áreas adyacentes y realizando la limpieza del cauce del río.

Orellana (2021) en su tesis titulada: “Modelamiento Hidrológico e Hidráulico para el Análisis de Inundaciones en la ciudad de Piura Utilizando Hec-Hms y Hec-Ras” de la Pontificia Universidad Católica del Perú, se determinó los hidrogramas de diseño determinado los patrones de agua de las áreas de inundación para diferentes períodos de retorno, comenzando con la recopilación de datos de precipitación de la estación, completando los datos faltantes y el análisis estadístico. El modelado hidrológico respecto a la lluvia y escorrentía de 24 horas utilizando el software HEC-HMS para producir hidrogramas y flujos máximos instantáneos. Además, la modelización hidráulica en el software HEC-RAS para simular inundaciones, delimitar zonas propensas a

inundaciones y finalmente proponer medidas para reducir el impacto de los desbordamientos de los ríos. Con base en los resultados de los modelos hidrológicos e hidráulicos, se puede concluir que una inundación en el área de estudio corresponde a un tiempo de recuperación de 25 años. Finalmente, se elaboraron mapas de inundaciones en la ciudad de Piura y se analizaron mediante modelación hidráulica.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 LA HIDROLOGÍA

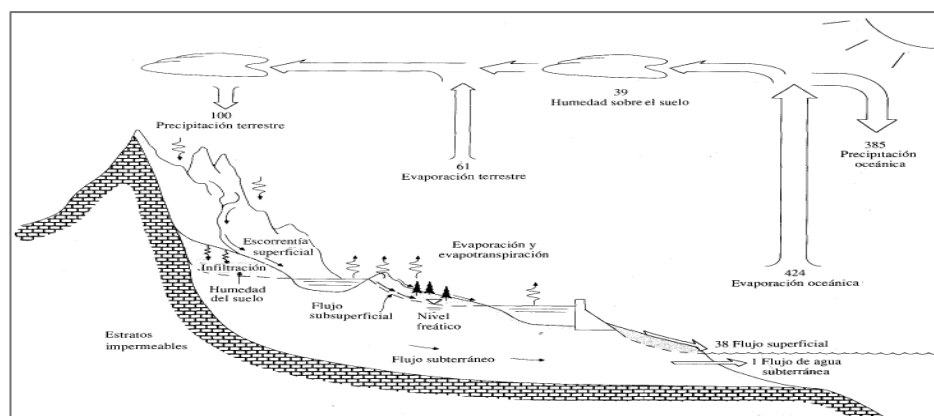
Chow y Maidment (1994) menciona que la hidrología es la ciencia que estudia el ciclo del agua en la Tierra, incluyendo su distribución, circulación y comportamiento en diversos ecosistemas naturales y sistemas urbanos. Por ello hace referencia conceptos importantes como:

2.2.1.1 EL CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico es el proceso continuo por el cual el agua circula entre la superficie terrestre y la atmósfera. Incluye pasos como la evaporación, condensación, precipitación y escorrentía. Parte del agua es absorbida por el suelo como agua subterránea, mientras que otra fluye hacia los ríos y océanos como escorrentía superficial. La evaporación de las plantas también afecta el ciclo. La circulación es esencial para la vida en la Tierra y desempeña un papel en la regulación del clima (Chow y Maidment, 1994).

Figura 1

El ciclo hidrológico



Nota. Procesos que conforman el ciclo hidrológico. Tomado de (Chow y Maidment, 1994).

2.2.1.2 PRECIPITACIÓN

Este fenómeno de precipitación desempeña un papel fundamental en la disciplina de la Hidrología, ya que, Además de la evaporación, este proceso muestra cómo la atmósfera se relaciona con el agua en la superficie de la Tierra en el ciclo hidrológico (Chow y Maidment, 1994).

2.2.1.3 PRECIPITACIÓN PROMEDIO

Para determinar la cantidad media de precipitación en una determinada zona durante un determinado período de tiempo, es necesario utilizar los valores individuales registrados para cada metro de la red. Sin embargo, dado que se desconoce la contribución exacta de cada instrumento al total de tormentas, han surgido varios métodos para intentar aproximar la distribución de la precipitación en la región (Chow y Maidment, 1994).

Entre estos métodos se encuentran:

2.2.1.4 MÉTODO DE MEDIA ARITMÉTICA:

Esta técnica proporciona una manera simple de estimar la precipitación media de una región. Implica calcular el promedio de las cantidades registradas en todos los puntos dentro de dicha área. Este enfoque es preciso cuando los puntos están distribuidos uniformemente y las variaciones entre las cantidades medidas en cada punto no son significativas. (Linsley y Kohler, 1977).

2.2.1.5 POLÍGONOS DE THIESSEN

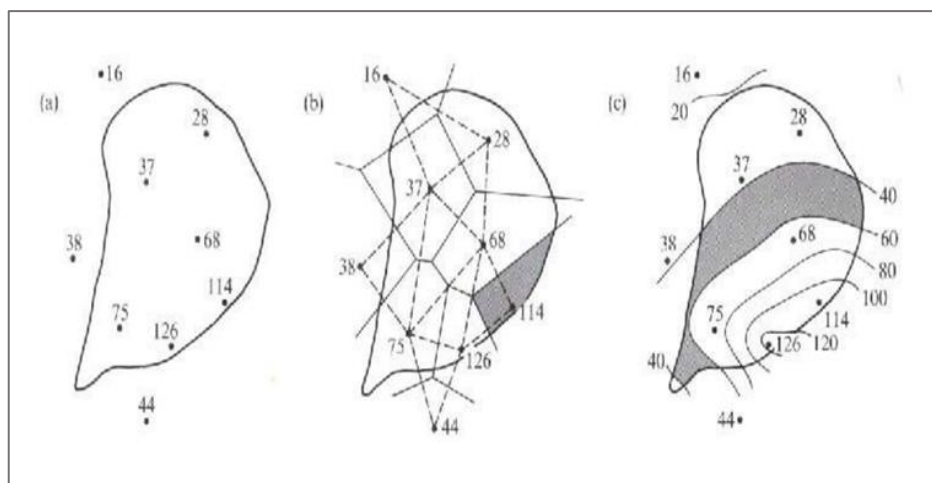
Se utiliza cuando la distribución de pluviómetros en la zona no es uniforme. Para efectos de cálculo, el área de influencia de cada estación se determina trazando líneas entre estaciones cercanas. Estas líneas están intersecadas por líneas perpendiculares y se supone que el área formada por estas intersecciones ha recibido la misma cantidad de lluvia que en la estación. Al calcular el área abarcada por cada estación y comparándola con el área total, se obtiene el peso relativo de cada pluviómetro. Luego se calcula la precipitación promedio utilizando un promedio ponderado. (Chow y Maidment, 1994).

2.2.1.6 ISOYETAS

Las isoyetas son líneas que conectan puntos con la misma precipitación obtenida mediante la interpolación de pluviómetros cercanos. El área se mide y se multiplica por la precipitación de isoyetas adyacentes. La precipitación media de la zona se obtiene sumando estos productos para toda el área considerada. La ventaja de este método es que se pueden extraer isoyetas para tener en cuenta los efectos locales, acercándonos a la precipitación promedio real para el área. (Linsley y Kohler, 1977)

Figura 2

Métodos de cálculo de precipitación promedio



Nota. Métodos de cálculo de la precipitación promedio: a) Método de la media aritmética, b) Polígonos de Thiessen, C) Isoyetas. Tomado de (Chow & Maidment, 1994).

2.2.1.7 PLUVIOMETRÍA

Chow y Maidment (1994) menciona que es la rama de la ciencia encargada de determinar la cantidad de lluvia que llega al suelo, conocida como hidrología de las precipitaciones. Para realizar esta medición se utiliza una regla de escala milimétrica para determinar la altura que alcanzaría el nivel del agua en el suelo si no fuera filtrada o escurrida. Diferentes regiones del mundo, como América Latina y Estados Unidos, utilizan diferentes unidades de medida, las más comunes son milímetros y pulgadas.

Villón (2006) menciona que, con el tiempo, se desarrollaron varios dispositivos para obtener datos precisos de las

precipitaciones. Estos instrumentos permiten recoger diferentes tipos de datos, como la distribución del tamaño de las gotas de lluvia, la hora de inicio y fin de la lluvia, y su cantidad e intensidad. En particular, la determinación de la cantidad e intensidad de la lluvia es muy importante para el análisis de tormentas de diseño y otros estudios relacionados.

2.2.1.8 PERIODO DE RETORNO

Es fundamental entender dos conceptos fundamentales. El primero es el período de retorno, designado como "T", el cual indica el número promedio de años en los que se espera que un evento específico ocurra o se supere una sola vez. Otro concepto es el exceso de probabilidad, que está relacionado con el período de retorno y representa la probabilidad de que una variable aleatoria alcance o supere un valor específico "X". (Pizarro y Abarza, 2003).

Se define como:

$$P(x) = \frac{1}{T}$$

La probabilidad de que no se supere un determinado valor de la variable aleatoria viene dada por la función de distribución de probabilidad F(x), que se expresa como:

$$F_{(x)} = \int_2^x f(x) dx = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T}$$

La probabilidad de que la variable aleatoria sea mayor que X, se expresa como:

$$P(x > X) = 1 - F(x) = \frac{1}{T}$$

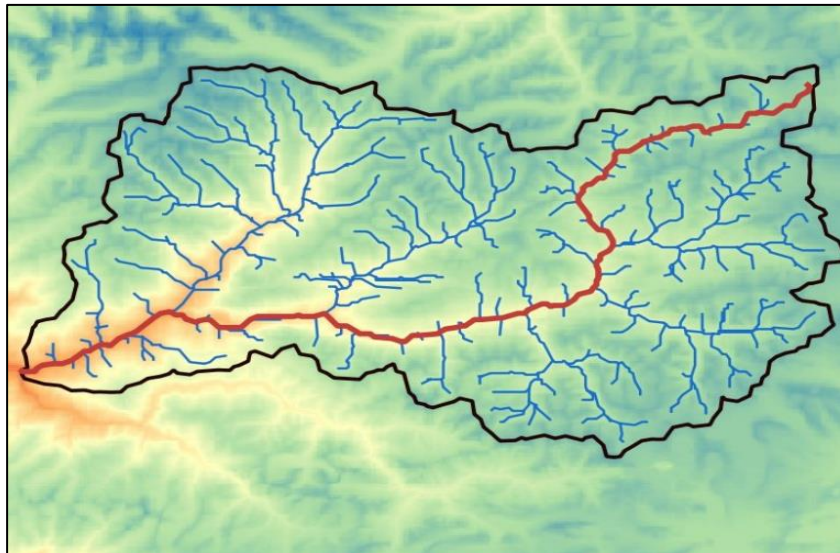
2.2.2 CUENCA HIDROGRÁFICA

Una cuenca hidrográfica es una zona de terreno natural que recibe precipitaciones y por la que fluyen escorrentías y escurrimientos hasta la salida de un canal principal. El área delimitada por una división topográfica (cuenca) que desemboca en un canal común también se conoce como cuenca hidrográfica (Campos et al., 2007).

Menciona además que una cuenca hidrográfica es un conjunto dinámico de componentes físicos, biológicos, socioeconómicos, institucionales y políticos que interactúan entre sí para formar un conjunto único e indivisible en el desarrollo. Este complejo es un importante centro de desarrollo socioeconómico y se utiliza para la planificación y gestión de los recursos naturales.

Figura 3

Delimitación de una cuenca con QGIS



Nota. Obtención de un cauce principal en una cuenca de manera automática con QGIS. Tomado de (RHydro, 2021)

- Características de una cuenca hidrográfica

Campos et al., (2007) menciona que las características son:

- ✚ Es un entorno geográficamente delimitado de manera precisa: las tierras que contribuyen al flujo de una red de drenaje natural son recopiladas por un único colector.
- ✚ Es un medio biofísico complejo: Es complejo debido a las interacciones y relaciones que los elementos (como el suelo, el agua, la vegetación, la flora, la fauna, el subsuelo y el clima) se mantienen en equilibrio.
- ✚ Es un entorno natural con un dinamismo morfológico: la formación de la morfología de una cuenca es un proceso en constante cambio, ya que las características superficiales y el relieve experimentan alteraciones continuas debido al clima predominante.
- ✚ Es un entorno humano en evolución: se refiere a aspectos como la demografía, la tenencia de la tierra, la organización social de los sistemas de producción, las condiciones crediticias y el mercado, entre otros.

2.2.3 RIESGO POR INUNDACIÓN

Las inundaciones se producen cuando hay un aumento significativo de las precipitaciones que superan la capacidad de absorción del suelo y provoca el desbordamiento del río principal, lo que provoca inundaciones de las zonas aledañas. Estos eventos tienen diversas consecuencias negativas como daños a infraestructuras, daños materiales y amenaza a vidas humanas. Además, las inundaciones tienen un impacto significativo en el medio ambiente y la calidad del suelo de los ríos, provocando importantes daños y perturbaciones en estos ecosistemas. (INDECI, 2004).

Un aumento del caudal de los ríos provoca erosión de las riberas y deslizamientos de tierra en sus riberas. Además, suele perturbar los caminos que discurren junto a los ríos y afecta negativamente al paisaje de ambos lados. En las temporadas de El Niño se produce un aumento de las inundaciones excepcionales, lo que provoca daños aún más

graves, incluida la destrucción de puentes. Las inundaciones afectan significativamente las viviendas construidas con adobe, provocando el colapso de sistemas de alcantarillado, pozos y fuentes de agua. (MINAM, 2015).

La INDECI (2004) nos plantea la siguiente clasificación de inundaciones:

a) Según su tiempo:

- **Inundaciones dinámicas o rápidas:** Como resultado de las fuertes lluvias, se producen inundaciones dinámicas o rápidas en ríos con cuencas pronunciadas. Las crecidas repentinas en los ríos son de corta duración, pero causan diversos daños a la ciudad y su infraestructura por falta de tiempo de respuesta y prevención.
- **Inundaciones estáticas o lentas:** Una inundación estática o lenta se produce cuando las precipitaciones son continuas y generalizadas, provocando un aumento gradual del caudal del río hasta superar su capacidad máxima de carga. Como resultado, el río se desborda e inunda las zonas planas cercanas a su curso.

b) Según su origen:

- **Inundaciones pluviales:** Las inundaciones repentinas son el resultado del aumento de lluvias intensas en un lugar en particular. Esto significa la concentración de una gran cantidad de lluvia en un corto período de tiempo, o la continuación de precipitaciones moderadas pero continuas durante un largo período de tiempo en suelos con baja permeabilidad.
- **Inundaciones fluviales:** Las inundaciones fluviales se producen por el desbordamiento de ríos y arroyos. Este fenómeno se produce por un aumento repentino de la cantidad de agua que supera la capacidad de carga de los cuerpos de agua sin traspasar su límite natural.

Tabla 1

Personas y viviendas afectadas por inundaciones 2003-2009

fenó men os	Nº de emer	total, de persona s	total, de personas	Total, de persona s	Total, de vivienda s	Total, de vivien
-------------------	---------------	---------------------------	-----------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------

	genci as	afectada s	damnifica das	fallecida s	afectada s	das destru idas
Lluvi as inten sas	4191	1069604	72314	108	192332	14928
Inun daci ón	1919	679239	64730	57	109553	10384
Huai co	407	193071	7244	41	2472	1135
Crec ida de rio	255	23046	5643	6	2924	1191
Aluvi ón	37	2653	852	11	424	128
Alud	8	127	0	10	18	0
Total	6817	1967740	150783	233	307723	27766

Nota. Cantidad de personas afectadas por fenómenos de inundación en el país entre los años 2003 y 2009. Tomado de: (MINAM, 2015)

Así mismo el riesgo de inundación, por tanto, es el estudio, evaluación y representación del riesgo relacionado con inundaciones, realizado a través de un análisis integral de sus componentes, incluidos los factores de amenaza, exposición y vulnerabilidad. Este tipo de riesgo generalmente se considera el más común, también el más frecuente y el más dañino del mundo. (Ollero, 2014).

2.2.4 TÉCNICAS PARA LOS PROCESOS HIDROLÓGICOS

Chow y Maidment (1994) menciona que los métodos y técnicas utilizados para analizar y comprender los procesos relacionados con el ciclo del agua en la tierra se conocen como herramientas de procesos hidrológicos.

Los fenómenos hidrológicos como la precipitación, la escorrentía, la infiltración y la evaporación requieren de estas herramientas para su estudio y modelización. Algunas de las herramientas más utilizadas en los procesos hidrológicos son:

2.2.4.1 CURVAS IDF

La cantidad temporal de lluvia se define como la intensidad que indica la profundidad de la lluvia en una unidad de tiempo (mm/h). Esta intensidad puede ser inmediata o media durante la duración de la lluvia. Habitualmente se utiliza la intensidad media, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$i = \frac{P}{Td}$$

Donde

P: Se refiere a la profundidad de la lluvia en mm

Td: Es la duración en horas.

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia son herramientas de planificación que determinan la relación entre la intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones, es decir la probabilidad de su ocurrencia o el tiempo de recuperación. Estas curvas se pueden expresar en ecuaciones, lo que facilita determinar la intensidad de lluvia prevista sin leerla en un gráfico. La ecuación general es la siguiente.

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

I: Se refiere a la intensidad máxima

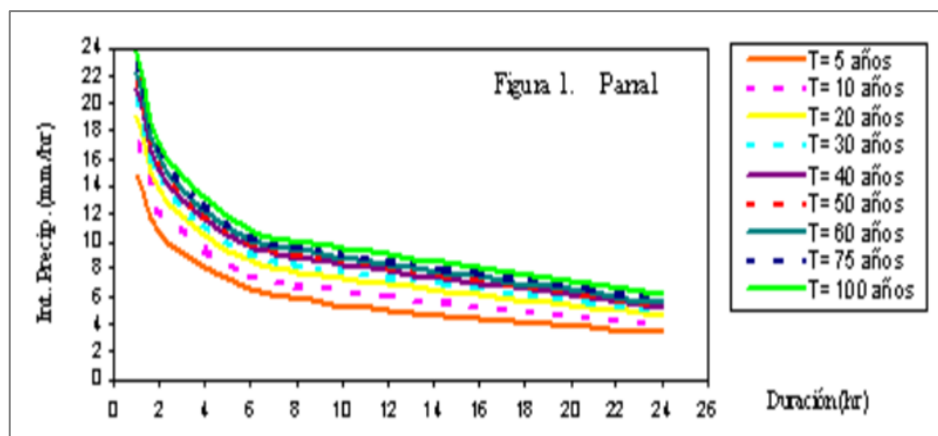
K, m, n: Son los factores de la zona de estudio

T: Es el periodo de retorno en años

t: Viene a ser la duración de la precipitación

Figura 4

Ejemplo de curva IDF



Nota. Ejemplo de curvas IDF para distintos periodos de retorno. Tomado de (Pizarro y Abarza, 2003).

2.2.4.2 MODELAMIENTO CON UN SIG

Un sistema de información geográfica (SIG) es una colección automatizada y organizada de datos espaciales y descriptivos, así como los métodos analíticos, software y hardware físico-necesarios para almacenar, procesar y representar visualmente los datos en un formato geográfico (Chaglla, 2010).

Además, su objetivo principal es proporcionar una base de datos que facilite la toma de decisiones presentando información mediante mapas, áreas delineadas y símbolos representativos. Además, te permite ver el mapa con las coordenadas de ubicación correspondientes. La información recibida se procesa con ayuda de modelos de objetos geográficos para resaltar (Chaglla, 2010).

2.2.4.3 ANÁLISIS DE FRECUENCIA

Chow y Maidment (1994) menciona que es un método basado en métodos estadísticos que se puede utilizar para determinar la cantidad de flujo correspondiente a un determinado período de retorno. La precisión de este método se ve afectada por la extensión y la calidad de los datos históricos y la incertidumbre asociada con la distribución de probabilidad elegida.

Extrapolando, es decir Al intentar estimar flujos de períodos de retorno más largos que la longitud de las series de datos disponibles, el error relativo asociado con la distribución de

probabilidad utilizada se vuelve más significativo. En cambio, al realizar interpolaciones, la incertidumbre se relaciona principalmente con la calidad de los datos utilizados en el modelo.

En ambos casos, la incertidumbre es grande y depende de la cantidad de información disponible.

2.2.4.4 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Chow y Maidment (1994) hace referencia como una función matemática que describe la probabilidad de que ocurra una serie hidrometeorológica se conoce como una distribución de probabilidades. En el análisis de eventos máximos en hidrología, se utilizan principalmente las siguientes distribuciones de probabilidad:

- Distribución Normal.
- Distribución Log Normal.
- Distribución Gumbel.
- Distribución Log Pearson Tipo III.

Tabla 2

Distribuciones de probabilidad más usadas en hidrología

DISTRIBUCION	FUNCION
NORMAL	$F(X) = \int_{-\infty}^X \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^2} dX$ x= variable aleatoria u= media de la población σ= desviación estándar de la población
LOG NORMAL	$F(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{X\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln X - \mu}{\beta}\right)^2}$ x= variable aleatoria β= desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria σ= media estándar de la variable aleatoria
GUMBEL	$F(X) = e^{-e^{-d(X-\mu)}}$
PEARSON TIPO III	$F(X) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left\{ \frac{X - \delta}{\alpha} \right\}^{\beta-1} e^{-\frac{X-\delta}{\alpha}}$

Nota. Distribuciones de probabilidad y sus funciones de distribución correspondientes. Tomado de (Chow y Maidment, 1994).

2.2.4.5 PRUEBAS DE AJUSTE

Villón (2006) menciona que, con el fin de evaluar la idoneidad de la adecuación de los datos a una distribución de probabilidades, se han desarrollado diversas pruebas estadísticas que permiten determinar si el ajuste es apropiado.

- **Test de Kolmogórov-Smirnov:**

Este procedimiento equivale a una prueba no paramétrica que nos permite examinar si dos conjuntos de datos provienen de la misma distribución de probabilidad. Además, es necesario calcular la frecuencia acumulada observada y la frecuencia acumulada teórica; Después de calcular ambas frecuencias se toma el valor absoluto de las diferencias entre ellas. Esta prueba es adecuada para distribuciones continuas y es válida tanto para conjuntos de datos grandes como pequeños (Villón, 2006).

Para llevar a cabo esta prueba, es necesario calcular inicialmente la frecuencia acumulada observada

$$Fn_{(x)} = \frac{n}{N + 1}$$

Donde:

$F_n(x)$: Se refiere a la frecuencia observada acumulada

n : Es el número de orden del dato

N : N° total de datos

Después de eso, se calcula la frecuencia acumulada teórica $F(x)$ de cada función observada. Una vez obtenidas ambas frecuencias, el valor absoluto de las diferencias entre ellas se calcula en la posición de orden i , que se expresa como D_c .

$$D_c = \text{Sup} |F_n(x)_i - F_{(x)_i}|$$

Si la diferencia absoluta entre las frecuencias observada y teórica es menor que la diferencia tabular determinada por el tamaño de la muestra, el nivel de significancia hipotético se considera apropiado. Los niveles de significancia comunes son 0,05 y 0,01. Si la diferencia entre las funciones de

distribución de la muestra y la distribución propuesta es significativa, se rechaza la hipótesis de bondad de ajuste.

- **Histogramas**

La cantidad de lluvia que cae en cualquier momento durante una tormenta puede variar dependiendo de las características de esta y determinar estas variaciones es esencial en el análisis de tormentas porque afectan las decisiones de diseño de ingeniería.

Para lograr esto, se utiliza un histograma de lluvia, que es un gráfico de pasos que muestra cómo la intensidad de la lluvia (en mm/h) cambia con el tiempo (en minutos u horas) durante una tormenta.

Con este histograma es fácil identificar el momento en que la lluvia alcanzó su máxima intensidad y cuál era el valor en ese momento. (Tarazona, 2016).

- **Tormenta de diseño**

Tarazona (2016) menciona que se define una tormenta de diseño como un modelo de precipitación utilizado en el diseño de sistemas hidrológicos. Comúnmente, se emplea como información de entrada en el análisis de modelos de inundación y escorrentía con el fin de estimar hidrogramas de avenidas en cuencas.

Esta variable se utiliza para obtener resultados más precisos y representativos de los patrones de flujo de agua durante eventos de lluvia intensa en una determinada cuenca. La selección de una tormenta de diseño está estrechamente relacionada con los cálculos o estudios previos necesarios para el diseño de obras de ingeniería.

De hecho, las dimensiones de estas obras dependen principalmente de las características de las tormentas y de la frecuencia con la que ocurren en la ubicación donde se realiza el diseño.

- **Tiempo de concentración**

Chow y Maidment (1994) menciona que el tiempo de concentración se refiere al tiempo que una gota de agua tarda en recorrer desde el punto más alejado hidráulicamente hasta la salida de la cuenca. Una vez transcurrido el tiempo de concentración, se considera que toda la cuenca contribuye al flujo de salida. Dado que existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración, menor intensidad), se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración (t_c).

El tiempo de concentración real está determinado por varios factores como:

La geometría de la cuenca en planta.

La pendiente del terreno (una pendiente mayor resultará en flujos más rápidos y un tiempo de concentración menor).

El área de la cuenca.

Las características del suelo

La cobertura vegetal, entre otros.

Las fórmulas más comunes para calcular el tiempo de concentración generalmente incluyen la pendiente, la longitud del cauce principal desde la divisoria de aguas y el área de la cuenca (Chow y Maidment, 1994).

Tabla 3

Ecuaciones para calcular el tiempo de concentración

METODO Y FECHA	FORMULA PARA t_c (minutos)
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947L^{0.77}S^{-0.385}$ L= longitud del canal desde aguas arribas hasta la salida, m. S= pendiente promedio de la cuenca, m/m.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195\left(\frac{L^2}{H}\right)^{0.385}$ L= longitud del canal desde aguas arribas hasta la salida, m.

	H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.
Izzard (1946)	$t_c = \frac{525(0.0000276 \cdot i + c)L^{0.33}}{S^{0.333}i^{0.667}}$
	I= intensidad de lluvia
	C= coeficiente de retardo
	L= longitud de trayectoria de flujo
	S = pendiente de la trayectoria de flujo.
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035 \frac{1.1 - C)L^{0.5}}{S^{0.333}}$
	C= coeficiente de escorrentía del método racional
	L= longitud de flujo superficial
	S = pendiente de la superficie.

Nota. Ecuaciones para hallar el tiempo de concentración según diferentes variables. Tomado de (Chow y Maidment, 1994).

2.2.5 MODELACIÓN HIDROGRÁFICO

Chow y Maidment (1994) Se indica que, con el propósito de examinar el ciclo hidrológico de una cuenca, se han creado modelos hidrológicos que ofrecen una estimación del equilibrio hídrico. Estos modelos toman en cuenta variables meteorológicas como la precipitación y la temperatura del aire como datos iniciales, así como las características físicas de la cuenca. La modelación hidrológica desempeña un papel crucial en la gestión de los recursos hídricos y en la toma de decisiones. Facilita el análisis del comportamiento de los caudales en respuesta a cambios en las condiciones predominantes, tales como la lluvia o la evapotranspiración.

Puntos claves:

Chow y Maidment (1994) menciona que gracias a la modelación hidrográfica se obtiene:

Mediante la modelación hidrológica, podemos adquirir una mejor comprensión de los fenómenos físicos en la cuenca hidrográfica. Además, nos capacita para llevar a cabo simulaciones y pronósticos del comportamiento hidrológico utilizando simplificaciones matemáticas de los procesos físicos en la cuenca. Hay dos enfoques principales para los modelos de lluvia-escorrentía: los modelos conceptuales, que

representan los procesos dentro de la cuenca mediante esquemas y algoritmos simplificados, y los modelos basados en ecuaciones físicas que describen el comportamiento de las variables en una cuenca hidrográfica.

2.2.6 MODELACIÓN HIDROLÓGICA EN HEC-HMS

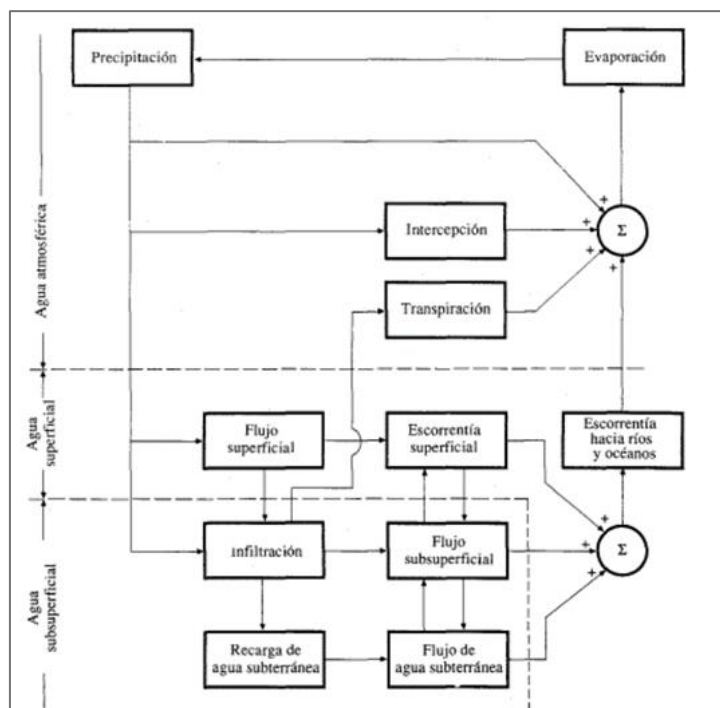
El software HEC-HMS es ampliamente utilizado como un modelo de simulación hidrológica, diseñado específicamente para disimular el proceso de precipitación y escorrentía en sistemas de cuencas hidrográficas. Además es aplicable en una amplia escala de áreas geográficas ayudando a resolver diferentes tipos de problemas hidrológicos, como las inundaciones (USACE, 2021).

Ventajas del programa:

-  El programa crea hidrogramas que se pueden utilizar directamente o junto con otro software, por ejemplo; escorrentía urbana, impactos futuros de la urbanización, planificación de daños por inundaciones en embalses, investigación de daños por inundaciones, etc.
-  La interfaz del programa se presenta de manera simplificada para entenderlo, dado que la comprensión completa de los fenómenos hidrológicos puede resultar difícil.

Figura 5

Esquema del sistema hidrológico global



Nota. Tomado de (USACE, 2021).

2.2.6.1 PRECIPITACIÓN SOBRE EL ÁREA DE ESTUDIO:

Las mediciones de lluvia se realizan en estaciones pluviométricas ubicadas en determinados puntos de la cuenca. Sin embargo, estos puntos de medición no representan todo el grupo. Por lo tanto, es fundamental distribuir las cantidades de lluvia registradas en las estaciones a lo largo de toda la extensión de la cuenca. Para llevar a cabo este proceso, se emplean diversos métodos para estimar la precipitación efectiva. Algunos de estos métodos comprenden el enfoque de:

La media aritmética

El método de Thiessen

El método de las isoyetas

Estos métodos proporcionan una estimación más precisa de la distribución de la lluvia en toda la cuenca. (USACE, 2021).

2.2.6.2 PRECIPITACIÓN EN ESCORRENTÍA DIRECTA

El componente de escurrimiento superficial se refiere al desplazamiento del agua sobre la superficie en dirección a los ríos. Se requiere determinar un área equivalente para cada sub cuenca,

utilizando los datos de precipitación como entrada para este componente. El exceso de precipitación, también conocido como precipitación efectiva, es la parte de la precipitación total que no es absorbida por el suelo ni se infiltra en él. Una vez que la superficie de la cuenca está saturada, el excedente de lluvia se convierte en un escurrimiento directo que fluye hacia la cuenca. (USACE, 2021).

2.2.7 MODELACIÓN HIDRÁULICA EN HEC-HMS

El software es una herramienta de modelado hidráulico unidimensional que permite realizar análisis del flujo de agua en lámina libre, tanto en condiciones estacionarias como no estacionarias. El HEC-RAS puede calcular los perfiles de la superficie del agua en flujo gradualmente variado y determinar los perfiles de lámina de agua en regímenes sub crítico, supercrítico y mixto. Estos perfiles se calculan sección por sección, resolviendo la ecuación de energía mediante el procedimiento iterativo conocido como Método del Paso Estándar. (USACE, 2021).

2.2.8 EXTENSIÓN DEL PROGRAMA HEC-GEORAS Y GEOHMS

2.2.8.1 EXTENSIÓN HEC-GEORAS

La extensión HEC-GEORAS se utiliza para el procesamiento y análisis de datos espaciales en proyectos de ingeniería hidráulica. Le permite importar y exportar datos geoespaciales, crear modelos de elevación digitales, crear capas de datos y analizar datos geográficos para la planificación de proyectos. Su objetivo principal es facilitar y complementar el trabajo realizado con el software HEC-RAS en el entorno de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (USACE, 2021).

2.2.8.2 EXTENSIÓN HEC-GEOHMS

La extensión HEC-GeoHMS por otro lado, es una extensión diseñada específicamente para funcionar con el software de modelado hidrológico HEC-HMS. Se puede utilizar para importar datos, crear cuencas hidrográficas y crear modelos hidrológicos para análisis de cuencas y sistemas de drenaje. A través de su interfaz, menús y herramientas, el HEC-GeoHMS permite la

vinculación de proyectos, realizados en HEC-HMS con ArcGIS (USACE, 2021).

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Potenciales peligros hidrológicos: Son eventos o condiciones adversos relacionados con el agua que pueden tener un impacto negativo en las personas, la infraestructura y el medio ambiente, están relacionados principalmente con fenómenos hidrológicos como inundaciones (Conesa et al., 2008).

Inundaciones repentinas: Se refiere a una cantidad inusualmente grande de agua que fluye repentina y rápidamente, provocando inundaciones. (Conesa et al., 2008).

Amenaza natural: Un suceso de origen natural capaz de ocasionar daños a la vida, la salud, la propiedad, los medios de subsistencia, la economía, el ambiente y la sociedad, con consecuencias graves, como lesiones, pérdidas, perturbaciones y perjuicios (CENEPRED, Manual De Guía Metodológica De Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción De Riesgos De Desastres, 2014).

Análisis de inundaciones: Implica identificar las frecuencias de inundación, un paso clave para una evaluación cuantitativa de las inundaciones. Esta valoración precisa de la magnitud y la probabilidad de los eventos de inundación es esencial para el diseño y la ubicación apropiada de las estructuras hidráulicas (Mendoza, 2017).

Riesgo de inundación: Resulta de la interacción compleja entre procesos hidrológicos y mecánica del flujo en un río, con capacidad para dañar áreas cercanas a este. Los factores espaciales y temporales, junto con la actividad humana en las llanuras adyacentes al río, afectan el elemento de riesgo (Mendoza, 2017).

Peligro por inundación: No solo depende del comportamiento hidrológico del río, sino también de la utilización de las áreas cercanas. Evaluar esta amenaza implica crear mapas que revelen las zonas vulnerables a las inundaciones para una comprensión completa (Elkhrachy, 2015).

Evaluación del peligro natural: Estas evaluaciones se basan en datos científicos, como mapas geológicos, geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, además de información de suelos, imágenes topográficas,

fotografías aéreas e imágenes satelitales (CENEPRED, Manual De Guía Metodológica De Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción De Riesgos De Desastres, 2014).

Cuenca hidrográfica: Se refiere a un área geográfica, con componentes como suelo, agua, clima y más, definida por la captación de agua desde una fuente. Ofrece recursos que benefician la vida humana y animal, influenciados por el ciclo hidrológico y la interacción cultural (Vásquez et al, 2000).

Parámetros geomorfológicos: Las microcuencas se delimitaron usando la red de ríos y herramientas de ArcGIS. Se analizó su forma con un Modelo Digital de Elevaciones (DEM) y se consideraron varios parámetros relacionados con la forma de la cuenca, la red de ríos y el terreno en el estudio de la caracterización geomorfológica e hidrológica de las cuencas (Laqui, 2019).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

Al desarrollar y aplicar un Modelo Hidrográfico en la cuenca del río Cozo con un enfoque en la prevención y mitigación de desastres naturales, es posible mejorar significativamente la Gestión de Desastres reduciendo así la incidencia y el impacto de inundaciones en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco, 2024.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Se proponen tácticas destinadas a gestionar la adquisición, examen y comprensión de datos con el fin de identificar la vulnerabilidad y las áreas más expuestas a riesgos significativos. Asimismo, se formula una serie de pautas orientadas a prevenir desastres. El objetivo de estas estrategias es abordar de manera integral la gestión de la información, permitiendo así identificar de manera precisa las zonas y aspectos más susceptibles a sufrir daños o impactos graves durante situaciones de emergencia. Mediante la implementación de estas tácticas, se busca fortalecer la capacidad de prevención y reducción de riesgos, contribuyendo así a la protección de la población y la infraestructura ante posibles eventos adversos (Bernardo y Velazquez, 2021)

La variable dependiente es:

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Se examinan las particularidades del relieve y los patrones de lluvia con el propósito de determinar de manera más precisa las amenazas de inundación provocadas por las precipitaciones en el área de investigación, empleando la aplicación informática ArcGIS y HEC-RAS para visualizar esta información mediante mapas temáticos (Tarazona, 2016).

La variable independiente es:

Modelo Hidrográfico

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 4

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Gestión de Desastres	Evaluación de la eficacia de la Gestión de Desastres en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco - 2024, que abarca la planificación, preparación, respuesta y recuperación ante desastres naturales y la administración de recursos.	Variable Dependiente	Dimensión Financiera	Presupuesto para Gestión de Desastres
Modelo Hidrográfico	Desarrollo y evaluación de un Modelo Hidrográfico que consiste en un sistema de análisis y gestión de información hidrológica para la cuenca del río Cozo, con el propósito de prevenir y mitigar desastres naturales en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco – 2024.	Variable Independiente	Dimensión Espacial: Dimensión Temporal	Extensión del Área Propensa a Inundaciones Ubicación de las Áreas Propensas a Inundaciones Períodos de Retorno de Inundaciones

Fuente. Adaptado de Hernández (2014).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

Hernández (2014), menciona que la investigación cuantitativa se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para describir, explicar, predecir o controlar fenómenos relevantes. El objetivo de este tipo de investigación es medir y cuantificar variables específicas de manera imparcial.

Por lo cual, la investigación se enfocará en un estudio de enfoque cuantitativo. Se utilizarán métodos y técnicas basadas en datos y análisis numéricos para evaluar las áreas en riesgo y comprender la relación entre las inundaciones y los factores hidrológicos y meteorológicos. Se emplearán herramientas como el modelamiento hidrológico, el análisis de precipitaciones y el uso de sistemas de información geográfica (SIG) para realizar la evaluación de las áreas en riesgo en la cuenca del río Cozo.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

Hernández (2014), menciona que la investigación descriptiva es un tipo de investigación cuyo objetivo principal es describir y representar de manera precisa las características o propiedades de un fenómeno o evento.

Por lo tanto, la investigación será descriptiva ya que se enfocará en describir y también se calculará los parámetros específicos como los caudales máximos, las precipitaciones y se describirá las zonas de alto riesgo en la cuenca del río Cozo.

3.1.3 DISEÑO

Hernández (2014), sostiene que la investigación no experimental es aquel que no tiene variables alteradas de manera deliberada. En este tipo de investigación, el investigador observa y analiza los fenómenos en su entorno natural sin intervenir activamente en el mundo que está estudiando.

Por ello, el diseño de la investigación será no experimental, enfocándose en recopilar datos de un periodo temporal para describir las áreas en riesgo de inundaciones en relación con la cuenca del río Cozo. Se buscará establecer una relación entre las variables independientes (cuenca del río Cozo) y la variable dependiente (áreas en riesgo de inundaciones) utilizando análisis estadísticos y técnicas de modelamiento hidrológico.

Se emplearán registros de precipitaciones, datos de caudales y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para llevar a cabo el análisis y la evaluación de las áreas en riesgo de inundaciones. Los datos se obtendrán de fuentes confiables y se analizarán de manera adecuada para cumplir con los objetivos de la investigación.

Este diseño de investigación no experimental permitirá explorar y comprender la relación entre la cuenca del río Cozo y las áreas en riesgo de inundaciones sin realizar manipulaciones controladas de las variables.

Diagrama:

$X_1 \longrightarrow Y_1$

Donde:

X: Modelo Hidrográfico (Variable independiente)

Y: Gestión de desastres (Variable dependiente)

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Una vez que se ha establecido la unidad de estudio y análisis, se procede a delimitar la población que será objeto de investigación y en la cual se busca extrapolar los hallazgos obtenidos (Hernández & Mendoza, 2018). La población objetivo serían las ciudades dentro de la cuenca del río Cozo en el Departamento de Huánuco, que están propensas a inundaciones. Esto incluiría las áreas urbanas y las comunidades ubicadas en la cuenca del río Cozo.

3.2.2 MUESTRA

La muestra se refiere a un subconjunto de la población total o universo de estudio, del cual se recopilan los datos y se busca que sea representativo de dicha población en su conjunto (Hernández & Mendoza, 2018). La muestra será 733 m de cauce del río Cozo en el centro poblado de Chullay en el distrito de Yarumayo.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

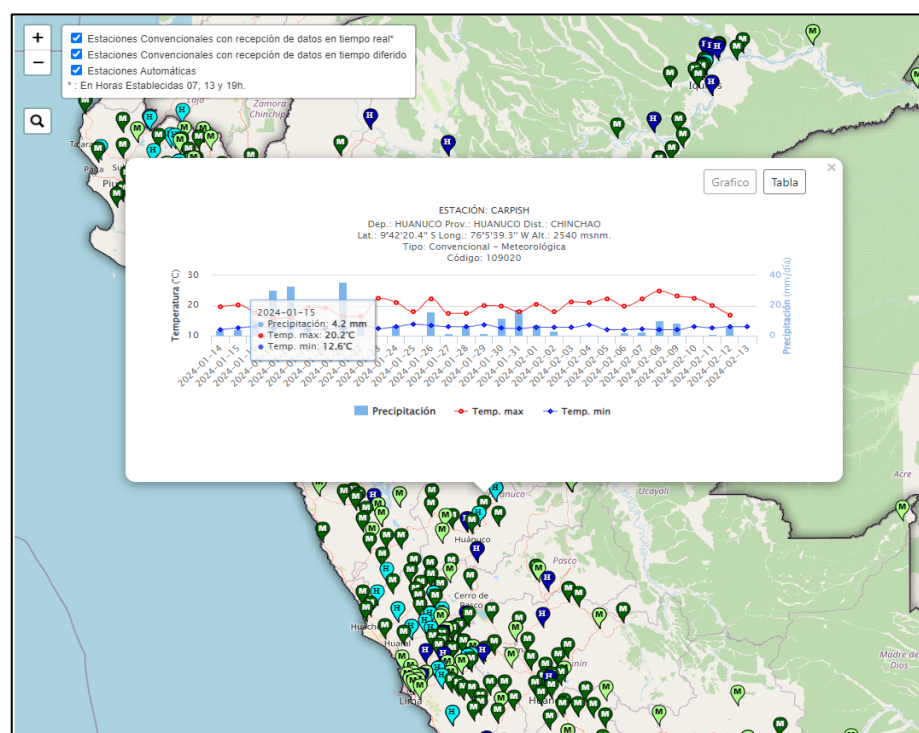
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1.1 TÉCNICAS

- Revisión de registros pluviométricos

Figura 6

Registros pluviométricos

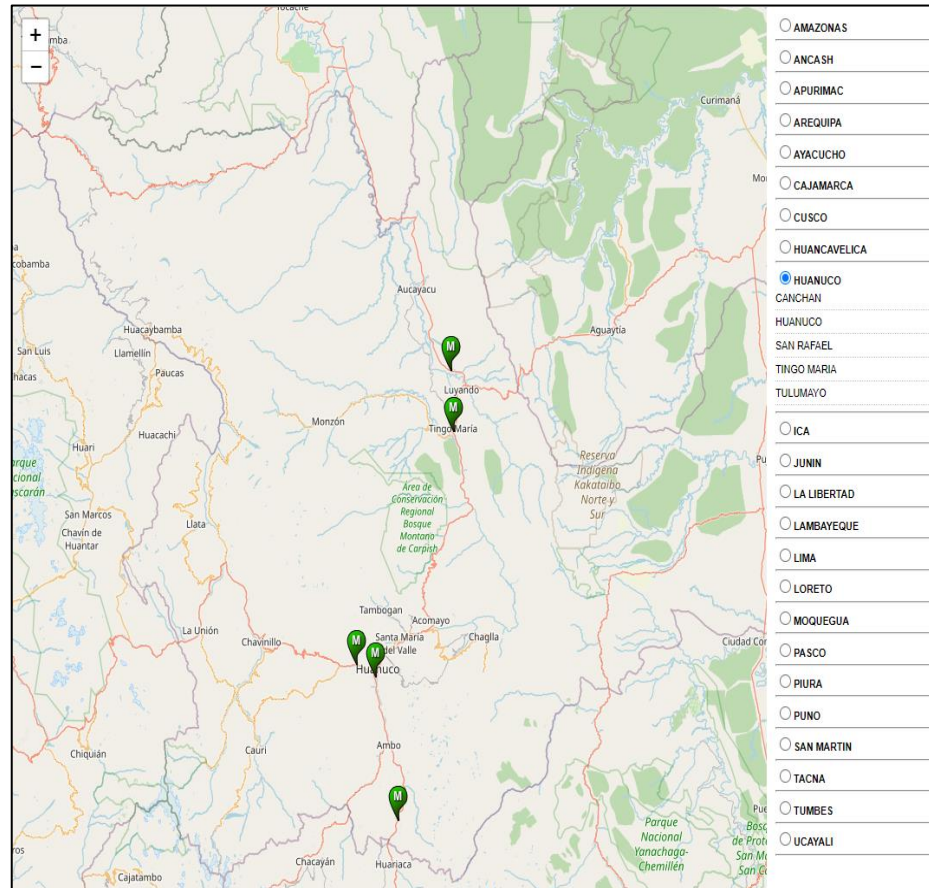


Los valores de lluvia se recolectaron a partir del servidor nacional del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, identificando así los valores de interés.

- Identificación de estaciones

Figura 7

Estaciones de registro-Huánuco



Se identificaron las estaciones que se encuentran en la región identificando así que la estación más adecuada para la investigación es la de Canchán.

3.3.1.2 INSTRUMENTOS

- Fichas pluviométricas

Tabla 5

Ficha de registro pluviométrico

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	CANCHAN	LONGITUD:	76°18'34.62"	LATITUD:	9°55'15.43"	ELEVACIÓN:	1986 msnm								
AÑO	E N E	F E B	M A R	A B R	M A Y	J U N	J U L	A G O	S E P	O C T	N O V	D I C	P R E C I P . P R O M	P R E C I P . M Í N	P R E C I P . M Á X
N° DE DATOS															
DESV. ESTANDAR															
COEF. VARIACIÓN															
PRECI P. PROM															
PRECI P. MÁX															
PRECI P. MÍN															

Los valores del SENAMHI fueron recolectados en las fichas presentadas con finalidad de procesar la información y la consistencia de los valores.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

3.3.2.1 TÉCNICAS

- Análisis estadístico de precipitaciones

Tabla 6

Ficha de consistencia

PARAMETROS ESTADISTICOS	
	LOG(P24hr)
P24hr	
CANTIDAD DE DATOS	
VALOR MAXIMO	
VALOR MINIMO	
DESVIACION	
ESTANDAR	
COEFICIENTE	DE
VARIACION	
COEFICIENTE	DE
RIESGO	

De la serie de valores recolectados se pudo determinar los valores paramétricos para la consistencia de valores estimados.

- Estimación de Caudales

Tabla 7

Ficha de caudales

CAUDAL DE DISEÑO		
TIEMPO DE	HEC-HMS	VALORES REAJUSTADOS
RETORNO		

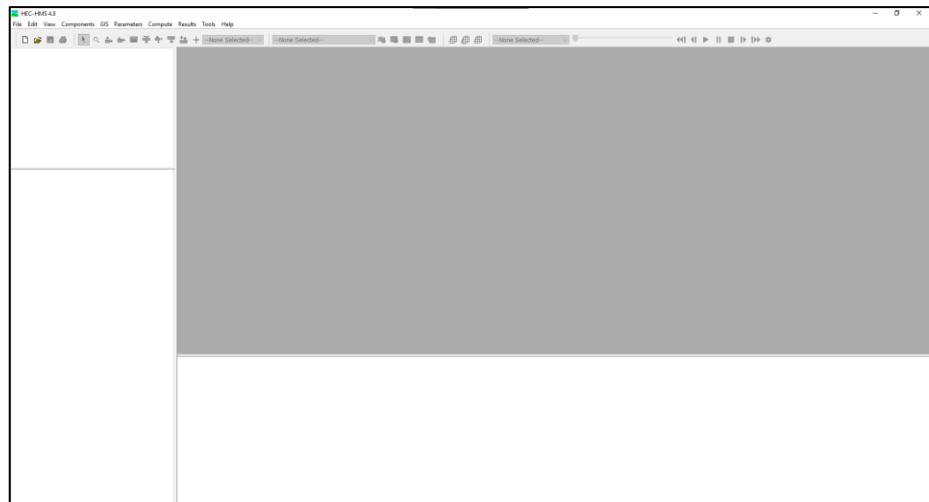
Los valores que se estimaron se presentaron a partir de la ejecución de la metodología SCS, dicho valor tuvo que ser reajustado por el valor de seguridad necesario para la determinación de caudales críticos.

3.3.2.2 INSTRUMENTOS

- Hec-HMS

Figura 8

Interfaz Hec-HMS

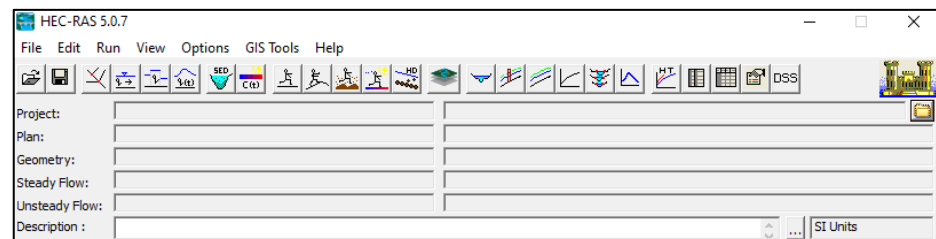


La información de la cuenca determinada en la caracterización de la cuenca se ingresó dentro del software Hec-HMS a fin de estimar los caudales críticos sin reajuste.

- Hec-RAS

Figura 9

Interfaz Hec-RAS



Los valores de caudal fueron ingresados en el software a fin de estimar el modelo hidráulico de la zona de interés.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

3.3.3.1 TÉCNICAS

- Análisis cartográfico

La caracterización cartográfica se determinó íntegramente en el software ArcGIS con la finalidad de caracterizar las zonas con un alto riesgo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1 DELIMITACIÓN DE CUENCA

Para la caracterización hidrológica del río Cozo se requirió la caracterización de la cuenca que conforma el río de interés.

Tabla 8

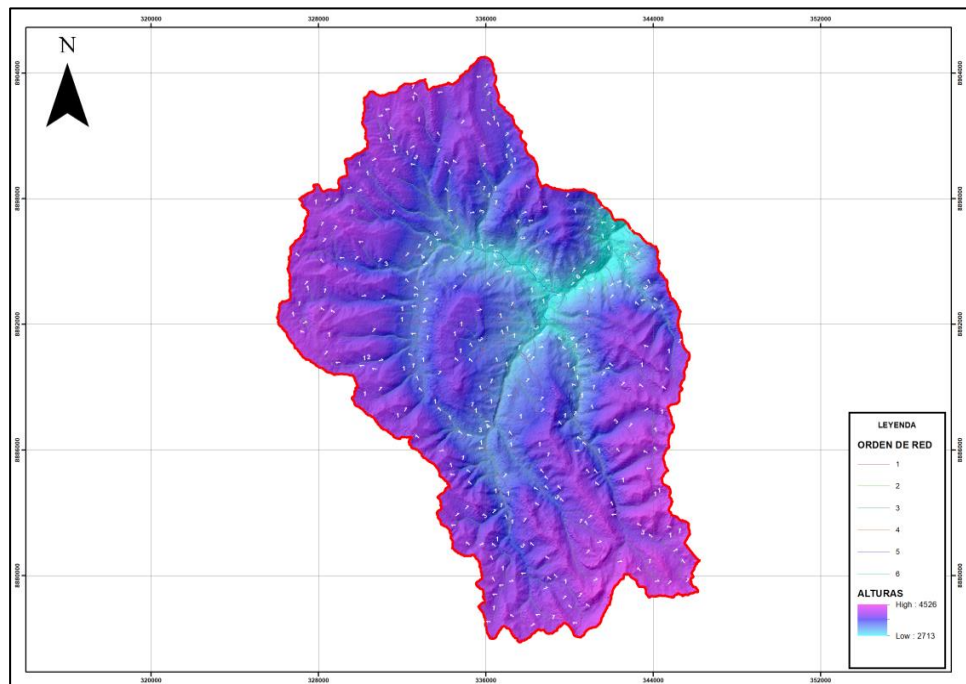
Punto de aforo

PUNTO DE AFORO			
ID	ESTE	NORTE	ZONA
AFORO	342778.00	8896813.00	UTM WGS84 – 18L

Nota. En la caracterización de la cuenca de interés se identificó el punto coordinado en el cual drenan todos los cauces que componen la cuenca del río Cozo, este pudo se determinó que presenta coordenadas de 342778.00 E y 8896813.00 S, dicho punto pertenece a la zona 18L del sistema de georreferenciación UTM WGS84.

Figura 10

Cuenca delimitada



Nota. La identificación del punto de aforo permitió la determinación de la línea divisoria de la cuenca que conforma el río Cozo, de esta caracterización se pudo determinar que la cuenca presenta un orden de red de sexto grado, y una variación de elevaciones de 2713 a 4526 msnm.

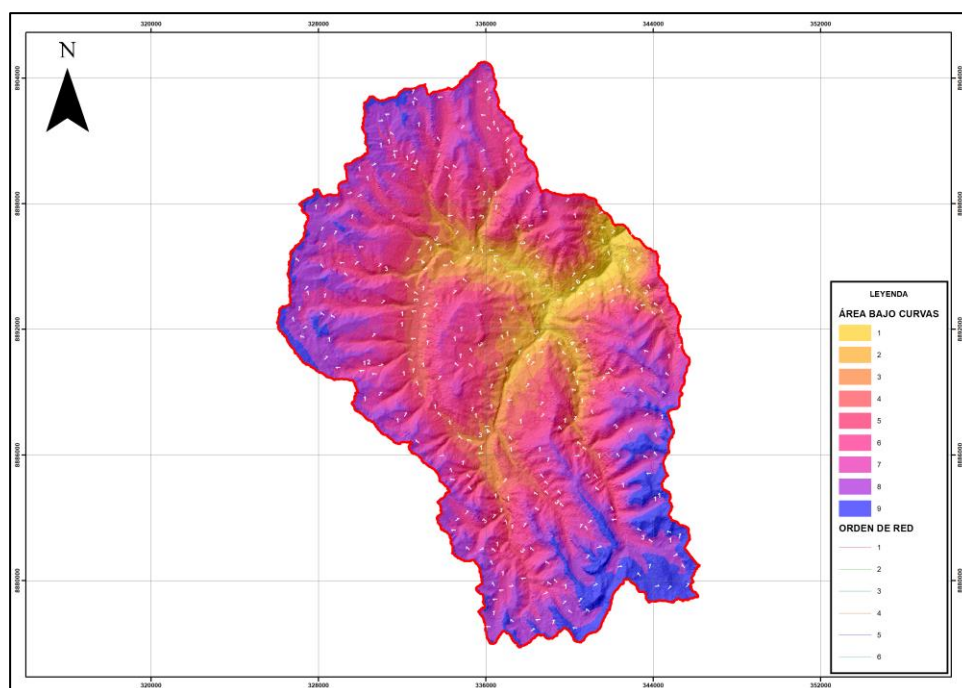
Tabla 9*Caracterización geomorfológica*

Datos de la cuenca		
Geometría		
Área	Km ²	329.14
Perímetro	km	122.35
Ancho	km	27.04
Largo	km	15.19
Valores de las Cotas		
Cota mínima	msnm	2713
Cota Máxima	msnm	4526
Coordenadas		
Centroide X	m	336546.14
Centroide Y	m	8890723.08
Centroide Z	msnm	3879
Altitudes de la cuenca		
Altitud Media	msnm	3879
Altitud más frecuente	msnm	4177.5
Altitud de frecuencia (1/2)	msnm	3884.96
Pendiente de la cuenca		
Pendiente de la cuenca	%	8.22
Hidrografía		
Longitud del Cauce Principal	km	5.55
Orden de la red Hídrica	Adimensional	6
Longitud de la red Hídrica	km	500.76
pendiente promedio de la red hídrica	%	21.64

Nota. Con la delimitación de la cuenca que forma el río Cozo se pudo determinar que el área de la cuenca es de 329.14 km², con un perímetro de 122.35 km, el valor del largo estimado en dirección del cauce del río Cozo se estimó en 15.19 km, el valor del ancho que se estimó de manera perpendicular al cauce principal fue de 27.04 km, las coordenadas del centroide se estimaron como 336546.14 E 8890723.08 N y 3879 msnm.

Figura 11

Áreas entre curvas



Nota. Delimitada la cuenca de interés se pudo estimar a partir del modelo de elevación digital los valores de elevación, dicha clasificación se realizó en 9 intervalos, los cuales fueron reclasificados por el software ArcMap.

Tabla 10

Reclasificación altitudinal

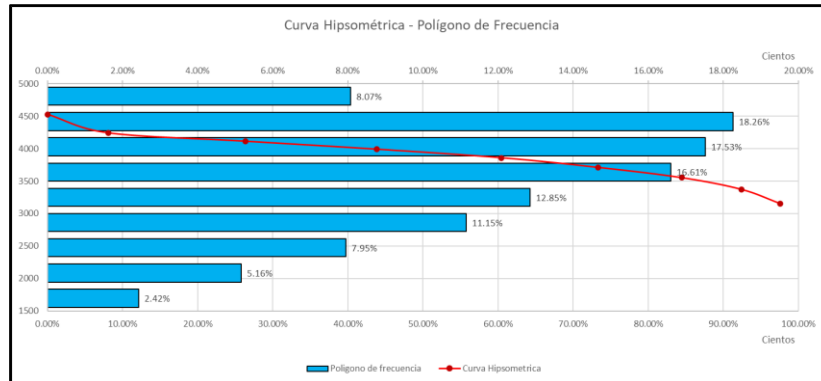
Min	Max	Prom edio	Áreas (Km ²)	Área Acum lada	Área Sobre la Curva	Areas en %	Área Sobre la Curva (%)
2713	3156	2934.5	8.00	8.00	321.91	2.42	97.58
3156	3373	3264.5	17.01	25.01	304.90	5.16	92.42
3373	3553	3463	26.22	51.23	278.68	7.95	84.47
3553	3711	3632	36.80	88.02	241.89	11.15	73.32
3711	3859	3785	42.40	130.42	144.70	12.85	60.47
3859	3991	3925	54.79	185.21	144.70	16.61	43.86
3991	4113	4052	57.83	243.04	86.87	17.53	26.33
4113	4242	4177.5	60.24	303.28	26.63	18.26	8.07
4242	4526	4384	26.63	329.91	0.00	8.07	0.00

Nota. Los valores altitudinales de la cuenca de interés fueron reclasificados en 9 intervalos los cuales comprenden desde los 2713 msnm a 4526 msnm, en ello se determinaron los valores de las áreas que comprenden entre los valores altitudinales, tal fue así que para las altitudes que se encuentran entre 3553 a 3711 msnm el área fue de 36.80 km², de ello también se pudo identificar que el valor altitudinal más

recurrente se presenta entre los valores de 4113 a 4242 msnm con ello se determinó el valor promedio de dichas áreas estimándose así que 4177.5 msnm es la altitud más recurrente en promedio en la cuenca de interés.

Figura 12

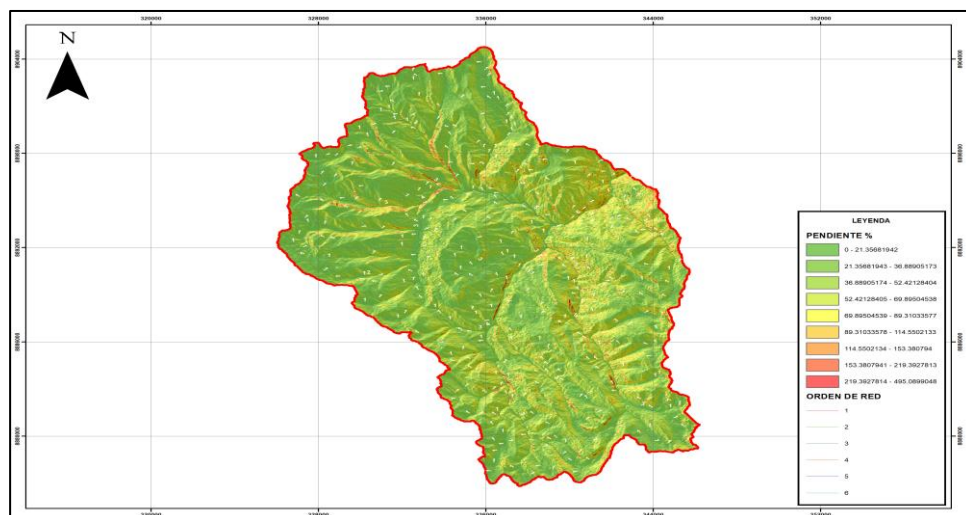
Curva hipsométrica río Cozo



Nota. Con la determinación de las áreas de la cuenca se pudo elaborar la figura de la curva hipsométrica y los polígonos de frecuencia que caracterizan a la cuenca, de la forma que presenta la curva hipsométrica evidencia el estado de madurez en que se encuentra la cuenca debido a la forma tipo “s” que presenta, del polígono de frecuencias se pudo determinar que el valor altitudinal más recurrente es cercano a los 4500 msnm.

Figura 13

Pendientes



Nota. Con los valores de la dirección del flujo se pudo determinar con la ejecución del software ArcMap, esta reclasificación de la cuenca se realizó con los valores de pendientes porcentuales, de la figura se puede observar que los valores con una coloración verde presentan un valor de pendiente baja y las zonas que presentan una coloración rojiza tienen valores de pendiente alta.

Tabla 11*Pendiente de la cuenca*

PENDIENTE DE LA CUENCA				
Pendientes		Promedio (A)	Ocurrencia (B)	A * B
Min	Max			
0	10	5	1489036	7445180
10	20	15	574100	8611500
20	30	25	40982	1024550
30	40	35	5512	192920
40	50	45	1285	57825
50	60	55	398	21890
60	70	65	99	6435
70	80	75	34	2550
80	90	85	16	1360
90	100	95	4	380
Total			2111466	17364590
Pendiente promedio de la Cuenca			8.22	

Nota. Con la reclasificación de los valores de pendientes porcentuales en el terreno se pudo determinar a partir de la cuantificación de la ocurrencia de las pendientes entre los rangos de caracterización se estimó que la cuenca presenta un valor de pendiente promedio de 8.22% con lo cual se caracteriza que si puede ser propensa a inundaciones dependiendo de la capacidad de infiltración de la cuenca de análisis.

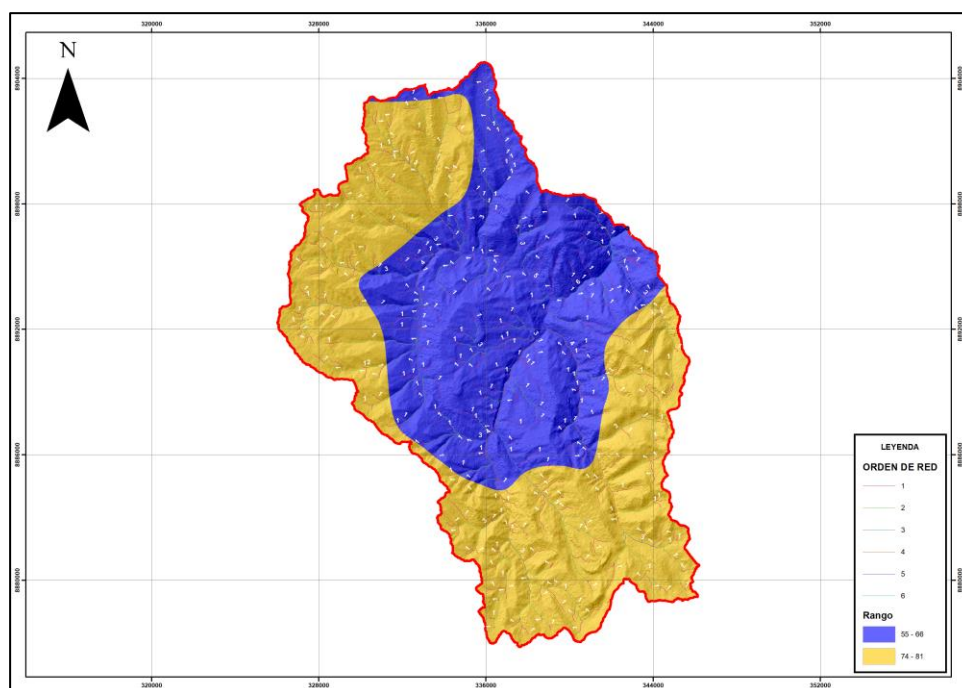
Tabla 12*Red hídrica*

Hidrografía de la cuenca					
Orden	Cantidad	Longitud (Km)	Coincidencias (A)	Pendiente prom (B)	A *B
1	500	248.79	19978	25.49	509203.44
2	535	142.25	11556	19.57	226145.38
3	19	62.72	5106	15.42	78759.07
4	5	32.88	2642	17.09	45140.57
5	2	8.57	670	10.09	6757.41
6	1	5.55	473	18.34	8675.49
Longitud Total		500.76	40425	106.00	874681.37
Pendiente promedio				21.64	

Nota. Con la interpolación de los valores de pendiente con la determinación de los cauces de la cuenca del río Cozo, se pudo determinar que el grado de la red es de 6, el cauce principal presenta una longitud de 5.55 km con una pendiente promedio de 18.34% cada una de las redes fue determinada a fin de calcular la pendiente promedio de todos los cauces que componen la cuenca, a partir de ello se estimó que para la red hídrica la pendiente total es de 21.64%.

Figura 14

Número de curva de la cuenca



Nota. El valor del número de cuenca se estimó con la finalidad de caracterizar el suelo con el que cuenta la cuenca de interés, la información presentada en la figura fue obtenida del Ministerio del Ambiente en la caracterización del número de curva en condiciones normales, dando así que la cuenca del río del Cozo se encuentra en 2 rangos característicos.

Tabla 13

Estimación del número de curva

NUMERO DE CURVA		
RANGO	PROMEDIO	ÁREA
55 - 66	60.5	156.08
74 - 81	77.5	173.84
VALOR	69.46	

Nota. De los valores de superficie que presenta cada rango se promedió el valor con el cual pueda caracterizar en promedio a la cuenca de interés, siendo así que para la cuenca de análisis se estimó que el valor del número de curva es de 69.46.

Tabla 14

Índices característicos

Parámetros Geomorfológicos de la cuenca			
Nombre del Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Factor Forma	F	1.78	S/N
Índice de Gravelious (Compacidad)	K	1.89	S/N
Rectángulo Equivalente (Lado Mayor)	L	55.21	km
Rectángulo Equivalente (Lado Menor)	I	5.96	km
Densidad de Drenaje	Dd	1.52	u/km ²

Índice de pendiente	Ip	0.39	S/N
---------------------	----	------	-----

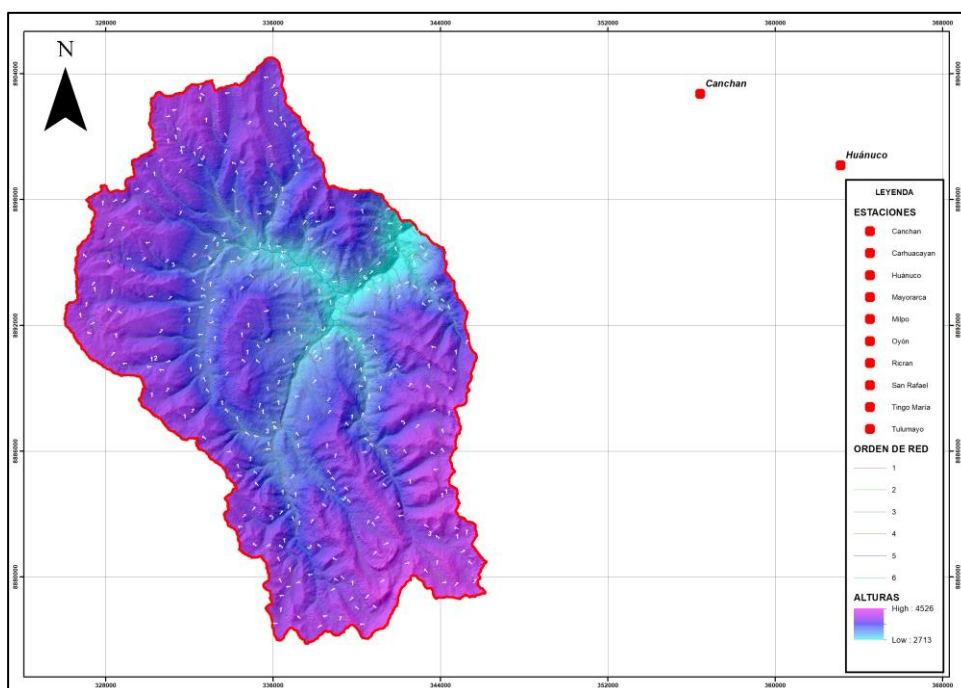
Nota. Con los valores geométricos estimados de la caracterización de la cuenca se pudo determinar que la cuenca presenta un factor de forma de 1.78, característico de cuencas con un alto grado de peligro frente a inundaciones debido a sus características de escurrimiento, el valor del índice de compacidad de la cuenca se estimó en 1.89 caracterizándolo como una cuenca redonda, las longitudes del rectángulo equivalente son de 55.21 km y 5.96 km para el lado mayor y el lado menor de la cuenca, el valor de la densidad de drenaje para la cuenca es de 1.52 u/km² y un índice de pendiente de 0.39, caracterizando así a que la cuenca presenta factores favorables para el desarrollo de inundaciones dentro de los cauces que lo componen.

4.1.2 CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Para la cuenca de análisis se tomó en cuenta la estación más cercana al cauce y aforo determinado para el desarrollo de la investigación.

Figura 15

Estaciones cercanas



Nota. Con la identificación de las estaciones que presenta la región de Huánuco y zonas cercanas se pudo identificar que la estación pluviométrica más cercana es la estación Canchán, dicha estación presenta la facilidad que se encuentra en el cauce del río Cozo, kilómetros más adelante del punto de aforo ubicado en el centro poblado de Chullay en el distrito de Yarumayo.

Tabla 15

Registro pluviométrico de la estación Canchán

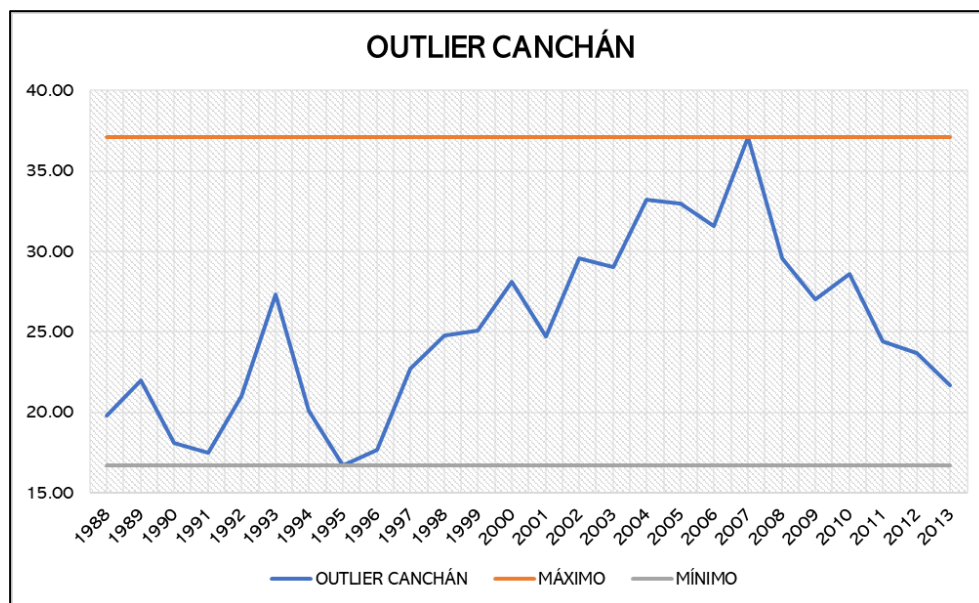
DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS																
ES TA CI ÓN N:	CANCHÁN			LO N GI TU D:	76°18'34.62"	LA TIT UD :	9°55'15.43"	EL EV A CI ÓN N:	1986 msnm							
A Ñ O	EN E	FE B	M AR	A B R	M AY	JU N	JU L	AG O	SE T	OC T	NO V	DI C	PR EC IP. PR O M	PR EC IP. MÍ N	PR EC IP. M ÁX	
1988	16.00	14.28	17.87	11.69	6.70	3.94	2.67	4.72	6.85	6.20	6.00	19.80	9.73	2.67	19.80	
1989	22.00	12.20	13.40	7.60	4.20	3.00	8.60	0.00	12.60	18.00	6.60	20.12	10.69	0.00	22.00	
1990	18.10	7.50	9.20	12.50	13.00	7.50	0.20	2.00	5.50	14.50	15.00	7.80	9.40	0.20	18.10	
1991	5.60	12.40	0.00	5.60	5.00	5.30	0.00	0.00	7.00	15.00	12.70	17.50	7.18	0.00	17.50	
1992	8.70	12.00	12.10	7.50	3.00	2.60	2.67	21.00	3.30	6.00	14.96	20.12	9.50	2.60	21.00	
1993	16.00	10.80	27.30	16.30	19.00	4.70	1.00	1.30	9.10	9.40	15.40	12.50	11.90	1.00	27.30	
1994	14.00	15.80	17.87	18.00	11.60	1.30	0.70	4.72	6.85	13.30	13.20	20.12	11.46	0.70	20.12	
1995	15.00	15.60	16.70	8.50	6.70	2.00	0.00	0.00	7.40	4.50	6.30	13.30	8.00	0.00	16.70	
1996	8.60	8.50	13.40	17.70	7.70	3.94	1.00	1.50	4.80	10.40	10.20	11.20	8.24	1.00	17.70	
1997	22.70	7.00	15.00	4.20	6.10	9.50	0.00	5.20	5.60	8.30	7.00	11.20	8.48	0.00	22.70	
1998	16.80	15.20	24.80	2.90	3.30	1.20	0.00	0.50	5.40	6.50	22.20	14.00	9.40	0.00	24.80	
1999	16.90	25.10	21.90	4.00	6.20	4.40	2.20	1.00	7.60	5.00	11.00	14.40	9.98	1.00	25.10	
2000	12.80	12.50	11.60	6.20	3.60	6.80	4.40	12.10	8.30	15.10	7.00	28.10	10.71	3.60	28.10	
2001	24.70	7.50	16.10	19.00	5.20	2.20	4.50	2.80	5.00	18.00	14.96	17.80	11.48	2.20	24.70	
2002	13.30	12.30	29.60	20.10	5.80	1.00	9.60	4.10	4.50	21.30	8.70	14.40	12.06	1.00	29.60	
2003	14.50	14.40	14.40	12.60	2.60	0.00	0.00	6.80	7.70	29.00	17.10	22.30	11.78	0.00	29.00	
2004	7.30	19.40	33.20	9.70	17.40	5.00	4.00	4.60	10.00	12.80	6.20	18.20	12.32	4.00	33.20	
2005	13.10	25.20	16.80	7.00	0.50	0.00	2.70	17.90	5.00	11.80	13.10	33.00	12.18	0.00	33.00	
2006	31.60	17.10	19.50	9.00	4.50	4.80	1.00	1.40	6.30	26.80	19.50	15.40	13.08	1.00	31.60	
2007	16.80	2.70	11.20	6.00	8.00	0.00	2.20	3.00	4.10	37.10	8.60	26.90	10.55	0.00	37.10	
2008	28.10	20.30	10.90	14.20	3.90	1.10	1.60	1.60	18.40	9.50	24.50	29.60	13.64	1.10	29.60	

20	27.	26.	25.	23.	5.1	14.	4.3	0.7	3.7	11.	12.	16.	14.	0.7	27.
09	00	90	20	70	0	60	0	0	0	80	10	20	28	0	00
20	4.1	16.	28.	17.	6.0	0.0	2.4	3.6	12.	14.	19.	11.	11.	0.0	28.
10	0	70	60	90	0	0	0	0	50	50	00	40	39	0	60
20	15.	8.7	21.	7.1	14.	0.0	1.8	3.5	5.1	19.	13.	24.	11.	0.0	24.
11	70	0	30	0	20	0	0	0	0	10	70	40	22	0	40
20	17.	18.	15.	13.	3.0	1.5	4.2	3.1	2.4	16.	20.	23.	11.	1.5	23.
12	50	10	40	20	0	0	0	0	0	80	60	70	63	0	70
20	9.2	13.	21.	21.	1.8	16.	7.6	15.	3.2	14.	17.	14.	13.	1.8	21.
13	0	20	30	70	0	00	0	60	0	60	80	30	03	0	70
N° DE D AT O S	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.			
	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00			
DE SV															
ES TA N D A R	6.9	5.8	7.3	6.0	4.6	4.1	2.6	5.6	3.5	7.7	5.3	6.3			
	0	9	6	2	7	9	6	3	0	2	4	4			
C O E F . V A R I A C I Ó N	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	1.0	1.0	1.1	0.5	0.5	0.4	0.3			
	3	1	1	1	0	6	0	9	1	3	0	4			
PR EC IP. PR O M	16.	14.	17.	11.	6.7	3.9	2.6	4.7	6.8	14.	13.	18.			
	00	28	87	69	0	4	7	2	5	43	21	38			
PR EC IP. M Á X	31.	26.	33.	23.	19.	16.	9.6	21.	18.	37.	24.	33.			
	60	90	20	70	00	00	0	00	40	10	50	00			
PR EC IP. MÍ N	4.1	2.7	0.0	2.9	0.5	0.0	0.0	0.0	2.4	4.5	6.0	7.8			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Nota. De la estación Canchan se pudo cuantificar un total de 26 años de registro pluviométrico, del cual se pudo determinar que la precipitación máxima registrada en la cuenca es de 33.20 mm.

Figura 16

Prueba de consistencia de la estación Canchán



Nota. La prueba de correlación y consistencia de valores se pudo caracterizar que los valores de registro se encuentran dentro de los límites de establecidos como consistentes, se pudo determinar que para el año 1995 se registró el valor mínimo de la serie y para el año 2007 la precipitación más crítica.

Tabla 16

Precipitación acumulada estación Canchan

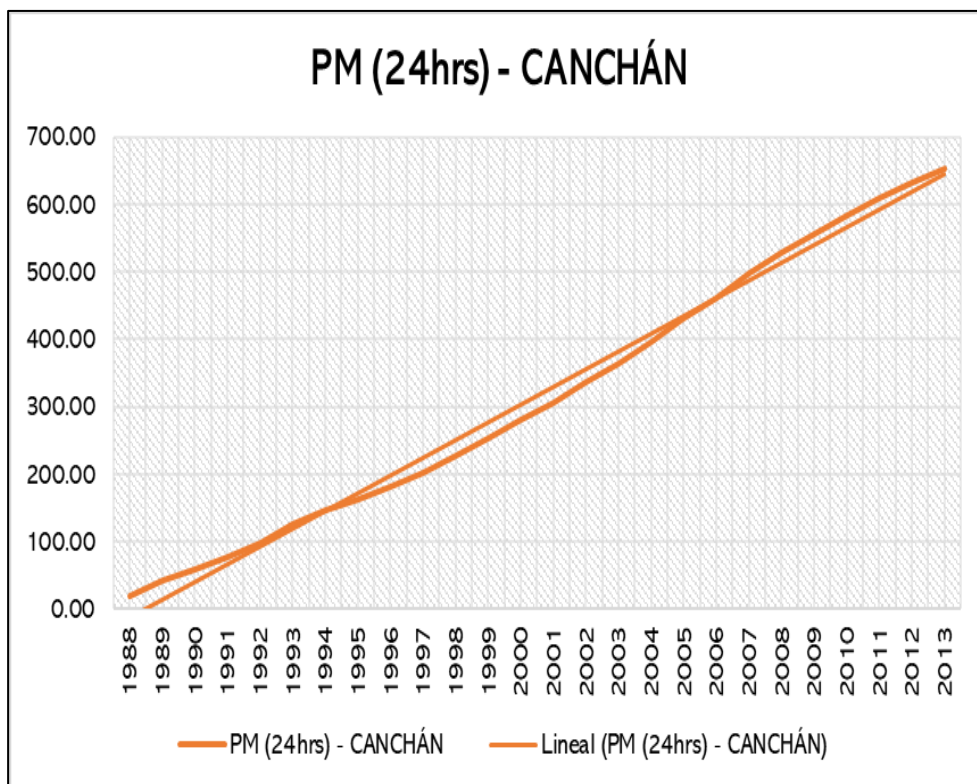
AÑO	PM (24hrs) - CANCHÁN	
	PP	PP ACUMULADA
1988	19.80	19.80
1989	22.00	41.80
1990	18.10	59.90
1991	17.50	77.40
1992	21.00	98.40
1993	27.30	125.70
1994	20.12	145.82
1995	16.70	162.52
1996	17.70	180.22
1997	22.70	202.92
1998	24.80	227.72
1999	25.10	252.82
2000	28.10	280.92
2001	24.70	305.62
2002	29.60	335.22
2003	29.00	364.22
2004	33.20	397.42
2005	33.00	430.42
2006	31.60	462.02
2007	37.10	499.12
2008	29.60	528.72
2009	27.00	555.72
2010	28.60	584.32
2011	24.40	608.72

2012	23.70	632.42
2013	21.70	654.12

Nota. El análisis de precipitación acumulada se elaboró con la finalidad de determinar la consistencia de la estación teniendo así un valor de precipitación acumulado total de 654.12 mm.

Figura 17

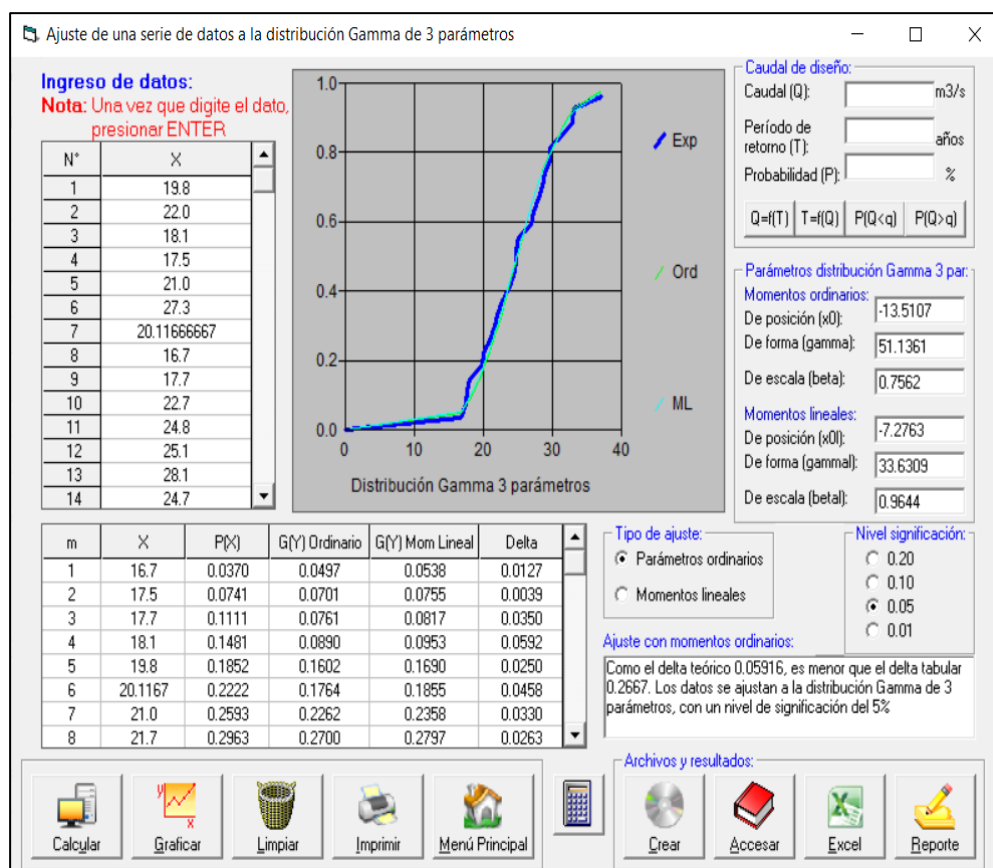
Análisis doble masa estación Canchan



Nota. Con la gráfica de doble masa se pudo determinar que para la estación Canchán los quiebres no son pronunciados, con los cual se pudo caracterizar que la estación presenta valores consistentes en su registro, con ello se evidencia que es la mejor estación a tomar en cuenta.

Figura 18

Distribución Gamma 3P



Nota. Teniendo los valores de lluvia máxima de la estación Canchan y aplicando una serie de distribución se pudo determinar que la distribución que mejor se ajusta a la serie de datos es la de Gamma 3 Parámetros con un valor de delta de 0.05916.

Tabla 17

Distribuciones de ajuste para la cuenca Canchán

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIONES	
TIPO	DELTA VARIABLE
NORMAL	0.060
LOG-NORMAL 2P	0.073
LOG-NORMAL 3P	0.078
GAMMA 2P	0.068
GAMMA 3P	0.059
LOG-PEARSON T3	NO SE AJUSTA
GUMBEL	0.103
LOG-GUMBEL	0.131
DISTRIBUCIÓN ADECUADA	0.05916
	GAMMA 3P

Nota. Las series de ajuste fueron sometidas a la estimación de la serie más adecuada, esto se determinó a partir del delta variable mínimo, dicho valor se pudo identificar en la distribución Gamma 3P con un valor de delta de 0.05916.

Caracterizando así a la distribución con la que se estimarán las precipitaciones para diferentes periodos de retorno.

Tabla 18

Estimación de lluvia para diferentes periodos de retorno

PERIODO DE RETORNO	PP
2	24.91
5	29.62
10	32.23
25	35.12
50	37.05
100	38.83
105	38.95
500	42.52
1000	43.95
10000	47.87

Nota. Se tomaron en cuenta los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 105, 500, 1000 y 10000 años. Estos valores de precipitación sirvieron para la estimación de intensidades que corresponden a la estación Canchan.

4.1.3 DETERMINACIÓN DE INTENSIDADES

Tabla 19

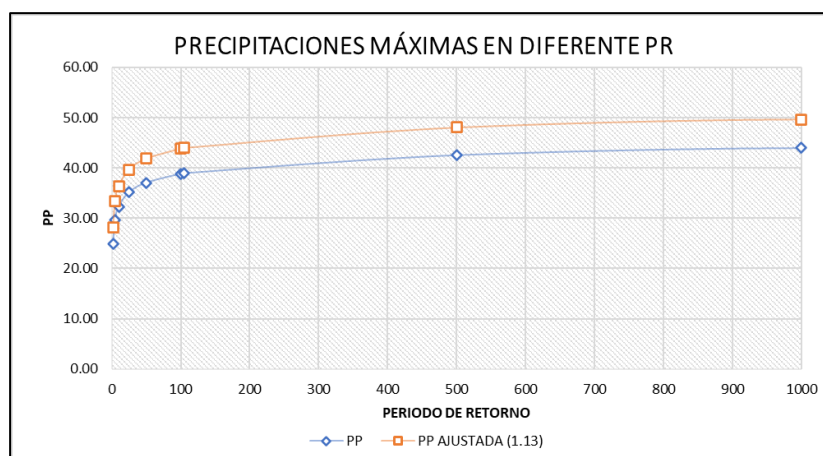
Cálculo de intensidades

PRECIPITACIONES MÁXIMAS			
PERIODO DE RETORNO	PP	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PP AJUSTADA (1.13)
2	24.91	0.50000	28.1483
5	29.62	0.80000	33.4706
10	32.23	0.90000	36.4199
25	35.12	0.96000	39.6856
50	37.05	0.98000	41.8665
100	38.83	0.99000	43.8779
105	38.95	0.99048	44.0135
500	42.52	0.99800	48.0476
1000	43.95	0.99900	49.6635
10000	47.87	0.99990	54.0931

Nota. Para los valores de precipitación determinados por el modelo de distribución se aplicó un coeficiente de reajuste, en el presente cálculo se aplicó un valor de 1.13 de coeficiente.

Figura 19

Curva de precipitaciones



Nota. Con los valores de precipitación ajustados con el coeficiente de seguridad se procedió a graficar el comportamiento de las precipitaciones obtenidas en diferentes periodos de retorno.

Tabla 20

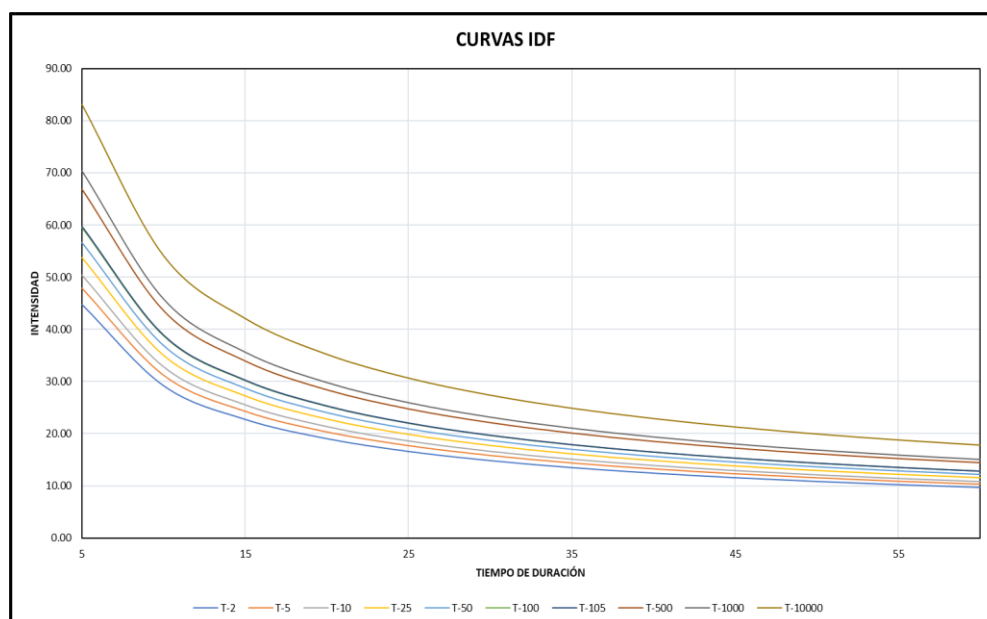
Intensidades-Duración-Frecuencia para la estación Canchán

CUADRO DE INTENSIDADES PARA DIFERENTES PERIODOS DE DURACIÓN												
AÑOS T	DURACIÓN EN MINUTOS											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T-2	44.	29.	22.	19.	16.	14.	13.	12.	11.	10.	10.	9.6
	81	18	71	01	56	79	45	38	51	78	17	3
T-5	47.	31.	24.	20.	17.	15.	14.	13.	12.	11.	10.	10.
	89	19	27	31	69	81	37	23	30	52	86	30
T-10	50.	32.	25.	21.	18.	16.	15.	13.	12.	12.	11.	10.
	35	80	52	36	61	62	11	91	93	12	42	83
T-25	53.	35.	27.	22.	19.	17.	16.	14.	13.	12.	12.	11.
	81	05	27	83	88	76	15	87	82	95	21	57
T-50	56.	36.	28.	24.	20.	18.	16.	15.	14.	13.	12.	12.
	59	85	68	00	91	68	98	63	54	62	84	17
T-100	59.	38.	30.	25.	21.	19.	17.	16.	15.	14.	13.	12.
	50	75	16	24	99	64	86	44	28	32	50	79
T-105	59.	38.	30.	25.	22.	19.	17.	16.	15.	14.	13.	12.
	71	89	26	33	06	71	92	50	34	37	55	84
T-500	66.	43.	33.	28.	24.	22.	20.	18.	17.	16.	15.	14.
	87	55	89	36	71	07	07	47	18	09	17	38
T-1000	70.	45.	35.	29.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	15.
	31	79	64	83	98	21	10	43	06	92	95	12
T-10000	83.	54.	42.	35.	30.	27.	24.	22.	21.	20.	18.	17.
	08	11	11	24	70	43	93	96	34	00	85	86

Nota. A partir de la fórmula de la intensidad y la interpolación de los valores ya obtenidos en la estimación de precipitaciones de la estación Canchán, se logró determinar los valores de intensidad en diferentes duraciones y periodos de retorno, siendo así que para un periodo de retorno de 50 años en 60 minutos de duración se obtuvo una intensidad e 12.17 mm/min.

Figura 20

Curva IDF estación Canchan



Nota. Con los valores numéricos estimados en la tabla anterior se graficaron las curvas IDF, con dicha gráfica se lograron estimar los valores de intensidad en diferentes duraciones y periodos de retorno.

Tabla 21

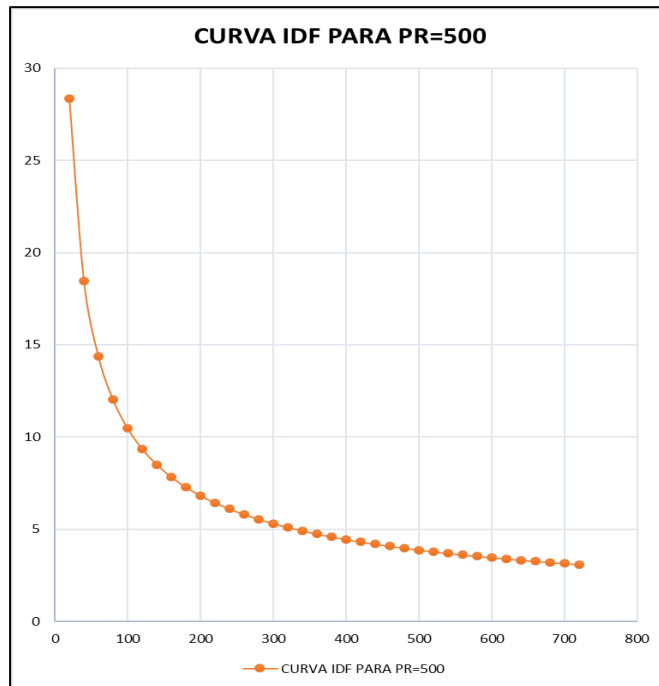
Tratamiento de intensidades PR=500 años

TORMENTA DE DISEÑO									
PERIODO DE RETORNO	500 años	DURACIÓN DE TORMENTA	12 0 0 hr s	7 2 0 m i n	INTE NSID AD DE LLUV IA	3.0 91	P24 hr (mm)	37. 09	INTERVALO DE t (min)
									20

Nota. Para la estimación del hietograma de diseño se platearon los cálculos para una duración de tormenta de 12 hrs para dicho valor de las curvas IDF la intensidad es de 3.091 mm/min y la precipitación en mm es de 37.09 mm y el hietograma se determinó por bloque alterno en intervalos de 20 min.

Figura 21

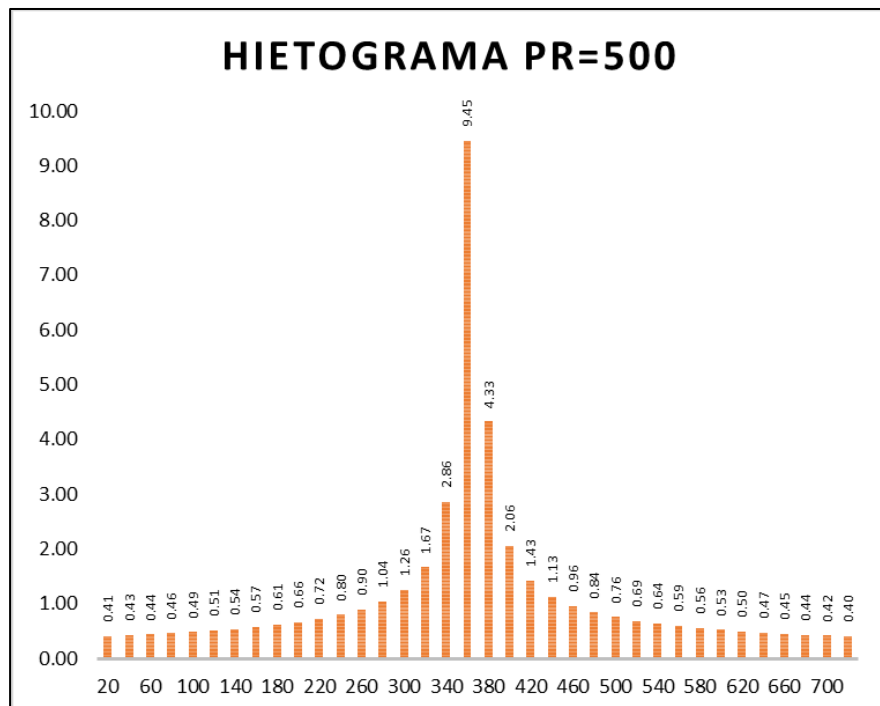
Curva IDF PR=500 años



Nota. Con la fórmula de intensidad duración y frecuencia se pudo estimar que los valores de intensidad para un periodo de retorno de 500 años para un instante de 20 min se estimó un valor de intensidad de 28.36 mm/h.

Figura 22

Hietograma PR=500 años



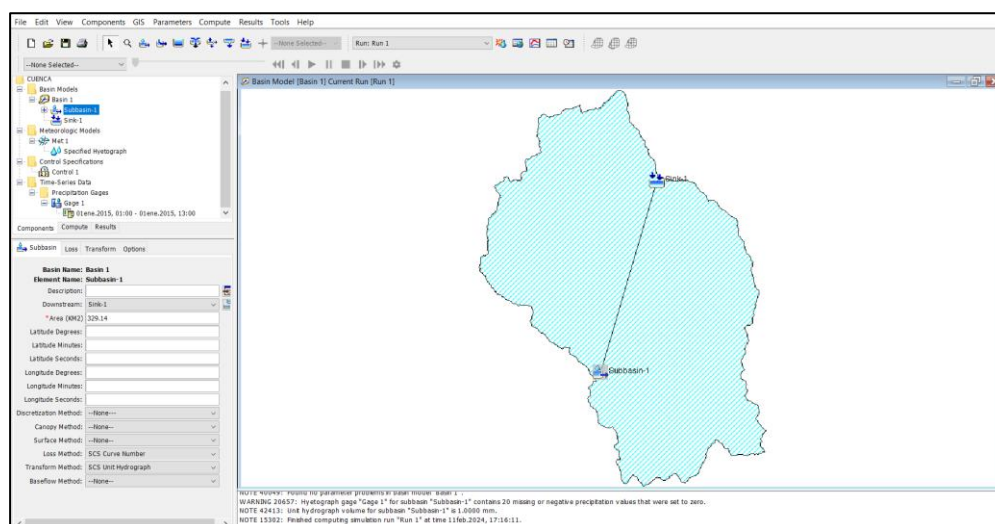
Nota. De los valores de precipitación se logró determinar que para una tormenta de 720 min se tuvo un valor pico de 9.45 mm para una duración de 360 min.

4.1.4 DETERMINACIÓN DE CAUDALES

La determinación de los valores de caudal de la cuenca que conforma el río Cozo se estimó a partir del método del número de curva SCS, esta estimación se ejecutó en el software HEC-HMS, como se muestra a continuación:

Figura 23

Estimación HEC-HMS



Nota. El cálculo del valor de los caudales para diferentes periodos de retorno se estimó por el método SCS Número de Curva, para el modelo de estimación se incluyeron los valores geomorfológicos estimados en el software ArcGIS.

Figura 24

Estimación de caudales PR=500 años

Global Summary Results for Run "Run 1"				
Project: CUENCA Simulation Run: Run 1				
Start of Run: 01ene.2015, 01:00		Basin Model: Basin 1		
End of Run: 01ene.2015, 18:00		Meteorologic Model: Met1		
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications: Control 1		
Show Elements: Initial Select...	Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3		Sorting: Hydrolo...	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	329.14	50.3	01ene.2015, 15:30	4.01

Nota. El valor estimado para la cuenca del río Cozo se pudo determinar que para un periodo de retorno de 500 años se estimó un caudal de 50.3 m3/s, cada una de las estimaciones de caudal se realizaron con los valores de precipitación estimados para los diferentes periodos de retorno los cuales se encuentran anexados.

Tabla 22

Resumen de caudales estimados

CAUDAL DE DISEÑO		
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS	VALORES REAJUSTADO
10	27.70	36.010
25	31.60	41.080
50	35.00	45.500
100	39.00	50.700
500	50.30	65.390

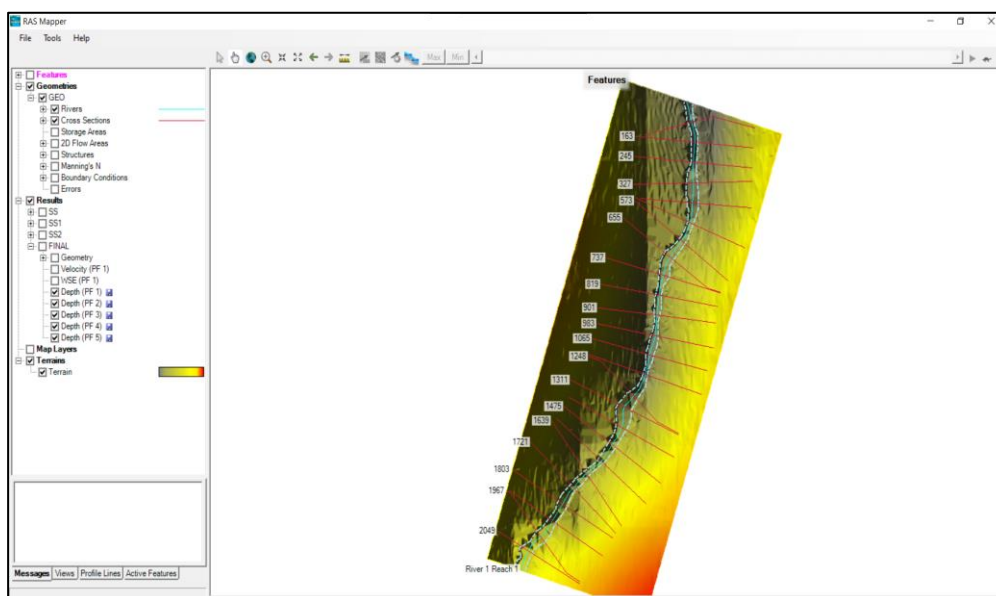
Nota. Los valores estimados de caudal fueron ajustados por factores de riesgo a un 30% del valor determinado, siendo así que el valor de caudal para un periodo de retorno de 500 años el valor de caudal estimado fue de 50.30 m³/s y con el factor de reajuste se determinó un caudal de 65.39 m³/s.

4.1.5 MODELO HIDRÁULICO

Con la estimación de los caudales se procedió a la estimación del modelo hidráulico del cauce del río Cozo, el proceso de elaboración del modelo hidráulico se estimó en el software HEC-RAS, como se muestra a continuación:

Figura 25

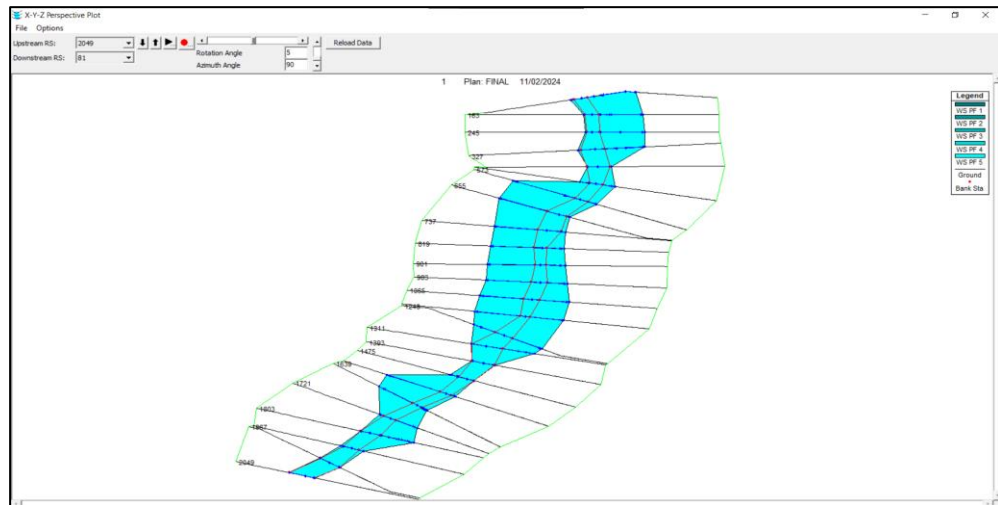
Modelo hidráulico del río Cozo



Nota. Para la determinación de un modelo hidráulico del río Cozo se requirió de un modelo de terreno del cauce analizado, dentro del modelo de terreno se tomó en cuenta la caracterización del eje del río, secciones y banks, las secciones fueron de 80 m de longitud en cada lado del eje del río.

Figura 26

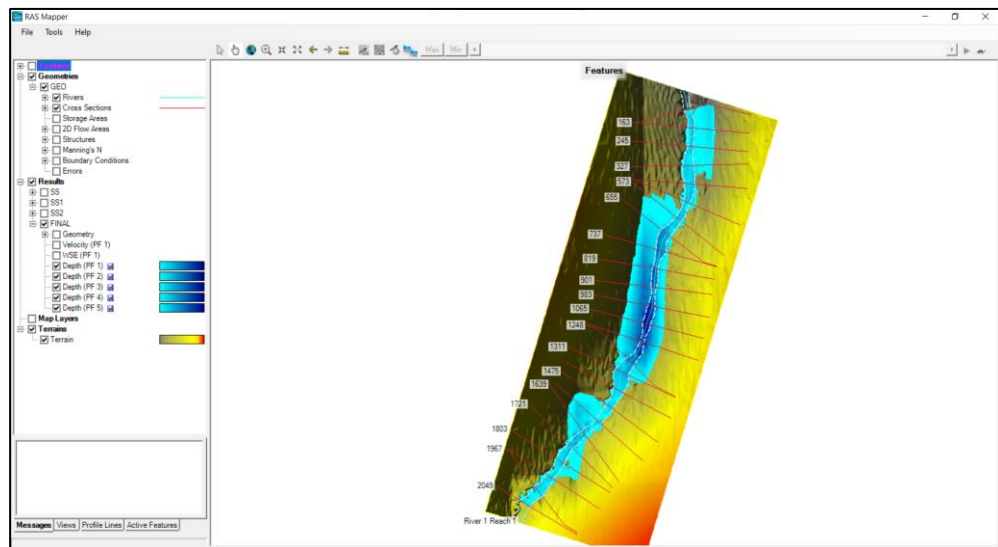
Modelo 2D de inundación del río Cozo



Nota. Con el ingreso de los valores de caudal y el modelo de terreno con los valores de rugosidad en el área de interés se pudo obtener el desplazamiento del caudal, y cómo se comporta a partir del desplazamiento del agua en las zonas cercanas al cauce.

Figura 27

Resultados con el modelo topográfico



Nota. Las características de desplazamiento del caudal se pudo identificar los puntos críticos con alto riesgo de inundación identificado a través de las secciones.

4.1.6 ZONAS DE INUNDACIÓN

Con el modelo hidráulico determinado se procedió a intersecar los resultados con las vistas satelitales de la zona de interés:

Figura 28

Zonas de inundación PR=10 años



Nota. Para un periodo de retorno de 10 años se pudo identificar las zonas de inundación en la parte central del cauce en ambos márgenes del cauce, el valor del tirante hidráulico llega hasta 3.66 m.

Figura 29

Zonas de inundación PR=25 años



Nota. Para un periodo de retorno de 25 años se pudo identificar las zonas de inundación en la parte central del cauce en ambos márgenes del cauce, el valor del tirante hidráulico llega hasta 3.97 m.

Figura 30

Zonas de inundación PR=50 años



Nota. Para un periodo de retorno de 50 años se pudo identificar las zonas de inundación en la parte central del cauce en ambos márgenes del cauce, el valor del tirante hidráulico llega hasta 4.22 m.

Figura 31

Zonas de inundación PR=100 años



Nota. Para un periodo de retorno de 100 años se pudo identificar las zonas de inundación en la parte central del cauce en ambos márgenes del cauce, el valor del tirante hidráulico llega hasta 4.58 m.

Figura 32

Zonas de inundación PR=500 años



Nota. Para un periodo de retorno de 500 años se pudo identificar las zonas de inundación en la parte central del cauce en ambos márgenes del cauce, el valor del tirante hidráulico llega hasta 4.92 m.

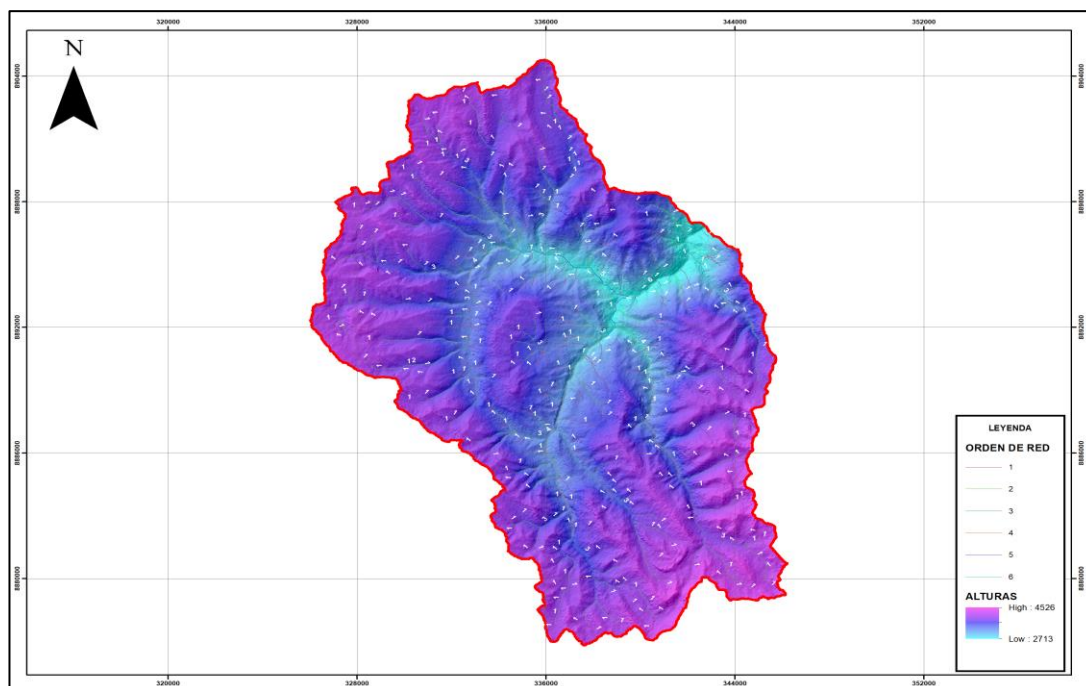
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

H₀: Al desarrollar y aplicar un Modelo Hidrográfico en la cuenca del río Cozo con un enfoque en la prevención y mitigación de desastres naturales, es posible mejorar significativamente la Gestión de Desastres reduciendo así la incidencia y el impacto de inundaciones en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco, 2024.

La delimitación de la cuenca que conforma el río Cozo arrojó resultados de parámetros geomorfológicos con los cuales se obtuvo la siguiente información cartográfica:

Figura 33

Cuenca delimitada



Del modelo de elevación digital de la cuenca se lograron determinar los valores característicos de la cuenca, así mismo teniendo en cuenta la información cartográfica se pudo determinar que la estación más cercana a la cuenca es la Estación Cachan con ello se determinó los valores de intensidad y posteriormente los valores de caudal que se presentan a continuación:

Tabla 23

Resumen de caudales estimados

CAUDAL DE DISEÑO		
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS	VALORES REAJUSTADO
10	27.70	36.010
25	31.60	41.080
50	35.00	45.500
100	39.00	50.700
500	50.30	65.390

Los valores de caudal estimados fueron aplicados en el modelo hidráulico a fin de determinar las zonas más propensas a inundaciones, la estimación del modelo hidráulico se determinó en el software HEC-RAS y con ello se pudo determinar los siguientes mapas de identificación.

Figura 34

Zonas de inundación PR=100 años



Con los mapas de identificación del cauce del río Cozo se pudo identificar que las zonas de inundación se generan a ambos lados del cauce en la parte central, con ello se pudo identificar que las zonas más vulnerables a inundaciones requieren de la ejecución de un encauzamiento o medidas de concientización a la población ya que la zona afectada son zonas de uso agrícola para la población cercana.

Con esto se pudo determinar que la hipótesis planteada es verdadera ya que se lograron identificar las zonas de inundación más críticas y con ellos se pudo plantear medidas no estructurales para la concientización de los peligros que se presentan en la zona ya que ahí se desarrollan las actividades agrícolas y pueden afectar la base de ingresos para los pobladores que viven en la zona.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para Salvatierra (2019), en su investigación determinó que el cálculo de caudales a partir de los índices topográficos si presentaron valores adecuados para la cuenca que se investigó, para la presente investigación se tuvo en cuenta la estimación de caudales a partir de la metodología SCS numero de curva con la cual se lograron determinar los valores de caudal de 27.7, 31.60, 35.00, 39.99 y 50.30 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente, estos valores fueron validados por los registros de caudal de la zona. Salvatierra (2019) pudo determinar que los valores de incertidumbre mediante el método de índices topográficos se encuentran entre 2 a 36% con respecto a la base de análisis hidrográfico, en la presente investigación se tuvo las consideraciones de incertidumbre en los valores de precipitación de la estación Canchan, en la caracterización Outlier se lograron determinar los valores máximos y mínimos en los registros pluviométricos.

Muñoz (2021), logró determinar que a partir de la aplicación de un Geo Data Base para la delimitación de cuenca los resultados son precisos, pero presenta falencias en el contenido de información compleja para zonas que no sean en la zona de Ecuador, en la presente investigación se utilizaron imágenes DEM que se obtuvieron del sistema de elevación digital de la NASA, si bien la precisión no es la más alta, la calidad de la información geométrica es adecuada para la delimitación de modelos hidrológicos.

Para Mendoza (2020), en su caracterización se pudo determinar un riesgo alto y afecta alrededor de 19.73% de las edificaciones de salud, el porcentaje de 22.13% de las instituciones educativas fueron afectadas, en la presente investigación se pudo identificar que la zona más afectada son las zonas agrícolas de la población circundante, esto se debe

a los diferentes usos de suelo que se aplican en la zona de investigación.

CONCLUSIONES

Para el modelo hidrográfico se pudo determinar que el valor del área de la cuenca es de 329.14 km², con un perímetro de 122.35 km, el valor del largo estimado en dirección del cauce del río Cozo se estimó en 15.19 km, el valor del ancho que se estimó de manera perpendicular al cauce principal fue de 27.04 km, un factor de forma de 1.78, característico de cuencas con un alto grado de peligro frente a inundaciones debido a sus características de escurrimiento, el valor del índice de compacidad de la cuenca se estimó en 1.89 caracterizándolo como una cuenca redonda, las longitudes del rectángulo equivalente son de 55.21 km y 5.96 km para el lado mayor y el lado menor de la cuenca, el valor de la densidad de drenaje para la cuenca es de 1.52 u/km² y un índice de pendiente de 0.39.

Se determinaron que los valores de precipitación máximos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 105, 500, 1000 y 10000 años son de 24.91, 29.62, 32.23, 35.12, 37.05, 38.83, 38.95, 42.52, 43.95 y 47.87 mm respectivamente.

Los valores de caudal para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años son de 27.70, 31.60, 35.00, 39.00 y 50.30 m³/s respectivamente.

Se pudo identificar que del cauce del río Cozo que fue analizado comprende ambos márgenes del cauce, en específico en la parte central del curso comprometiendo zonas de actividades agrícolas en la zona.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una planificación y gestión integral de la cuenca del río Cozo, tomando en consideración los aspectos hidrográficos mencionados, para garantizar una gestión sostenible y prevenir posibles impactos negativos, como inundaciones y erosión.

Se aconseja la actualización periódica de estos datos a medida que se disponga de nueva información, con el fin de garantizar una gestión continua y adaptativa ante posibles cambios en las condiciones climáticas. La colaboración entre entidades gubernamentales, expertos en climatología y comunidades locales resultará fundamental para desarrollar estrategias efectivas de respuesta y reducción de riesgos asociados a eventos extremos de precipitación.

Se sugiere la revisión y actualización periódica de estos valores a medida que se disponga de nueva información o se produzcan cambios en las condiciones ambientales. La colaboración interdisciplinaria entre expertos en hidrología, climatología y planificación urbana será crucial para desarrollar estrategias de adaptación y mitigación que promuevan la resiliencia frente a eventos extremos y cambiantes patrones hidrológicos.

Se insta a las autoridades locales y a los actores relevantes a colaborar en la formulación e implementación de estrategias integrales que protejan tanto las actividades agrícolas como el entorno fluvial, garantizando un equilibrio sostenible entre el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aroni y Pareja. (2020). *Gestión de datos con tecnología geomática para la mitigación del riesgo de desastres por fenómenos naturales*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
doi:<https://hdl.handle.net/20.500.14138/3651>
- Bernardo y Velazquez. (2021). *ANÁLISIS INTEGRAL DE RIESGOS PARA LA MITIGACIÓN*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
doi:<https://hdl.handle.net/20.500.14138/5000>
- Cabrera, C. J. (2012). *Modelos Hidrológicos*. Universidad Nacional de Ingeniería.
doi:https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_1.pdf
- Campos, J., Barriga, M.; Corrales, O. y Prins, C. (2007). *Gobernanza ambiental, adaptativa y colaborativa en bosques modelo, cuencas hidrográficas y corredores biológicos. Diez experiencias en cinco países latinoamericanos*. CATIE.
- CENEPRED. (2014). *Manual De Guía Metodológica De Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción De Riesgos De Desastres*.
https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/IV_GUI-guia-metodologica-PPRRD.pdf.
- CENEPRED. (2023). *Escenario de riesgo por inundaciones y movimientos en masa ante lluvias asociadas al fenómeno El Niño (Actualizado al 15 de mayo 2023)*. Cenepred.gob.pe.
doi:<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/16310>
- Chaglla, L. (2010). *Diseño e implementación de una Aplicación SIG para Administración del sistema Hídrico en la Unidad del Plan de Ordenamiento Territorial Rural de la Municipalidad de Cuenca, utilizando ArcGIS Desktop y ArcGIS Server Enterprise*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Chow, V., & Maidment, D. (1994). *Applied Hydrology*. International Edition: McGraw-Hill.
doi:https://ponce.sdsu.edu/Applied_Hydrology_Chow_1988.pdf
- Conesa, Garcia, Brinckman y Perez. (2008). *El estudio de los riesgos con origen hidrológico en el sureste de la península Ibérica. Enfoque*

- geográfico y planificación territorial*. Universidade de Santa Cruz do Sul.
doi:<https://www.redalyc.org/pdf/5520/552056853004.pdf>
- Elkhrachy, I. (2015). Flash Flood Hazard Mapping Using Satellite Images and GIS Tools: A case study of Najran City. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. Najran University, 20.
- Hernández, S. R., & Mendoza, T. C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill interamericana.
doi:<https://pubhtml5.com/rsfn/cexm/basic/>
- INDECI. (15 de Enero de 2004). *Plan Nacional de Prevención y atención de Desastres*. Obtenido de SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL:
http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/plan_nacional_preven_15ene041.pdf
- INDECI. (2016). *Manual para la Elaboración del Mapa Comunitario de Riesgo*. Lima-Perú: Ministerio de Defensa.
doi:<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2631/doc2631-contenido.pdf>
- INGEMMET. (2018). *Zonas Críticas Por Peligro Geológicos En La Región Huánuco*. Ministerio de Energía y Minas.
doi:<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2001>
- Kramer, G. J. (2019). *La Construcción Social de Riesgo en Quebradas del pie de monte al nor-orienté del área Metropolitana de Santiago: Comuna de lo Barnechea*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. doi:<https://doi.org/10.7764/tesisUC/GEO/38495>
- Laqui, C. F. (2019). *Estimación de la erosión y transporte potencial de sedimentos hasta el eje de la futura represa Callazas en sub-cuenca del río Callazas en la región Tacna-Perú*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). doi:<http://hdl.handle.net/10757/626410>
- Linsley, R., & Kohler, M. (1977). *Hidrología para ingenieros*. Edición Internacional: McGraw-Hill.
doi:https://www.academia.edu/37765494/Hidrolog%C3%ADa_para_Ingenieros_LINSLEY_KOHLER_y_PAULHUS
- Mendoza, L. A. (2020). *Identificación de zonas críticas vulnerables a peligros de movimientos en masa en la cuenca hidrográfica del río Piura*,

- mediante Modelamiento Geoespacial*. Puno: Universidad Peruana Unión. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.12840/3777>
- Mendoza, S. M. (2017). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada Romero, del distrito de Cajamarca, período 2011 - 2016*. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. doi:<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/289>
- MINAM . (1 de Agosto de 2015). *Mapa de susceptibilidad física del Perú*. Obtenido de Zonas propensas a inundaciones y deslizamientos en la costa y sierra frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/01/MAPA-DE-SUSCEPTIBILIDAD-FISICA.pdf>
- Muñoz, M. J. (2021). *Gestión, Institucionalidad y Gobernanza de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Rio Vines Cantones Valencia, Quevedo y Mocache (Ecuador)*. Universidad Nacional del Sur. doi:https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5728/MU%C3%91OZ%20MARCILLO%20J.L._TESIS.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Ollero, O. A. (2014). *Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones*. Zaragoza: Programa de Cooperación Territorial del Espacio Sudoeste. doi:http://contratoderiomataranya.org/documentos/Guia_BB_Gestion_inundaciones.pdf
- ONU. (2020). *Sequías, tormentas e inundaciones: el agua y el cambio climático dominan la lista de desastres*. Onuhabitat.org.mx. . doi:<https://onuhabitat.org.mx/index.php/sequias-tormentas-e-inundaciones-el-agua-y-el-cambio-climatico-dominan-la-lista-de-desastres>
- Orellana, C. R. (2021). *Modelamiento Hidrológico e Hidráulico para el Análisis de Inundaciones en la ciudad de Piura Utilizando Hec-Hms y Hec-Ras*. Pontificia Universidad Católica del Perú. doi:https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18304/ORELLANA_CABELLO_RODRIGO_MODELAMIENTO_HIDROLOGICO_HIDRAULICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Pizarro, R., & Abarza, A. (2003). *CONSTRUCCIÓN DE CURVAS IDF (INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA) EN ZONAS SEMIÁRIDAS DE CHILE CENTRA*. Quebec: XII Congreso Forestal Mundial. doi:<https://www.fao.org/3/XII/0397-B3.htm>
- RHydro, I. (12 de abril de 2021). *RHydro Ingenieros*. Obtenido de RHydro Ingenieros: <https://rhydroingenieros.com/blog/obtener-el-cauce-principal-de-una-cuenca-de-manera-automatica-en-qgis>
- Salvatierra, S. C. (2019). *Determinación de la Incertidumbre en la Aplicación del Modelo de Simulación Hidrológica GR4J, en Cuencas Pluviales no Controladas en Chile*. Universidad de Chile. doi:<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104900>
- SIGRID. (2017). *Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres*. Cenepred.gob.pe. doi:<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/>
- Tarazona, R. H. (2016). *Modelamiento hidrológico del río Ica con fines de prevención de inundaciones*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12996/2490>
- USACE. (marzo de 2021). *HEC RAS River Analysis System*. Obtenido de <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstr/hydrologic-modeling-with-hec-hms-march-2021-42175930.html>
- Vásquez et al. (2000). *MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. doi:<https://www.fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/CUENCAS-HIDROGRAFICAS.pdf>
- Villón, B. M. (2006). *Hidrología Estadística*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. doi:<https://www.tec.ac.cr/hidrologia-estadistica>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Pardavé Achic, D. (2024). *Modelo hidrográfico para la gestión de desastres en la cuenca del río Cozo, en Yarumayo y San Pedro de Chaulan – Huánuco, 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2014-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 17 de setiembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1383-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Informe Final de Trabajo de investigación (Tesis) intitulado: **"MODELO HIDROGRÁFICO PARA LA GESTIÓN DE DESASTRES EN LA CUENCA DEL RÍO COZO, EN YARUMAYO Y SAN PEDRO DE CHAULAN - HUANUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. Danae Alejandra PARDAVE ACHIC.

CONSIDERANDO:

Que, según mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 0104-2024-D-FI-UDH, de fecha 05 de febrero de 2024, se aprobó el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución, de la Bach. Danae Alejandra PARDAVE ACHIC, y;

Que, según Oficio N° 1383-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"MODELO HIDROGRÁFICO PARA LA GESTIÓN DE DESASTRES EN LA CUENCA DEL RÍO COZO, EN YARUMAYO Y SAN PEDRO DE CHAULAN - HUANUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. Danae Alejandra PARDAVE ACHIC, integrado por los siguientes docentes: Dr. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza (Secretario) y Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Vocal), quienes declaran APTO para la Sustentación de su Tesis, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único. - APROBAR, el Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"MODELO HIDROGRÁFICO PARA LA GESTIÓN DE DESASTRES EN LA CUENCA DEL RÍO COZO, EN YARUMAYO Y SAN PEDRO DE CHAULAN - HUANUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. Danae Alejandra PARDAVE ACHIC, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Johana Monzon Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/rta.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 1142-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 18 de mayo de 2023

Visto, el Oficio N° 798-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 412207-0000004292, de la Bach. Danae Alejandra PARDAVE ACHIC, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 412207-0000004292, presentado por el (la) Bach. Danae Alejandra PARDAVE ACHIC, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. Danae Alejandra PARDAVE ACHIC, al Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Ethel Jbarani Manzano Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg.Acad. - Intermedio - Archivo.
BL/CR/EJML/mn.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 24

Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL		
¿En qué medida puede el desarrollo de un Modelo Hidrográfico influir en la Gestión de Desastres en la cuenca del río Cozo, en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco - 2024?	Desarrollar un Modelo Hidrográfico para mejorar la Gestión de Desastres en la cuenca del río Cozo, en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco - 2024.	Al desarrollar y aplicar un Modelo Hidrográfico en la cuenca del río Cozo con un enfoque en la prevención y mitigación de desastres naturales, es posible mejorar significativamente la Gestión de Desastres reduciendo así la incidencia y el impacto de inundaciones en Yarumayo y San Pedro de Chaulán, Huánuco, en el año 2024.	TÉCNICA: Estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	INTRUMENTOS:
¿Cuáles son los valores de las precipitaciones máximas instantáneas registrados en las estaciones pluviométricas ubicadas en la cuenca del río Cozo?	Calcular las precipitaciones máximas instantáneas en las estaciones pluviométricas involucradas en el área de estudio.		Modelamiento Hidrológico
¿Cuáles son los caudales máximos para diferentes periodos de retorno en la cuenca del río Cozo, calculados mediante el uso de modelos hidrológicos como HEC-HMS y geoespaciales como ArcGIS?	Determinar los caudales máximos para distintos periodos de retorno utilizando herramientas como HEC-HMS y ArcGIS.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelo Hidrográfico	Procesamiento
¿Qué áreas específicas en la cuenca del río Cozo presentan un alto riesgo de desbordamiento, y cuáles son sus características geográficas y topográficas, identificadas mediante el uso de	Identificar las zonas de alto riesgo de desborde del río en la cuenca del Cozo mediante el uso de HEC-RAS y ArcGIS.	VARIABLE DEPENDIENTE: Gestión de desastres	Modelado de caudales con HEC-RAS

modelos hidráulicos como HEC-RAS y
herramientas geoespaciales como ArcGIS?

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación: Cuantitativa

Alcance de la investigación: Exploratorio

Diseño de la investigación: Transeccional
descriptivo y correlacional

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: La población objetivo serían las ciudades dentro de la cuenca del río Cozo en el Departamento de Huánuco, que están propensas a inundaciones. Esto incluiría las áreas urbanas y las comunidades ubicadas en la cuenca del río Cozo.

Muestra: La muestra será 733 m de cauce del río Cozo en el centro poblado de Chullay en el distrito de Yarumayo

Nota. Adaptado de Hernández (2014)

ANEXO 4

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 35

Ubicación del tramo de estudio



Figura 36

Distribución Normal

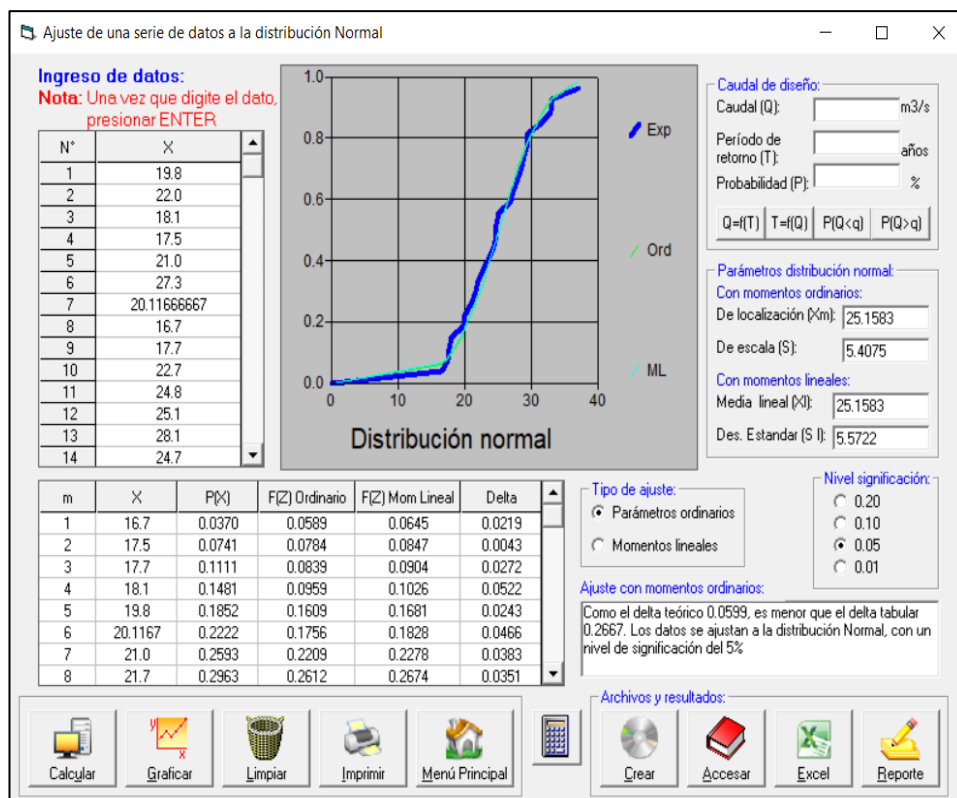


Figura 37

Distribución Log-Normal 2P

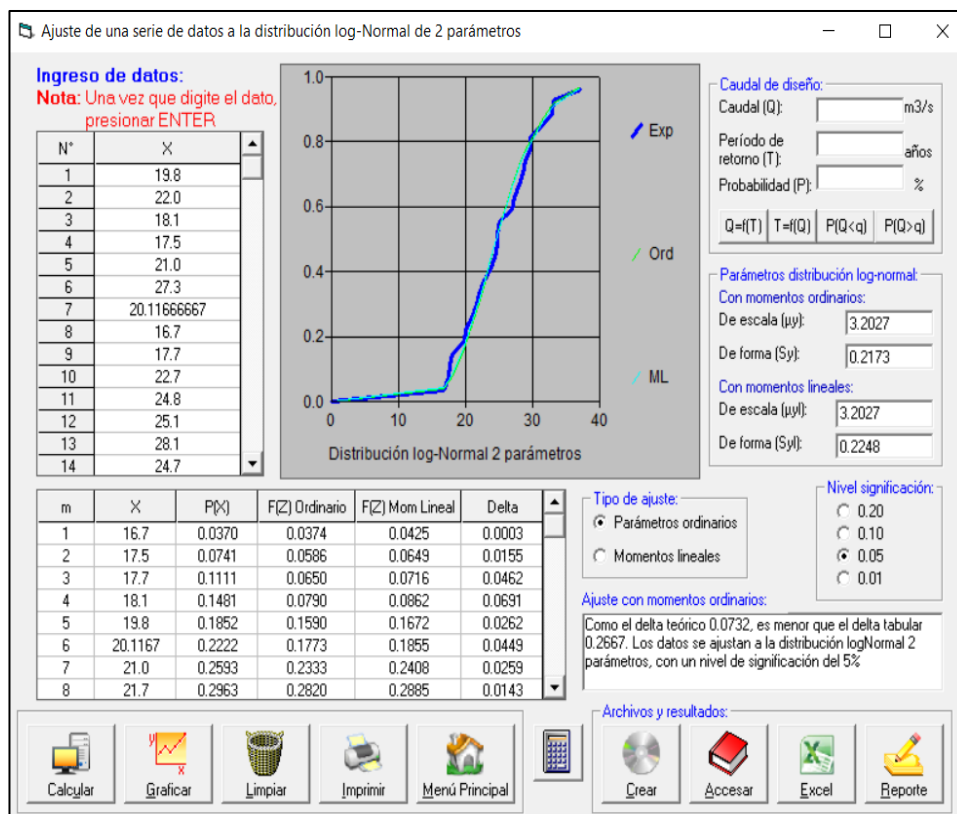


Figura 38

Distribución Log-Normal 3P

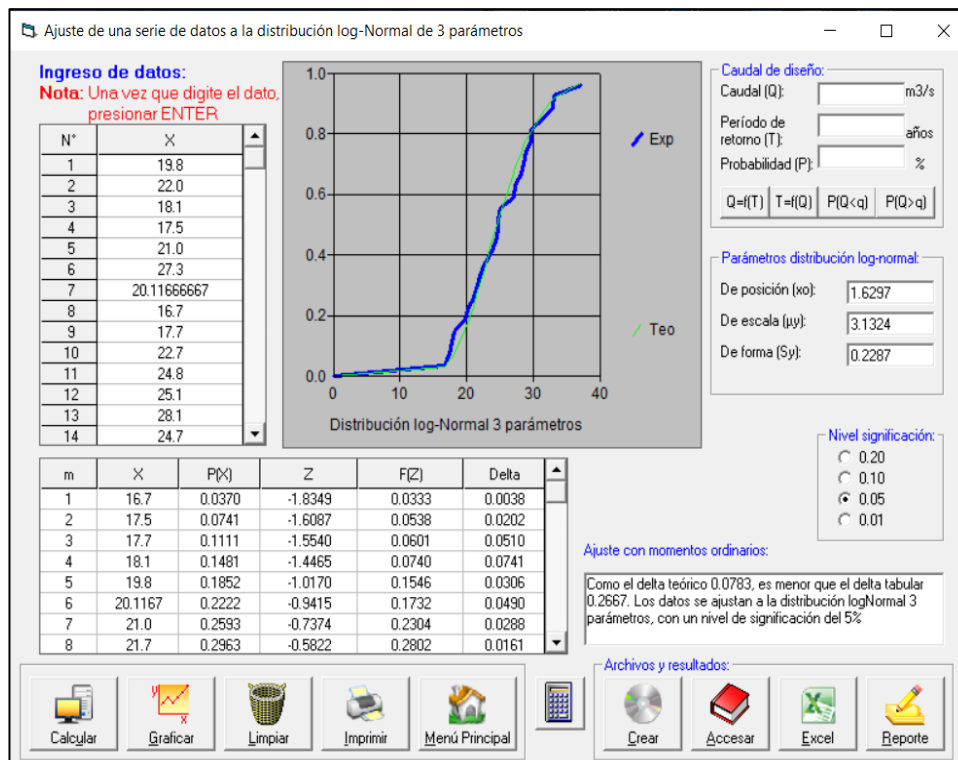


Figura 39

Distribución Gamma 2P

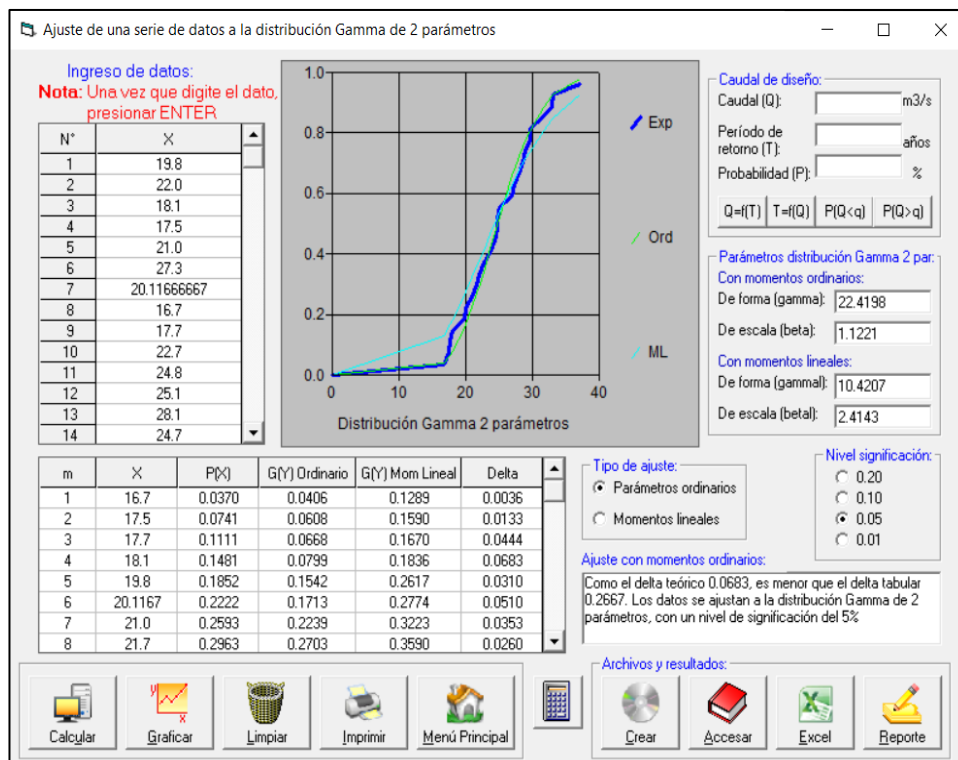


Figura 40

Distribución Log Pearson TIII

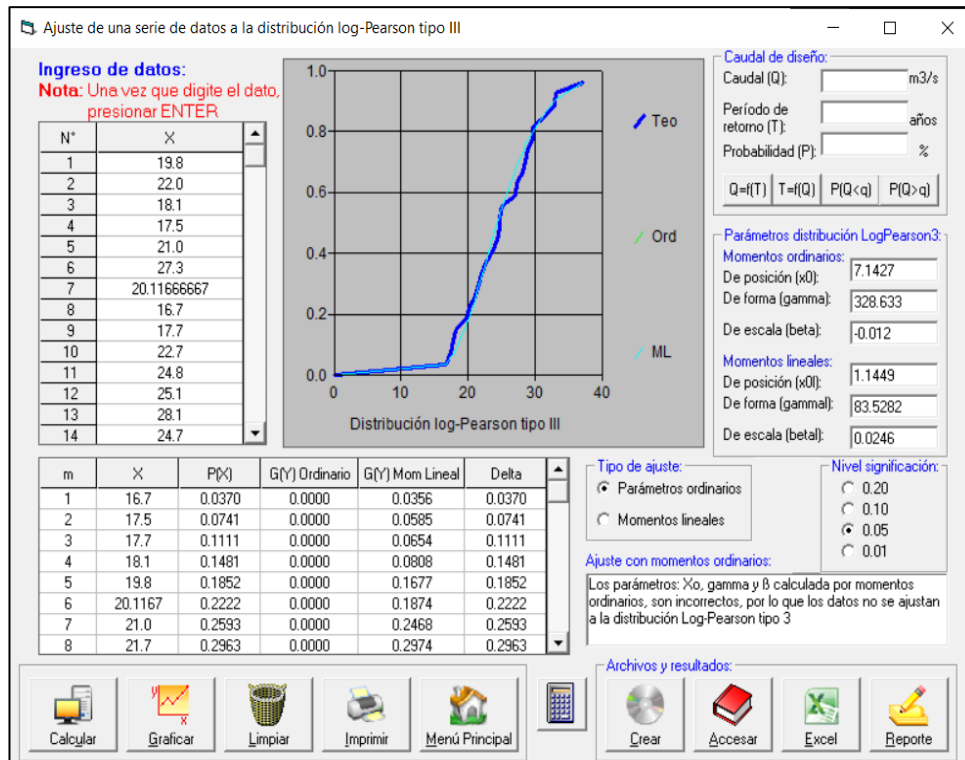


Figura 41

Distribución Gumbel

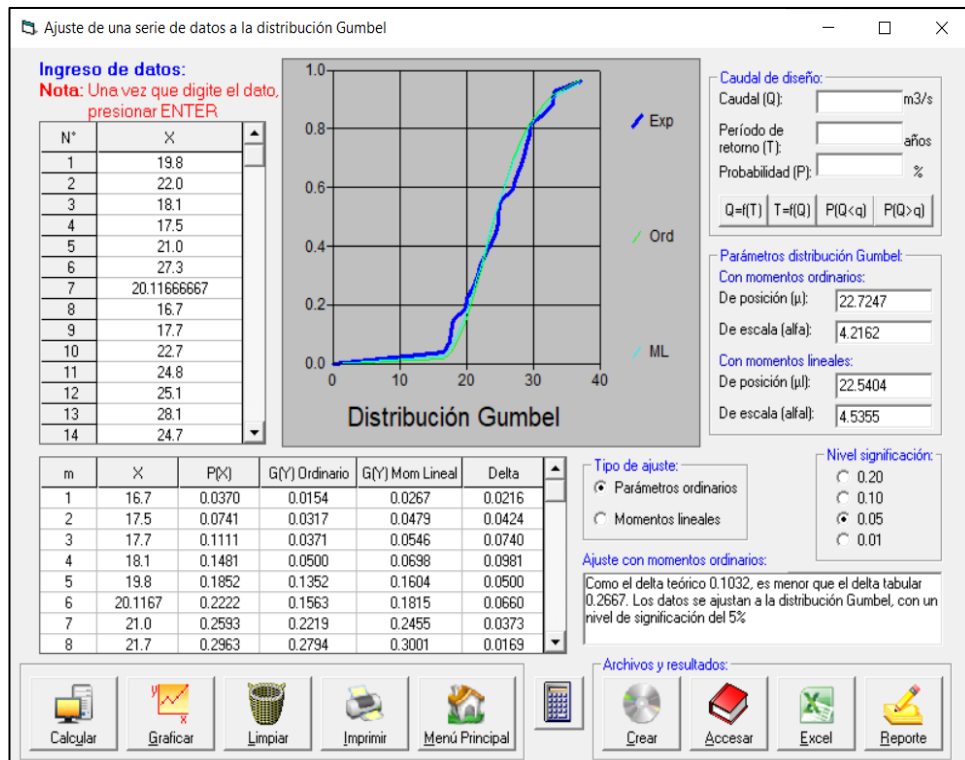


Figura 42

Distribución Log-Gumbel

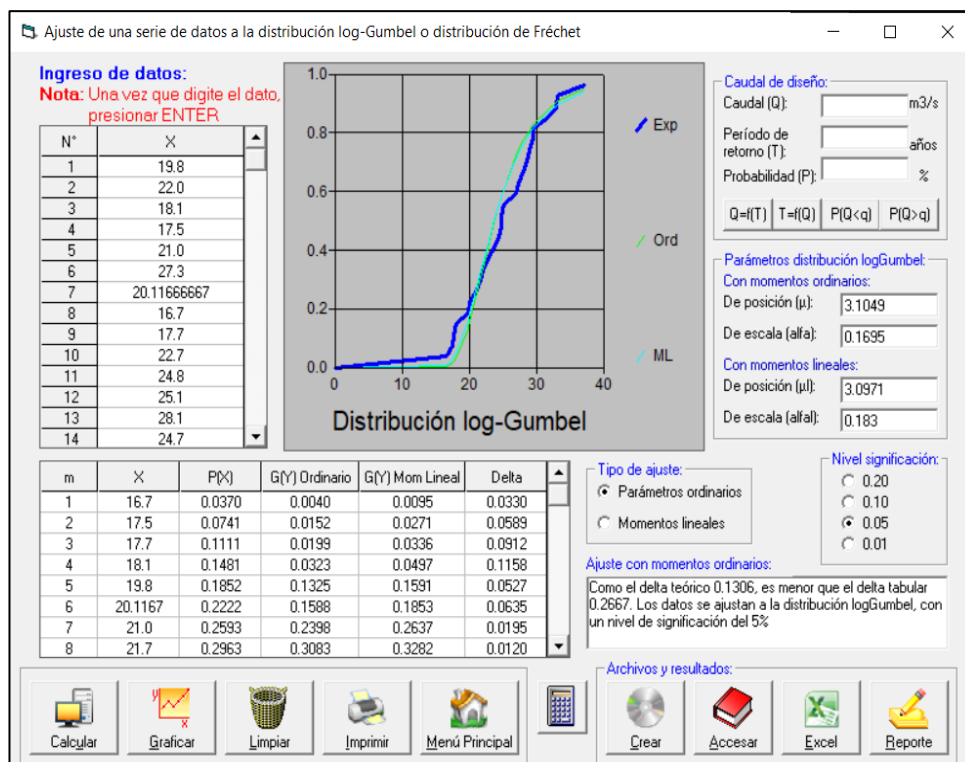


Tabla 25

Regresión Potencial cálculo de intensidades

REGRESIÓN POTENCIAL						
N°	T	d	ln T	ln d	ln T * ln d	(ln T)^2
1	2	107.7738	0.6931	4.6800	3.2440	0.4805
2	5	128.1518	1.6094	4.8532	7.8109	2.5903
3	10	139.4440	2.3026	4.9377	11.3694	5.3019
4	25	151.9477	3.2189	5.0235	16.1701	10.3612
5	50	160.2979	3.9120	5.0770	19.8615	15.3039
6	100	167.9991	4.6052	5.1240	23.5967	21.2076
7	105	168.5183	4.6540	5.1270	23.8611	21.6593
8	500	183.9640	6.2146	5.2147	32.4076	38.6214
9	1000	190.1510	6.9078	5.2478	36.2506	47.7171
10	10000	207.1110	9.2103	5.3333	49.1211	84.8304
10	11797	1605.3586	43.3279	50.6183	223.6930	248.0735
Ln(K)=	4.7477	K=	115.3221	m=	0.0725	

Tabla 26

Ecuación de intensidad

FACTORES PARA LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD	
K	115.322
m	0.072
n	0.619

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Figura 43

Hietograma PR=10 años

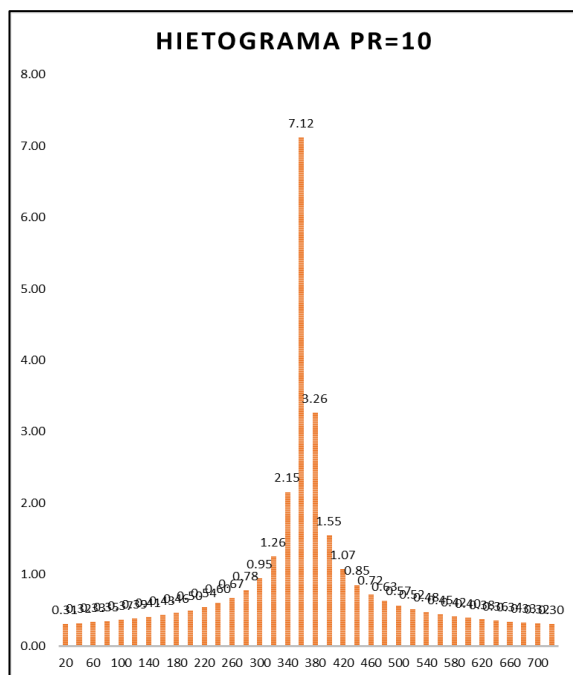


Figura 44

Hietograma PR=25 años

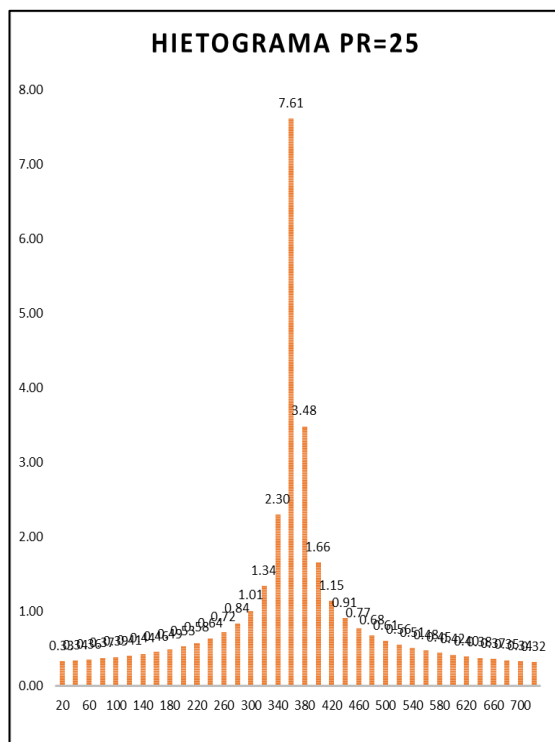


Figura 45

Hietograma PR=50 años

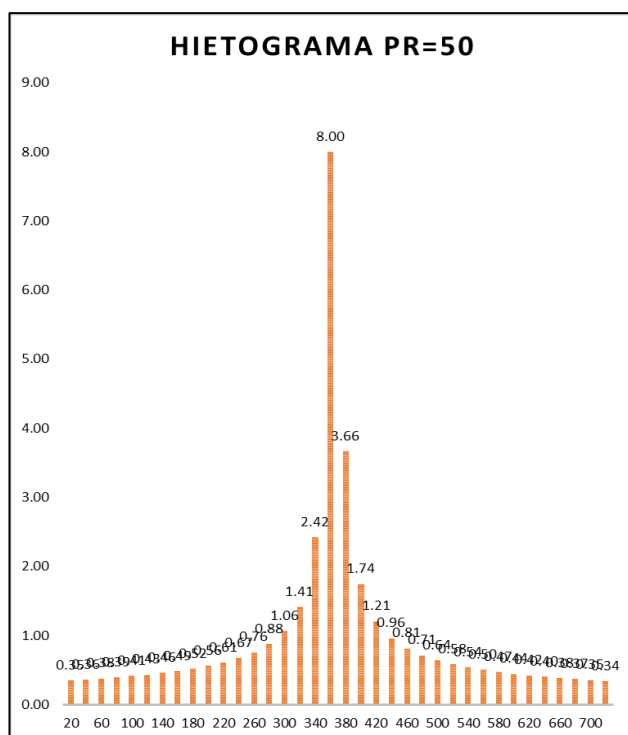


Figura 46

Hietograma PR=100 años

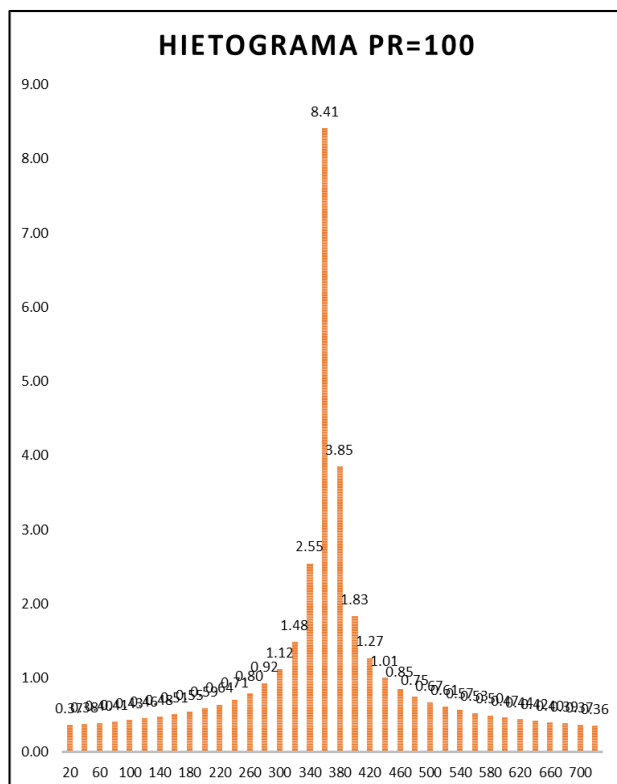


Figura 47

Estimación de caudales PR=10 años

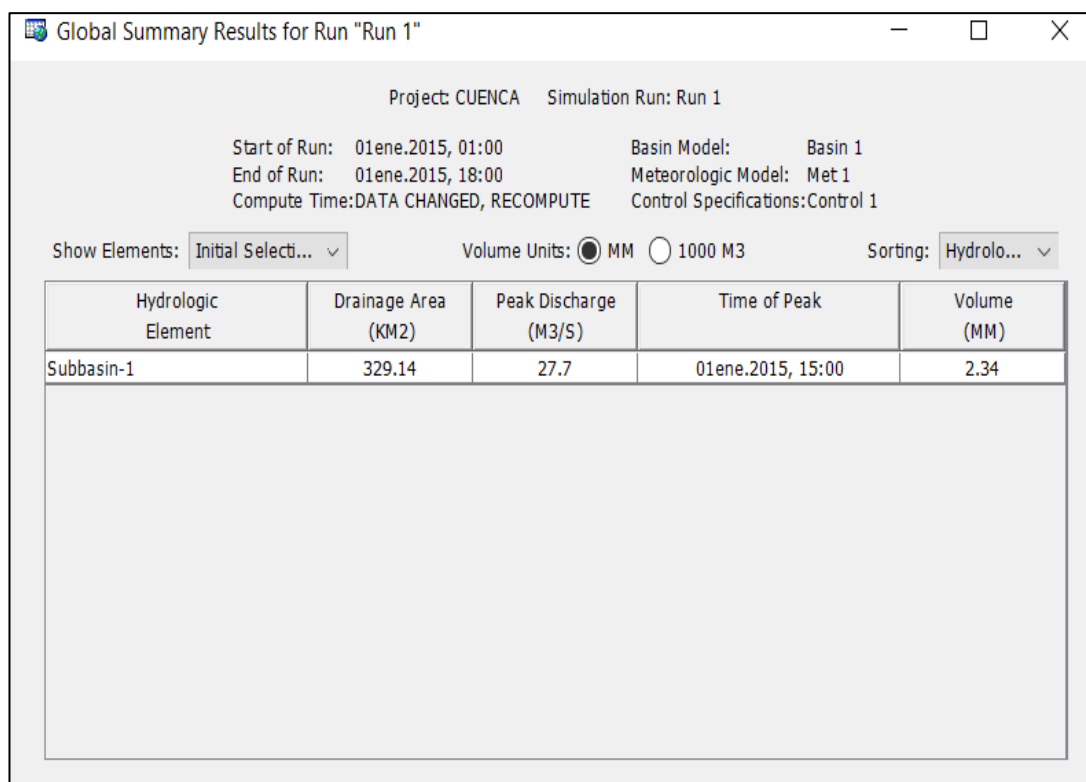


Figura 48

Estimación de caudales PR=25 años

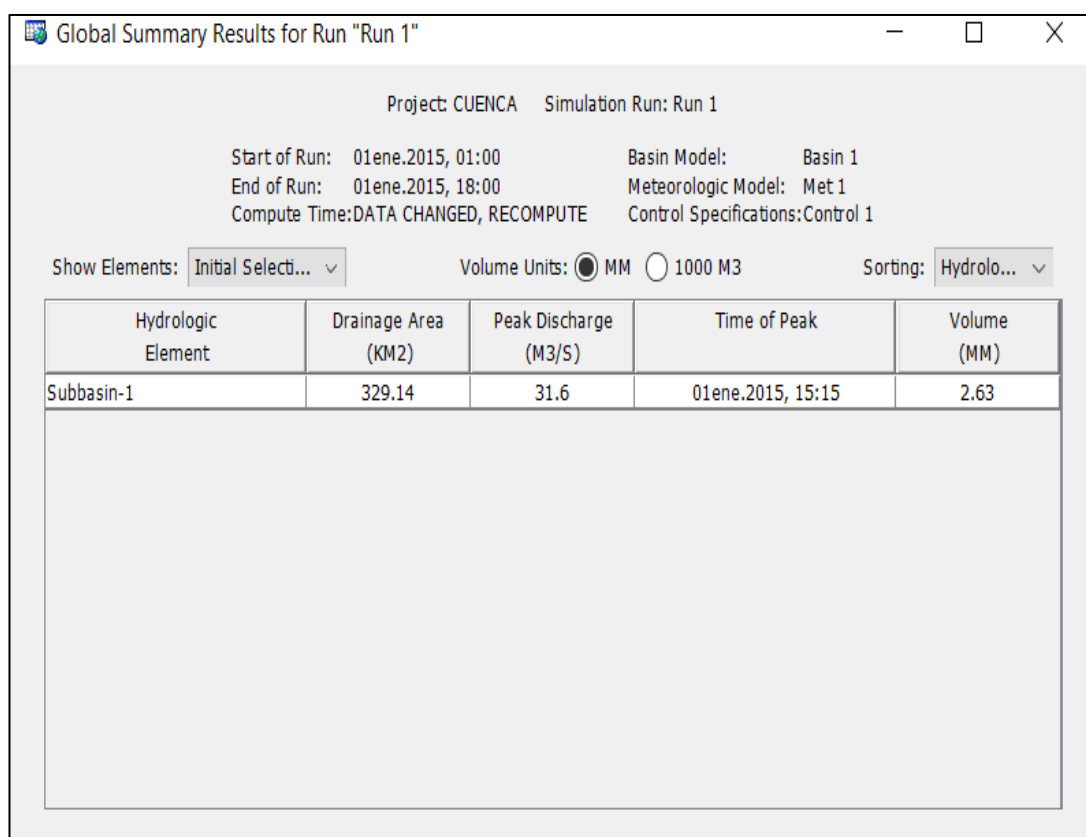
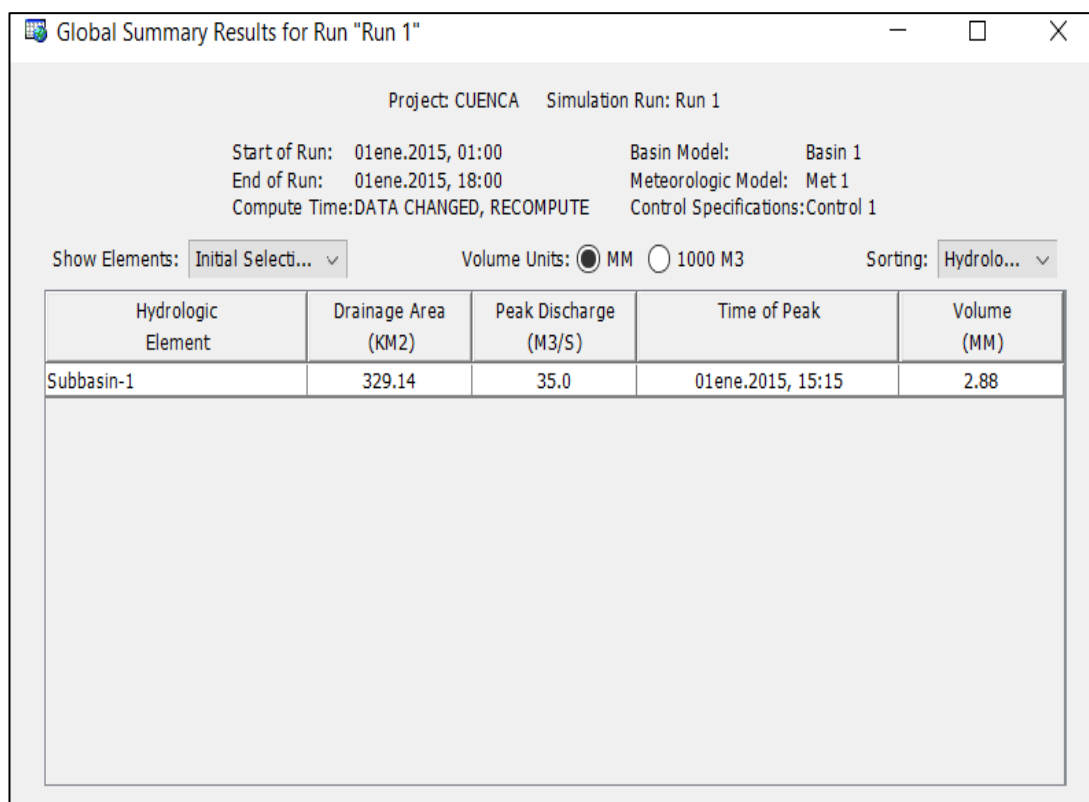
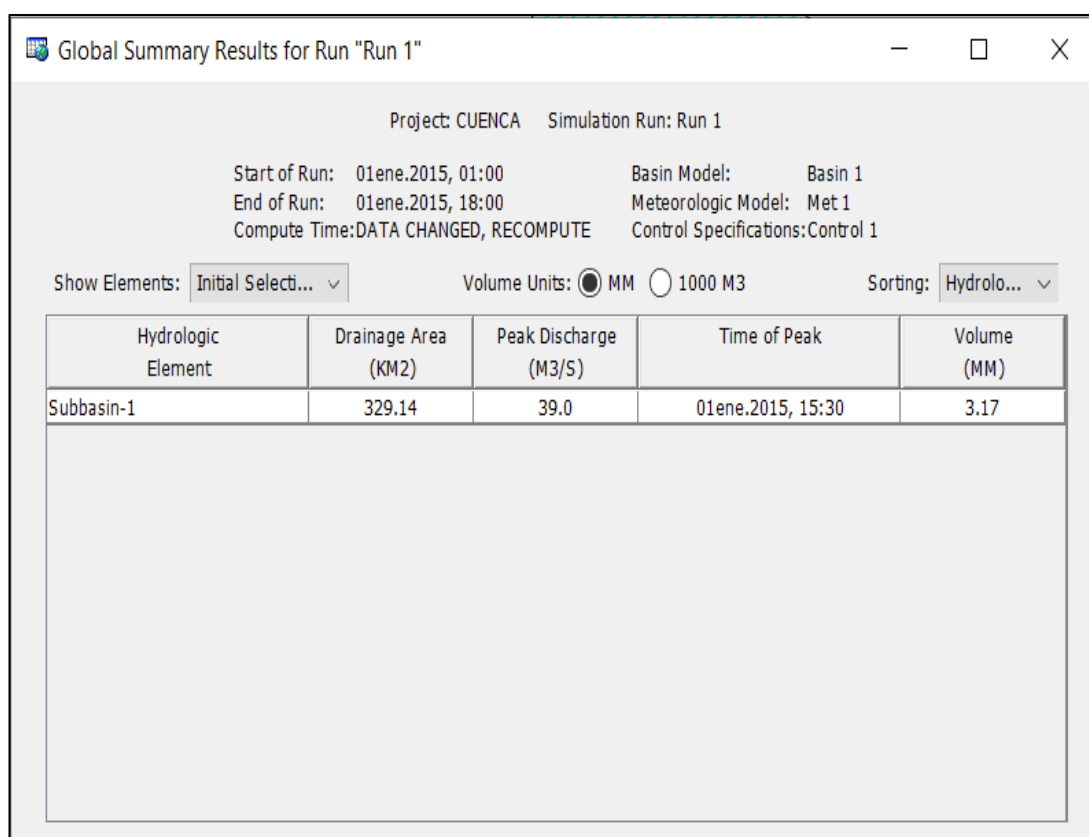


Figura 49*Estimación de caudales PR=50 años***Figura 50***Estimación de caudales PR=100 años*

ANEXO 5

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Se realizó el reconocimiento del terreno



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 2

Se continuó con el reconocimiento del terreno



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 3

Se observa la toma de coordenadas con el GPS



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 4

Se continuó con el reconocimiento de terreno



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 5

Se realizó el levantamiento topográfico



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 6

Se observa la toma de puntos topográficos



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 7

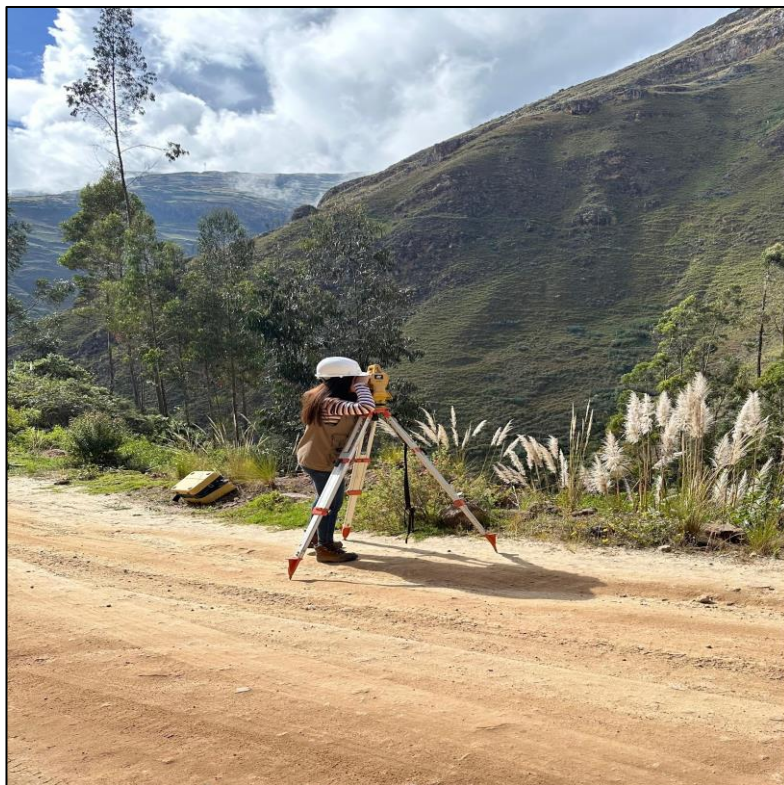
Se continua con la toma de puntos topográficos



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 8

Vista de toma de puntos topográficos



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 9

Se realizó la toma de muestra para la calicata



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 10

Calicata N°01



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 11

Se realizó la toma de muestra para la calicata



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.

Fotografía 12

Calicata N°02



Nota. Captura fotográfica de la actividad realizada.