

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



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

TESIS

“Evaluación de riesgo frente a inundaciones ocasionadas por el río Huallaga para elaboración de mapas temáticos en el paraje Unguymaran, Pillco Marca, Huánuco-2023”

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

AUTORA: Puente Albornoz, Dida

ASESORA: Trujillo Ariza, Yelen Lisseth

HUÁNUCO – PERÚ

2023



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

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

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70688338

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70502371

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-5650-3745

H

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Aguilar Alcantara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
2	Valdivieso Echevarría, Martín César	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Bastidas Salazar, Karen Vanessa	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	48753085	0000-0002-7346-9542



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 09:30 horas del día **miércoles 20 de diciembre de 2023**, 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:

- ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA - PRESIDENTE
- ❖ MG MARTÍN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA - SECRETARIO
- ❖ MG. KAREN VANESSA BASTIDAS SALAZAR - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 3114 -2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"EVALUACIÓN DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES OCASIONADAS POR EL RÍO HUALLAGA PARA ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN EL PARAJE UNGUYMARAN, PILLCO MARCA, HUÁNUCO-2023"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Dida PUENTE ALBORNOZ**, 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.

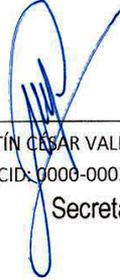
Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **15** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las **10:00** horas del día 20 del mes de diciembre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA
ORCID: 0000-0002-0877-5922

Presidente



MG. MARTÍN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA
ORCID: 0000-0002-0579-5135

Secretario



MG. KAREN VANESSA BASTIDAS SALAZAR
ORCID: 0000-0002-7346-9542

Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **Mg. YELEN LISSETH, TRUJILLO ARIZA**, Ingeniero asesor del Programa Académico de Ingeniería Civil. Designado mediante RESOLUCIÓN No 2246-2022-D-FI-UDH la Bach. PUENTE ALBORNOZ DIDA, de la investigación titulada:

"EVALUACIÓN DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES OCASIONADAS POR EL RÍO HUALLAGA PARA ELABORACIÓN DE MAPAS TEMATICOS EN EL PARAJE UNGUYMARAN, PILLCO MARCA, HUÁNUCO-2023"

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 17 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio 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, 08 de Febrero de 2024

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

Asesor

DNI: 70502371

CODIGO ORCID: 0000-0002-5650-3745

“EVALUACIÓN DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES OCASIONADAS POR EL RÍO HUALLAGA PARA ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN EL PARAJE UNGUYMARAN, PILLCO MARCA, HUÁNUCO-2023”

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	17%	4%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	www.ididactia.com Fuente de Internet	<1%
8	www.monografias.com Fuente de Internet	<1%



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

Asesor

DNI: 70502371

CODIGO ORCID: 0000-0002-5650-3745

DEDICATORIA

Esta tesis es para todos ustedes, mi familia y amigos, por haber sido mi roca durante todo este tiempo. Espero que este logro sea también un motivo de orgullo y felicidad para ustedes.

A mis padres, gracias por ser mi mayor fuente de inspiración y motivación. Siempre han estado ahí para apoyarme en cada uno de mis proyectos y por eso hoy les dedico mi tesis.

A mi asesora, gracias por su paciencia, sabiduría y orientación. Sus consejos y enseñanzas han sido fundamentales para el éxito de mi proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesora de tesis, quien me guió y me brindó su experiencia y conocimientos en todo momento. Sus comentarios y sugerencias fueron invaluable para el desarrollo de este trabajo.

También quiero expresar mi agradecimiento a mi familia, amigos y seres queridos que me apoyaron en todo momento. Su amor, paciencia y motivación me ayudaron a perseverar y alcanzar mi objetivo.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que participaron en mi estudio y contribuyeron con su tiempo y conocimientos. Sin su colaboración, mi investigación no hubiera sido posible.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	17
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	17
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	22
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	26
2.2. BASES TEÓRICAS.....	29
2.2.1. MOVIMIENTO DEL AGUA.....	29
2.2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA.....	32

2.2.3. ELEMENTOS DE UNA CUENCA	34
2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA.....	36
2.2.5. CLASIFICACIÓN DE CUENCAS	42
2.2.6. PRECIPITACIÓN	43
2.2.7. PRUEBA DE CONSISTENCIA Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	47
2.2.8. REGISTROS PLUVIOMÉTRICOS.....	48
2.2.9. CRECIENTES.....	55
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	62
2.4. HIPÓTESIS	64
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	64
2.4.2. HIPÓTESIS NULA	64
2.4.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVAS.....	64
2.5. VARIABLES	65
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	65
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	65
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	66
CAPÍTULO III.....	69
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	69
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	69
3.1.1. ENFOQUE	69
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	69
3.1.3. DISEÑO	69
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	70
3.2.1. POBLACIÓN	70
3.2.2. MUESTRA	70
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	71
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	71
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	75
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	83
CAPÍTULO IV.....	85
RESULTADOS.....	85
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	85
4.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA	85

4.1.2. ANÁLISIS DE LLUVIAS	94
4.2. ESTIMACIÓN DE INTENSIDADES.....	111
4.2.1. ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE INUNDACIÓN.....	134
4.2.2. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN	138
4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	141
4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	141
4.3.2. HIPÓTESIS NULA	145
4.3.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVAS	145
CAPÍTULO V.....	151
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	151
CONCLUSIONES	153
RECOMENDACIONES.....	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155
ANEXOS.....	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de la densidad de drenaje.....	39
Tabla 2 Clasificación de la densidad de drenaje.....	57
Tabla 3 Valores del periodo de retorno.....	57
Tabla 4 Coeficiente de rugosidad	60
Tabla 5 Coeficiente de rugosidad	61
Tabla 6 Operacionalización de variables, indicadores	66
Tabla 7 Ficha de recolección de precipitación SENAMHI	73
Tabla 8 Ficha de parámetros geomorfológicos	75
Tabla 9 Ficha de cobertura vegetal.....	76
Tabla 10 Ficha de estimación del número de curva.....	77
Tabla 11 Ficha de tiempo de concentración	77
Tabla 12 Ficha Outlier.....	78
Tabla 13 Ficha de distribución estadística	79
Tabla 14 Ficha de intensidades	80
Tabla 15 Ficha de caudales de inundación.....	82
Tabla 16 Parámetros fisiográficos y geomorfológicos.....	86
Tabla 17 Valores altitudinales de la cuenca.....	87
Tabla 18 Caracterización de la red hídrica	89
Tabla 19 Caracterización de la pendiente de la cuenca	89
Tabla 20 Cobertura vegetal de la cuenca de interés.....	90
Tabla 21 Estimación del número de curva	92
Tabla 22 Clasificación de la cuenca de acuerdo a los índices de forma	92
Tabla 23 Estimación del coeficiente de escorrentía.....	93
Tabla 24 Estimación de tiempo de concentración.....	93
Tabla 25 Registro pluviométrico de la Estación Huánuco.....	95
Tabla 26 Tabla 1 Registro pluviométrico completado de la Estación Huánuco	97
Tabla 27 Ficha de Prueba Outlier-Estación Huánuco	99
Tabla 28 Registro pluviométrico de la Estación Simulada	101
Tabla 29 Ficha de Prueba Outlier-Estación Simulada	103
Tabla 30 Registro pluviométrico de la Estación PISCO	104
Tabla 31 Ficha de Prueba Outlier-Estación PISCO	106

Tabla 32 Resumen de valores de precipitación por estaciones	107
Tabla 33 Precipitaciones acumuladas para el análisis de Doble Masa	109
Tabla 34 Ficha de distribución Normal para los datos de precipitación	112
Tabla 35 Ficha de distribución Log-Normal 2P	114
Tabla 36 Ficha de distribución Log-Normal 3P	116
Tabla 37 Ficha de distribución Gamma 2P para los datos de precipitación	118
Tabla 38 Ficha de distribución Gamma 3P para los datos de precipitación	120
Tabla 39 Ficha de distribución Gumbel para los datos de precipitación	122
Tabla 40 Ficha de distribución Log-Gumbel para los datos de precipitación	124
Tabla 41 Ficha de resultados de distribuciones estadísticas	126
Tabla 42 Ficha de estimación de intensidad a partir de la precipitación	127
Tabla 43 Ficha de estimación de precipitaciones e intensidades	128
Tabla 44 Ficha de estimación de valores de la ecuación de la intensidad..	130
Tabla 45 Valores y gráfica de la curva Intensidad – Duración – Frecuencia	131
Tabla 46 Resumen de valores de caudales estimados.....	137
Tabla 47 Resumen de áreas de inundación	141
Tabla 48 Resumen de áreas de inundación	142
Tabla 49 Muestreo de valores obtenidos	142
Tabla 50 Histograma y polígono de frecuencia.....	143
Tabla 51 Datos Quantile-Quantile.....	144
Tabla 52 Prueba de Bondad Kolmogorov-Smirnov	144
Tabla 53 Valores de significancia	145
Tabla 54 Valores y gráfica de la curva Intensidad–Duración–Frecuencia ..	146
Tabla 55 Resumen de valores de caudales estimados.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo Hidrológico	31
Figura 2 Esquema del ciclo hidrológico	32
Figura 3 Divisoria de aguas	34
Figura 4 Figura 1 Río Principal	36
Figura 5 Orden de los ríos de una cuenca	38
Figura 6 Relieve de una cuenca	40
Figura 7 Pendiente Vs Perfil de Cauce	41
Figura 8 Cuencas por su desembocadura	43
Figura 9 Tipos de lluvia	44
Figura 10 Tipos de lluvia Fuente: (Gutiérrez, 2014).....	47
Figura 11 Pluviograma	49
Figura 12 Curva masa	50
Figura 13 Hietograma	50
Figura 14 Hietograma	51
Figura 15 Polígono de Thiessen	53
Figura 16 Polígono de Thiessen	55
Figura 17 Costos anuales para determinación de PR.....	56
Figura 18 Esquema de diseño de investigación	70
Figura 19 Figura 1 Interfaz del sistema satelital Alos Palsar	71
Figura 20 Interfaz del aplicativo ANDREA	72
Figura 21 Esquema de mapa temático	82
Figura 22 Características fisiográficas y geomorfológicas de la cuenca	85
Figura 23 Mapa altitudinal de la cuenca de interés	87
Figura 24 Curva Hipsométrica de la cuenca de interés	88
Figura 25 Mapa de caracterización de pendiente y red hídrica	88
Figura 26 Mapa de cobertura vegetal de la cuenca	90
Figura 27 Figura 1 Mapa de número de curva para la cuenca de interés	91
Figura 28 Identificación de estaciones cercanas a el área de la cuenca	94
Figura 29 Análisis de doble masa Sistema Pisco – Estación simulada	111
Figura 30 Hietograma para un periodo de retorno de 10 años	132
Figura 31 Hietograma para un periodo de retorno de 25 años	132
Figura 32 Hietograma para un periodo de retorno de 50 años	133

Figura 33 Hietograma para un periodo de retorno de 100 años	133
Figura 34 Hietograma para un periodo de retorno de 500 años	134
Figura 35 Interfaz del software Hec-HMS	134
Figura 36 Caudal de inundación para un PR de 10 años	135
Figura 37 Caudal de inundación para un PR de 25 años	135
Figura 38 Caudal de inundación para un PR de 50 años	136
Figura 39 Caudal de inundación para un PR de 100 años	136
Figura 40 Caudal de inundación para un PR de 500 años	137
Figura 41 Interfaz del software Hec-RAS.....	138
Figura 42 Zonas de inundación para un PR de 10 años.....	138
Figura 43 Zonas de inundación para un PR de 25 años.....	139
Figura 44 Zonas de inundación para un PR de 50 años.....	139
Figura 45 Zonas de inundación para un PR de 100 años.....	140
Figura 46 Zonas de inundación para un PR de 500 años.....	140
Figura 47 Zonas de inundación para un PR de 500 años.....	141
Figura 48 Histograma y polígono de frecuencia.....	143
Figura 49 Gráfica Quantile-Quantile	144
Figura 50 Zonas de inundación para un PR de 10 años.....	148
Figura 51 Zonas de inundación para un PR de 10 años.....	149
Figura 52 Ficha de pluviometría Estación Canchán.....	162
Figura 53 Ficha de pluviometría Estación San Rafael	163
Figura 54 Ficha de pluviometría Estación Tingo María.....	164
Figura 55 Ficha de pluviometría Estación Tulumayo	165
Figura 56 Factores de intensidad de 02 años a 25 años	Figura 57 Factores de intensidad de 50 años a 500 años
Figura 58 Factores de intensidad de 1000 años a 10000 años	
Figura 59 Ubicación de la zona de investigación	168
Figura 60 Tesista al lado del equipo topográfico, con la que realizó el levantamiento topográfico del área de estudio.....	169
Figura 61 Tesista armando el trípode para poder iniciar el levantamiento del área de estudio	170
Figura 62 Figura 1 Preparación de la estación a utilizar sobre el punto de control número uno	170
	171

Figura 63 Toma de datos en el punto de control número uno, para el levantamiento correspondiente	171
Figura 64 Tesista indicando a su apoyo como y donde debe de colocar la mira	172
Figura 65 Tesista realizando el levantamiento topográfico de la zona de estudio	172

RESUMEN

En esta investigación, se abordó el objetivo central de cómo elaborar mapas temáticos y llevar a cabo la evaluación exhaustiva de inundaciones generadas por el río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco. La relevancia de este estudio residía en la falta previa de investigaciones relacionadas con el peligro de inundaciones en esta región, lo que implicaba una ausencia de información crítica para proyectos de construcción y la seguridad de la población local. Para llevar a cabo esta investigación, se aplicaron métodos y procedimientos rigurosos, incluyendo la recopilación de datos de pluviometría mediante fichas de recolección. Se utilizaron imágenes de elevación digital y se realizó un detallado reconocimiento en campo. El análisis estadístico de datos, mediante hojas de cálculo, permitió estimar áreas inundables para diferentes periodos de retorno. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Áreas de inundación estimadas fueron de 0.164, 0.172, 0.178, 0.186 y 0.202 km² para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años, respectivamente. Las intensidades de precipitación estimadas para una duración de tormenta de 9 horas fueron de 9.09, 9.88, 10.52, 11.21 y 12.97 mm para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años, respectivamente. Los valores de caudal estimados para el tramo del río Huallaga bajo estudio fueron de 297.57, 404.82, 504.92, 623.35 y 981.11 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años, respectivamente. Estos resultados no solo proporcionaron una comprensión más profunda de la dinámica de inundación en Unguymaran, sino que también sirvieron de base para proponer medidas concretas de preparación y capacitación para la población local, con el objetivo de aumentar la conciencia y la seguridad en caso de eventos de inundación. En resumen, esta investigación validó la importancia crítica de la cartografía de peligros en la mitigación y la gestión de riesgos de inundación, no solo para Unguymaran en el momento de la investigación, sino también como un valioso enfoque para situaciones similares en el campo de la ingeniería civil.

Palabras Clave: Evaluación, riesgo, frente, inundaciones, río.

ABSTRACT

In this research, the central objective of how to prepare thematic maps and carry out the exhaustive evaluation of floods generated by the Huallaga River in the section of the town of Unguymaran, Huánuco, was addressed. The relevance of this study lay in the previous lack of research related to the danger of flooding in this region, which implied an absence of critical information for construction projects and the safety of the local population. To carry out this research, rigorous methods and procedures were applied, including the collection of rainfall data using collection sheets. Digital elevation images were used and a detailed field reconnaissance was carried out. The statistical analysis of data, using spreadsheets, allowed us to estimate flood areas for different return periods. The results obtained were the following: Estimated flood areas were 0.164, 0.172, 0.178, 0.186 and 0.202 km² for the return periods of 10, 25, 50, 100 and 500 years, respectively. The estimated precipitation intensities for a 9-hour storm duration were 9.09, 9.88, 10.52, 11.21, and 12.97 mm for the return periods of 10, 25, 50, 100, and 500 years, respectively. The estimated flow values for the section of the Huallaga River under study were 297.57, 404.82, 504.92, 623.35 and 981.11 m³/s for the return periods of 10, 25, 50, 100 and 500 years, respectively. These results not only provided a deeper understanding of the flood dynamics in Unguymaran, but also served as a basis for proposing concrete preparedness and training measures for the local population, with the aim of increasing awareness and safety in the event of events. of flooding. In summary, this research validated the critical importance of hazard mapping in flood risk mitigation and management, not only for Unguymaran at the time of the research, but also as a valuable approach for similar situations in the field of civil Engineering.

Keywords: Evaluation, risk, front, floods, river.

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son un fenómeno natural que ha afectado a la humanidad desde tiempos inmemoriales. A lo largo de la historia, estos eventos han sido responsables de la pérdida de vidas, bienes y recursos naturales. En las últimas décadas, las inundaciones han adquirido una mayor relevancia debido a su frecuencia y magnitud, atribuidas en gran parte al cambio climático y la urbanización. La presente tesis tiene como objetivo estudiar las inundaciones en profundidad, desde sus causas hasta sus consecuencias, y analizar las posibles medidas no estructurales que se pueden implementar para minimizar sus efectos negativos. Para ello, se abordarán diferentes aspectos relacionados con las inundaciones, tales como la caracterización de la cuenca hidrológica que se forma tomando en cuenta el área de estudio en el cauce del río Huallaga , un análisis de la precipitaciones históricas generada en la zonas cercanas a la cuenca de interés con su respectivo análisis estadístico, la estimación de las intensidades de precipitación para diferentes periodos de retorno y en diferentes duraciones de intensidades, con ello estimar los valores de caudal de diseño los cuales fueron estimados para diferentes periodos de retorno y finalmente, la identificación de las zonas de inundación a partir de la elaboración de una simulación con los valores de caudal estimados y con el modelo del terreno de interés para el cálculo de las áreas de inundación comprometidas en la zona del cauce de interés. Es así que la investigación se estructura de la siguiente manera:

Capítulo I: Se presenta la situación problemática de la zona de interés y fundamentando los objetivos que presenta la investigación, así como la justificación y limitaciones que se presentan.

Capítulo II: Se fundamentan las bases teóricas que son de relevancia y consulta para la investigación, así como la hipótesis que se plantean en la investigación.

Capítulo III: Se fundamenta el marco metodológico el cual sirve como estructura de investigación y establece los procesos realizados en la

investigación.

Capítulo IV: Se presentan los resultados obtenidos del proceso realizado para la comprobación de la hipótesis.

Capítulo V: Se presenta la discusión de resultados a partir de los antecedentes planteados con ello también se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según Herrera (2018), se pudo establecer que para el periodo que comprenden los años 1990 a 2013 las inundaciones generaron grandes pérdidas y afectaciones del orden territorial estimados en aproximadamente 117 mil millones de dólares solo en América Latina. Por otro lado, las pérdidas humanas a causa de las inundaciones se estimaron en aproximadamente 60 mil personas, a partir de estos eventos catastróficos se generaron soluciones que se están aplicando a la realidad con el fin de mitigar los efectos que tengan las inundaciones en Latinoamérica. Para Lavado (2022) en el Perú a partir de estudios recientes de inundaciones se pudo identificar 120 eventos relacionados con el fenómeno denominado El Niño, esto adicionado los factores de cambio de clima, uso del suelo, infraestructura en la zona y el incremento demográfico de la población hacen que se prevean futuros eventos de inundación en diferentes partes del país, se estimó a partir de las investigaciones que para el año 2050 los niveles de exposición frente a inundaciones se triplicará incrementando así los efectos negativos sobre la población peruana que habite en las cercanías de los márgenes de algún cauce de agua. Para el año 2012 según el inventario de inundaciones del Perú en la región Huánuco se contabilizaron alrededor de 31 casas destruidas generando así que esas viviendas sean inhabitables, un total de 345 casas dañadas un total de 160 personas afectadas, alrededor de 6130 personas afectadas indirectamente con un área de cultivos de 80 ha dañadas. Uno de los principales cauces de agua en la región de Huánuco es la del río Huallaga este río se caracteriza por atravesar la provincia, a partir de ello se planteó la necesidad de analizar los efectos que pueda tener un incremento de un caudal y su posterior desborde en la población circundante, en el distrito de Pillco Marca se ubica la zona denominada Unguymaran la cual es atravesada por un tramo del río Huallaga para esta investigación se plantea un análisis de esta localidad frente a una posible inundación y sus efectos sobre la población que habita y las actividades económicas que se desarrollen en la zona.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera se puede elaborar mapas temáticos y evaluación de inundaciones generadas por el río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Como influyen los parámetros de información pluviométrica para la caracterización hidrológica del río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco?

¿Como se elabora un modelo hidrológico para el río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco?

¿En qué medida se puede procesar información cartográfica y el modelo del terreno en una plataforma SIG para elaborar mapas temáticos?

¿Cuáles son las medidas no estructurales para el manejo de las inundaciones en la localidad de Unguymaran?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar mapas temáticos y evaluación de inundaciones generadas por el río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la influencia de los parámetros de información pluviométrica para la caracterización hidrológica del río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco.

Elaborar un modelo hidrológico para el río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco.

Procesar información cartográfica y el modelo del terreno en una plataforma SIG para elaborar mapas temáticos.

Plantear medidas no estructurales para el manejo de las inundaciones en la localidad de Unguymaran.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

A partir de la presente investigación se planteó el análisis de inundaciones en la localidad de Unguymaran que no presenta una investigación frente a el peligro de inundación, los valores determinados servirán de referencia para proyectos de construcción que se lleven a cabo en la localidad de interés, con esta investigación también se generó información sobre inundaciones en la provincia de Huánuco con el fin de identificar los puntos más críticos y plantear soluciones a futuro.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La investigación brindó información con la cual se puedan realizar diseños hidráulicos de mitigación de efectos de inundación o vías de comunicación cercanas al cauce, así como también tener información de los caudales proyectados del río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran generando así soluciones para los proyectos que se realicen a futuro que se relacionen con el cauce de interés.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para la investigación se relacionó la inundación con los efectos y mapeos que se realizaron a partir de metodologías SIG, afianzó más las metodologías estadísticas para la caracterización hidrológica de la zona, obteniendo información simulada cercana a la realidad que se pueda dar en un periodo de retorno específico.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el punto de aforo en que se calcularon los caudales para una proyección en un determinado periodo de retorno no se cuenta con un registro

histórico, sin embargo la información pudo ser obtenida mediante correlación de variables matemáticas y registros de estaciones cercanas al punto de aforo necesario, para una mejor obtención del modelo hidráulico fue necesario aplicar un estudio de batimetría que para esta investigación no fue considerada por la dificultad de obtención de equipo especializado para la elaboración de batimetrías.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se encontró en un óptimo estado de viabilidad debido a que la inversión de la investigación no superó la capacidad económica del investigador y el tiempo se encontró dentro del periodo requerido para la presentación de la investigación final cumpliendo así los parámetros más críticos al realizar una investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para Sopelana (2022), en la tesis que tituló “Estudio de inundaciones compuestas en estuarios y tramos de ríos costeros. Aplicación a ríos del noroeste de España” el investigador planteó los siguientes objetivos: A partir de la aplicación de dos tipos de aproximaciones de inundaciones, una que se basó íntegramente en la ejecución de un análisis estadístico que hace aplicación de multivariables como caudal, marea meteorológica y marea astronómica, juntamente con la aplicación de una función de cópula, y la otra metodología basada en la simulación de inundaciones en continuo, que se basa en la simulación hidrodinámica en una serie temporal con valores predictivos. De la investigación el investigador concluyó que: Para la estimación de las Áreas de Riesgo Potencialmente Significativas de Inundación (ARPSI), del río Ulla en Padrón, se caracteriza por poseer la cuenca más extensa en la zona costera de Galicia con una superficie de 2764 km², la zona ARPSI del río Mandeo que se encuentra en la localidad de Betanzos presenta una extensión de cuenca de 360 km² esta cuenca fue caracterizada como una de las más inundables a lo largo de un extenso periodo temporal que fueron asociadas con las épocas de mareas vivas de la zona y la zona ARSPI que comprende al río Groba en Sabarís, esta zona que se ubica en la Val Miñor presenta una extensión de 18 km² el cual desemboca en el estuario del río Miñor. Con los resultados obtenidos se pudo determinar que la metodología tradicional se relaciona directamente con el tamaño de la cuenca con ello se pudo estimar que para un periodo de retorno de 100 años pueden llegar a estimar un caudal 20 veces mayor en las cuencas con una extensión de área superior. Utilizando un enfoque de análisis multivariante y seleccionando la cota superior de los eventos registrados

para cada período de retorno, se nota que los resultados muestran una tendencia a sobreestimar el nivel de inundación, aunque en menor grado que con el método convencional. La magnitud de esta sobreestimación también varía según la ubicación en el estuario, pero los valores de los períodos de retorno simulados suelen ser aproximadamente el doble de los valores reales. Este patrón se mantiene consistente en todas las cuencas y en los diversos períodos de retorno que se investigaron.

Según Torres (2018), en la investigación que titula “Modelación hidrológica para el estudio de inundación, en el departamento de Cundinamarca, del río Frío a la altura del municipio de Chía” realizada para la obtención del grado de especialista en Recursos Hídricos en la Universidad Católica de Colombia. De dicha investigación se lograron obtener las siguientes conclusiones: Se obtuvo a partir del modelo hidráulico en el programa Hec-Ras a partir de un flujo con régimen subcrítico debido a que el valor de Froude es menor a 1. Los valores de velocidades para el río Chía medidos en diferentes periodos de retorno están entre los rangos de 0.15 a 3.00 m/s. Del análisis de precipitaciones se pudo identificar que las precipitaciones anómalas con valores de 748 mm, y el contexto climatológico en el que se encuentra la zona presenta características de templado a frío, en promedio una temperatura de 13.4°C y humedad relativa aproximada a 75%. De la investigación de los registros pluviométricos se pudo identificar que la estación denominada Pte. Virginia presenta 29 valores de registro histórico de caudales máximos, para esta serie de valores se tomó en cuenta un ajuste estadístico para lo cual las más óptimas se identificaron las de Gumbel y Pearson tipo III. Para la zona de investigación se contó con una estación cercana limnigráfica esta estación pudo ser aplicada en la zona a partir de la metodología de transposición de caudales debido a que la variación del área de la cuenca y del punto donde se aplica la investigación no varía por más del 50%. De la modelación topográfica de la zona se pudo determinar que la pendiente del río comprende un valor de 0.00048 con dicho valor se lograron identificar las zonas de inundación a partir de la generación de láminas de agua elaboradas en

el software ArcGis. Se logró comprobar que las láminas de agua que se generaron de las simulaciones sobre carga la capacidad de transporte del río generándose láminas de inundación en la zona del municipio del Chía, con dicha identificación se logró identificar las zonas de riesgo para el futuro planteamiento de medidas estructurales o no estructurales en la zona de investigación que se ajusten al contexto social o económico en que se encuentre el área de investigación.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Para Huerta (2020), en su investigación que titula “Evaluación hidrológica e hidráulica del río Sechín en el Puente Sechín hasta un periodo de retorno de 100 años en el distrito de Casma, Provincia de Casma, Departamento de Ancash” para la obtención del grado de titulado en ingeniería civil en la Universidad Nacional del Santa. De la investigación logró concluir que: Se pudo identificar que la zona no cuenta con una estación pluviográfica horaria que facilite obtener los valores de precipitaciones máximas diarias en 24hrs, dada este parámetro se pudo extrapolar los valores de precipitación para lo cual se obtuvo que para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años se tiene las precipitaciones máximas de 114.17, 153.40, 182.50 y 211.39 mm, a partir de dichos valores y aplicando la metodología del software Hidroesta se logra determinar la intensidad de la lluvia en mm/hr para cada uno de los periodos de retorno. Con dichos parámetros se pudo calcular los valores de caudal de 924.7, 1942.2, 2969.8 y 4149.2 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Con los valores ya determinados se puede elaborar un modelo de evaluación hidráulica, con lo cual se pudo identificar a partir del modelo topográfico un total de 83 secciones de análisis, el valor de la pendiente longitudinal se comprende dentro de los valores de 0.15% a 6.61%, en consideración a los valores de rugosidad que se encuentran en el cauce del río se pudo identificar que en diferentes tramos los valores de rugosidad varían entre los valores de 0.040, 0.020 y 0.050. Con dichos valores se logró realizar una simulación hidráulica en la zona para lo cual se pudo determinar las

zonas propensas a inundación, de las cuales se pudo clasificar que para un periodo de retorno de 25 años las progresivas 0+339 km a 0+580 km se encuentra en una zona de inundación, para un periodo de retorno de 50 años las progresivas 0+399 km a 0+620 km se encuentra en una zona de inundación y para un periodo de retorno de 100 años las progresivas que comprenden las zonas de inundación son desde 0+700 km a 0+800 km y 0+399km a 0+619 km. A partir de dichos valores se lograron determinar de manera matemática las zonas probables a inundación que partieron de simulaciones y modelos hidrológicos e hidráulicos.

Según Ramírez (2019), en la investigación que titula “Sistema de alerta temprana de inundaciones aplicando un modelamiento hidrológico con HEC-HMS en el río Culebras” realizada para la obtención del grado de ingeniera civil en la Universidad San Pedro. A partir de la búsqueda de fuentes de información para el río Culebras se pudo identificar que la zona no cuenta con una estación pluviométrica ni hidrométrica en el cauce que comprende el río de ni la jurisdicción del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), ni de los servidores de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y ni de la junta de usuarios conformada en la localidad de Huarmey. La simulación se realizó el 20 de marzo del 2017 este resultado de la simulación fue de 95.5 m³/s. este caudal fue ingresado en el software, este valor fu estimado a partir de los valores de descarga de la cuenca Casma en la estación de Tutuma, este valor es netamente un valor aproximado por el contexto de información en que se encuentra el área de estudio. Del análisis del tiempo en que el sistema de alerta temprana reacciona se pudo determinar que es de 7.05 horas con lo cual se puede alertar a la población y movilizar a las zonas con un valor de alta vulnerabilidad frente a los eventos naturales de inundación. Para el modelo ejecutado se puede optimizar los resultados si se ubican estaciones en el cauce del río Culebras. A partir de la elaboración de la investigación se plantearon medidas para la prevención y advertencia de los eventos naturales con el sistema de alerta temprana esto facilitaría a la población la toma de medidas de manera anticipada frente a probables eventos de

inundación mitigando así los efectos adversos que se generen en la salud y economía de la población que circunda las fajas de inundación del río Culebras. A partir del modelo de inundación se pudo determinar que las zonas denominadas como Quilla Pampa, Quita Sombrero y Huanchay presenta un alto riesgo frente a inundaciones debido a que en estos sectores la presencia de lluvia es abundante en determinados periodos mensuales, pudiendo causar afectaciones en áreas de cultivo, daños en las viviendas y afectando las vías de comunicación dejando aislado a la población que habita la zona.

Para Alvares (2020), en la investigación que titula “Análisis hidráulico e hidrológico de la cuenca del río Moquegua para el diseño de defensas ribereñas” para la obtención del grado de ingeniero civil en la Universidad Ricardo Palma. Del estudio topográfico se pudo identificar que el área de estudio comprende un valor de 576077 m², los valores altitudinales van desde los 1276 a 1209 msnm, a partir del modelo se pudo determinar que la pendiente promedio de la zona es de 2.9% a partir del cual se puede catalogar al terreno como plano por sus características. A partir del análisis de la geología de la zona se pudo identificar que la formación de Moquegua se compone de rocas sedimentarias lacustrinas invadidas o rellenadas a partir de eventos volcánicos. Con relación a la investigación Hidrológica se determinó que el área de la cuenca es de alrededor 2743.31 km², un perímetro de la cuenca 245.35 km, los valores de la longitud del río Moquegua es de 82.21 km, un ancho de cuenca de alrededor los 32 km, el coeficiente de compacidad de 1.312, un índice de Gravelius que caracteriza a la cuenca como oval oblonga con tendencia a generación de avenidas máximas, el valor de la pendiente del 2%, factor de forma de 1.37 y una densidad de drenaje de 0.137 caracterizando a una cuenca mal drenada. De los valores calculados para el caudal máximo en los periodos de retorno de 10, 50, 100, 175, 200 y 50 años son 172.87, 309.97, 379.70, 441.27, 456.70 y 570.62 m³/s. Para el modelo de ejecutado en el Hec-Ras se tomó en cuenta para el diseño de una defensa ribereña el periodo de retorno de 175 años con el valor de 441.27 m³/s. Con lo cual se pudo

determinar las zonas de desborde y determinar las ubicaciones de las estructuras de defensas ribereñas. Para la propuesta de defensa ribereña, se logró determinar que el talud de enrocado se plantea como 1:1.5 en un total de 7 m de fondo con 3 m por debajo de la línea de Talweg, desde las progresivas 0+670 a la progresiva 0+335 a partir de la identificación de los puntos vulnerables de la panamericana Sur, el puente Montalvo y las viviendas cercanas a la zona.

Según Loyola (2019), en la investigación que titula “Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión - La Libertad” para la obtención del grado de maestro en ingeniería civil en la Universidad Cesar Vallejo. De la investigación el autor concluyó que para la parametrización del riesgo frente a la inundación en la quebrada de investigación presenta valores altos los cuales se reflejaron entre un rango valorizado del 51 al 75%. La faja marginal del cauce del río Grande presenta un peligro categorizado como Alto. A partir de la estratificación de la vulnerabilidad se pudo cuantificar la vulnerabilidad con un valor de 3.45 lo cual lo categoriza como Alto, estos valores se determinaron a partir de la vulnerabilidad física que puntúa un valor de 3.30, la vulnerabilidad económica puntúa 3.13, la vulnerabilidad social puntúa 3.40, la vulnerabilidad científica se cuantificó con un valor de 3.60, la vulnerabilidad ideológica 3.30, la vulnerabilidad cultural 3.10 y la vulnerabilidad educativa se puede cuantificar con el valor de 3.80. Las medidas estructurales y no estructurales planteadas en la investigación se normaron a partir de la normativa vigente y sobre todo tienen la finalidad de minimizar los efectos y establecer un sistema de protección y estabilidad permanente del cauce del río. A partir de lo determinado en la investigación se recomendó que para mitigar los efectos catalogados como alto hay una necesidad permanente de que las autoridades competentes realicen una fiscalización en pro del cumplimiento de las normas fundamentadas para las fajas marginales en zonas de quebradas y ríos con el fin de evitar que vidas humanas se pierdan frente

a eventos de riesgo, adicionalmente a ello se tienen que realizar actualizaciones del nivel de vulnerabilidad del proyecto debido a que las variaciones poblacionales son factores importantes dentro de una categorización de vulnerabilidad. Uno de los factores que pueden ayudar a mitigar los valores de vulnerabilidad es el planteamiento de una construcción de un sistema de estabilidad en el cauce del río estos pueden ser muros enrocados u otros que se ajusten a la realidad económica, social y geográfica, la limpieza y mantenimiento del cauce del Río Grande es necesario debido a que con ello se pueden controlar de alguna medida los valores de tirante que se generen en el recorrido del cauce.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Según López (2022), en la investigación que titula “Análisis hidrológico e hidráulico para la evaluación de riesgo de inundación fluvial por desborde del río Huallaga en el sector de Huayopampa, distrito de Amarilis, provincia de Huánuco 2021” para la obtención del grado de ingeniero civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. De dicha investigación se pudo concluir que: A partir de la ejecución del modelo hidrológico en el software Hec-HMS se pudo determinar que los valores de caudal máximo para el periodo de retorno de 100 años fue de 890.70 m³/s, lo cual sirvió de base para elaborar el modelo hidráulico con el software Hec-Ras para dicho modelo también se tomó en cuenta los valores de rugosidad a partir de los valores de coeficientes de Manning, para la zona de investigación se tuvo un valor de $n=0.018$ en las zonas donde se ubican los puentes, $n=0.030$ para el recorrido general en el centro del cauce, $n=0.028$ en los márgenes del río a excepción de las zonas donde predominan las rocas en el cauce para el cual se tomó un valor de $n=0.035$. Se pudo determinar que para los valores de vulnerabilidad calculado a partir de los parámetros de exposición, fragilidad y resiliencia aplicados en las dimensiones ambientales, económicos y sociales, mayormente en los resultados se obtuvo un valor de vulnerabilidad medio el cual se encuentra entre los rangos de

$0.089 < V < 0.169$. A partir de la caracterización de la zona de investigación se pudo identificar que se presenta la vertiente coluvial de detritos que se ubican en el río Huallaga, una vertiente o pie de monte aluvio-torrencial en la zona del margen izquierdo del río y para la zona del margen derecho del río se presenta la zona urbanizada la cual se pudo identificar que es una zona semi inundable, planicie inundable y no inundable. La zona del área de interés topográficamente presenta una pendiente de 0° - 5° en la parte derecha del río con características curvas en su recorrido y características planas las cuales facilitan los eventos de inundación en la zona, para la zona del margen izquierdo dan valores de pendiente de 10° a 20° la cual presenta una característica empinada lo cual evidencia que a causa de las precipitaciones las velocidades del flujo son altas por lo mismo las aguas se transporta de manera rápida y por consecuente no hay presenta condiciones de inundación. Del modelo hidráulico se pudo calcular que los tirantes generados en el río están alrededor de los 6.51 m, lo cual evidencia una inundación probable en la zona.

Según Mallqui (2021), en su investigación que titula “Nivel de riesgo por inundación en la cuenca del río Huallaga sector San Rafael-Huánuco 2019” para la obtención del grado de ingeniero civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. De la investigación se pudo concluir: Para el nivel de peligrosidad se obtuvo que para un nivel muy alto de peligrosidad se encuentra entre los valores de $0.75 < NP < 1$, para el nivel alto $0.50 < NP < 0.75$, para el nivel medio $0.25 < NP < 0.5$ y para el nivel bajo $0 < NP < 0.25$, para los valores de intensidad se calculó que este parámetro tiene un valor de 0.50 con una frecuencia de 0.30, a partir de la tabla de parametrización se pudo determinar que la zona tiene un nivel de peligrosidad media. Para el nivel de vulnerabilidad, se pudo categorizar los valores para un nivel muy alto de vulnerabilidad entre los valores de $0.75 < V < 1$, para un nivel alto $0.50 < V < 0.75$, para un valor medio $0.25 < V < 0.50$ y para un nivel bajo de vulnerabilidad entre $0 < V < 0.25$, en la investigación se pudo determinar que los valores de vulnerabilidad en total se obtuvo un valor de 0.54, por lo cual se pudo identificar que la

zona de estudio se encuentra en un nivel alto de vulnerabilidad. Para la determinación de riesgo se pudo categorizar a partir de los siguientes valores, para un nivel muy alto entre los valores de $0.75 < R < 1$, para un riesgo alto $0.5 < R < 0.75$, para un riesgo medio $0.25 < R < 0.5$ y para un riesgo bajo $0 < R < 0.25$, con estos valores se pudo identificar que la zona de interés se encuentra en un nivel de riesgo medio. De la identificación de las zonas que poseen estructuras de encausamiento las cuales se comprenden de tres tramos y un tramo colapsado: el primer tramo en la zona denominada Chancadora con una longitud de 1153.52 (tramo crítico), el segundo tramo en el barrio denominado barrio Centro con una longitud de 27.62 (muro de gavión colapsado), el tercer tramo denominado quebrada Batan con una longitud de 174.31 (sin defensa riveraña) y un cuarto tramo de la zona denominada barrio Mollepampa con una longitud de 380.91m (sin muro de encausamiento). De la investigación se consideró prudente tomar en cuenta para la elaboración de los muros de encausamiento la zona denominada Barrio Chancadora considerándose el tramo más crítico de la investigación, las dimensiones del muro se calcularon de una altura de 5.60m con la longitud de tramo de 1153.52, para su ejecución se calculó que la inversión para la realización del proyecto comprendería un valor de S/. 6'795,998.60 considerando los precios cotizados en el año en que se realizó la investigación.

Según Rojas (2018), en la investigación que titula “Modelación hidrológica e hidráulica del río Tirishuanca para identificación de zonas vulnerables a inundaciones en la localidad de Molino, distrito de Molino, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco” para la obtención del grado de ingeniero civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, en el cual se plantea como objetivo general el de identificar las zonas vulnerables frente a inundaciones generadas a través de un modelo hidrológico e hidráulico aplicado en el río Tirishuanca en la zona que comprende el malecón Molino y el barrio Ulcumano. De la investigación se pudo determinar que: Del análisis del periodo de retorno se consideró óptimo analizar a la zona con los periodos de 10, 25, 50, 100, 200 y 500

años para los cuales a partir del modelo hidráulico realizado en el software Hec-Ras se obtuvieron las áreas de inundación de 3241.19, 3843.97, 4280.93, 4663.47, 5062.49 y 5581.70 m² respectivamente. Para las estaciones de Chaglla, Huánuco y San Rafael se pudo determinar que los valores de precipitación media son de 32.54, 40.51, 45.02, 48.97, 50.16, 53.69, 57.02, 60.16 y 64.15 mm para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años. Respecto a los valores de caudales máximos que se calcularon en la investigación fueron 8.9, 11.2, 12, 14.7, 17.8, 21.3 y 26.6 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, los parámetros para la calibración de los valores proyectados se realizó a partir de la aplicación de la metodología del área ejecutado en el cauce del río a partir de un aforo con correntómetro y los valores de inundación se validaron a partir del análisis de las huellas de inundación que se ocasionaron en el terreno y adicionalmente a ello en la elaboración de una serie de consultas que se le hicieron a la población que habita la zona. En los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, se pudo determinar que para cualquier periodo de retorno existe un evento de inundación en diferente magnitud e intensidad, pero hace evidente el hecho que se necesitan planes de prevención y acción frente a eventos inundación, dando pasó así a medidas correctivas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MOVIMIENTO DEL AGUA

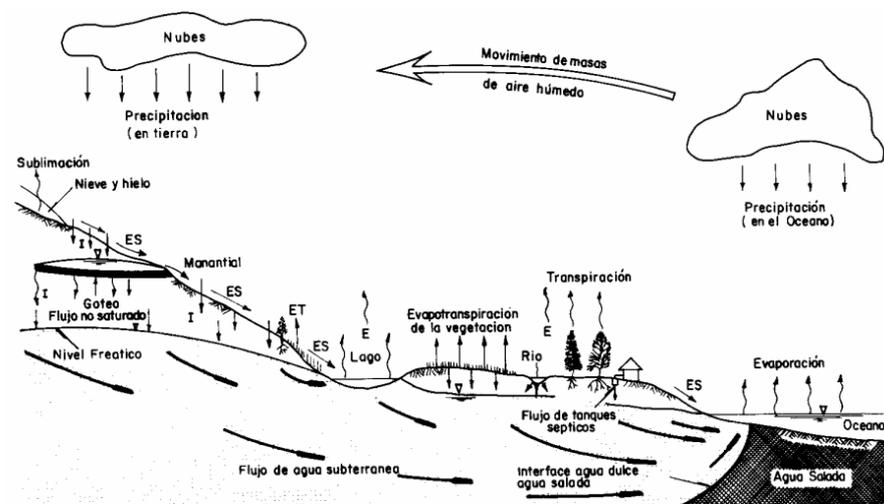
Se sabe que el agua puede presentarse en diferentes estados de materia, uno de los tipos de presentación es la de vapor en la atmosfera el cual se puede condensar las nubes, este evento propicia las precipitaciones las cuales pueden ser nieve, lluvia o granizadas, parte de las precipitaciones se evaporan previamente al llegar a la superficie y la precipitación que no se evapora cae al suelo por acción de la gravedad. Del porcentaje que logra caer en la superficie llega a ser interceptada por la vegetación y por otras superficies para finalmente ser evaporadas nuevamente, el porcentaje que no es interceptado puede llegar a tener un contacto directo con el suelo o puede llegar a incrementar los

volúmenes de agua libre que se encuentre en la superficie. Parte del porcentaje que llega a tener contacto directo con el suelo puede tener efecto directo sobre las redes hidrográficas de la zona en forma de escorrentía superficial o puede presentar el efecto de infiltración y de esta forma abastecer las reservas de las capas acuíferas. La energía que se requiere para iniciar el ciclo hidrológico se genera a partir del sol, esta energía genera que el agua localizada en zonas libres se evapore. De la misma forma el líquido que no se encuentra en las zonas no saturadas del suelo llega a evaporarse por completo o puede ser absorbidas por las plantas y estas a su vez pueden devolver el líquido en forma de vapor a la atmósfera mediante formas de transpiración. Dichos efectos se catalogan como evapotranspiración. En relación al agua infiltrada en áreas profundas y que por consiguiente abastece a las zonas acuíferas, puede pasar a abastecer los flujos de los ríos o regresar directamente a los mares por efecto de la percolación para por consiguiente reiniciar el ciclo. (Vélez, 2000)

De las energías que generan el ciclo hidrológico son principalmente la energía calorífica ocasionada por el sol y la energía gravitacional, a partir del ciclo hidrológico se pueden identificar las siguientes fases:

- Precipitación (P)
- Evapotranspiración (ET)
- Escorrentía superficial (ESD)
- Infiltración (I)

Figura 1
Ciclo Hidrológico



Fuente: (Vélez, 2000)

2.2.1.1. SUBSISTEMA ATMOSFÉRICO

Este subsistema es abastecido por evaporaciones, este vapor de agua puede ser desplazado a partir del proceso de circulación atmosférica, en las cuales si se presenta un entorno atmosférico adecuado este vapor podrá abandonar su estado para pasar a formar parte de las precipitaciones.

2.2.1.2. SUBSISTEMA DEL AGUA SUPERFICIAL

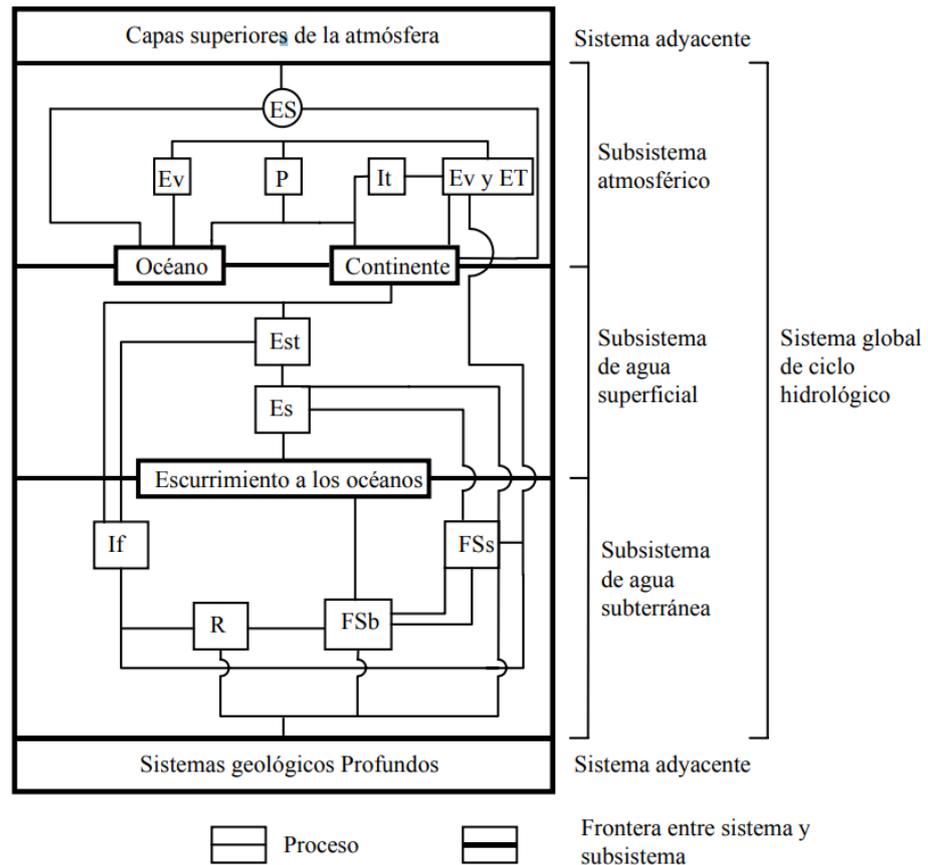
Este subsistema se considera como el inicio, debido a que una vez el agua interceptada sea eliminada, la precipitación que queda se transformará en escurrimiento sobre el terreno, por lo cual esa precipitación restante llegará a la parte del drenaje del área donde se suscita la precipitación.

2.2.1.3. SUBSISTEMA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Este tipo se genera a partir de la precipitación infiltrada, se sabe que a mayor profundidad el agua infiltrada se ve afectada por el fenómeno denominado percolación, llegando así a la zona de almacenamiento de aguas subterráneas. Dentro de este subsistema se puede identificar 2 zonas los cuales se clasifican como flujo subterráneo y flujo superficial. Para el flujo subterráneo

se sabe que abarca grandes superficies y funciona como una salida de agua hacia otros sistemas. Para el flujo superficial se sabe que generalmente tienen un abarque local, se puede tomar en cuenta a este sistema como una salida mediante los procesos de evapotranspiración.

Figura 2
Esquema del ciclo hidrológico



Fuente: (Vélez, 2000)

2.2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA

Se puede definir como una cuenca al área que es definida a partir de características topográficas en la cual se puede drenar a partir de un curso de agua o un sistema complejo de cursos de agua que confluyen en un mismo punto de salida para que todos los caudales denominados efluentes sean descargados. Una cuenca hidrográfica puede ser aplicada como una unidad planificadora en relación a los recursos hídricos que posea. Para una cuenca se tiene que tener en consideración que estas también pueden estar compuestas por sub

cuencas de menor tamaño que descargan en un cauce principal de una cuenca a estos ríos que descargan se les denominan ríos tributantes. (Arellano, 2019)

2.2.2.1. FUNCIÓN AMBIENTAL

Este tipo de funciones se pueden reconocer a partir de las acciones:

- Sumideros de CO₂
- Recarga hídrica
- Diversidad de suelos
- Protección de biodiversidades

2.2.2.2. FUNCIÓN ECOLÓGICA

Este tipo de funciones se pueden reconocer a partir de las acciones:

- Hábitats para la fauna existente en la cuenca
- Ecosistemas adecuados para la flora
- Parámetros para la calidad del agua tanto física y química

2.2.2.3. FUNCIÓN HIDROLÓGICA

Este tipo de funciones se pueden reconocer a partir de las acciones:

- Drenar las aguas precipitadas
- Abastecer las fuentes de aguas subterráneas
- Abastecer las fuentes de aguas superficiales

2.2.2.4. FUNCIÓN SOCIOECONÓMICA

- Este tipo de funciones se pueden reconocer a partir de las acciones:
- Abastecimiento de recursos renovables
- Abastecimiento de recursos no renovables
- Zonas de expansión social
- Zonas de desarrollo cultural

2.2.3. ELEMENTOS DE UNA CUENCA

Para la caracterización de una cuenca se tienen que tener en cuenta los siguientes elementos:

2.2.3.1. DIVISORIA DE AGUAS

Se denomina a divisoria a la línea imaginaria que cumple la función de limitante de vertientes hidrográficas contiguas estas se ubican en partes altas de las montañas que contienen a todas las vertientes que en una precipitación drenan en agua en un solo punto.

Figura 3
Divisoria de aguas



Fuente: (Arellano, 2019)

2.2.3.2. RÍO PRINCIPAL

Este elemento de la cuenca se define como el río con mayor longitud con una conducción de caudal alta para los tramos alto, medio y bajo. Este elemento presenta las siguientes características:

- **Curso superior:** Característicamente esta parte del curso posee un volumen de caudal bajo provenientes de manantiales, deshielo o aforamientos. La calidad del agua para este tramo del cauce suele ser la más óptima debido a que en su entorno no se encuentran factores contaminantes. Con relación a la velocidad del flujo esta tienden a ser altas por cauce de los relieves montañosos con pendientes fuertes y por el mismo motivo el poder erosivo del flujo es alto.
- **Curso medio:** En este tramo del cauce se presentan caudales constantes en todo el año hidrológico por lo cual se puede ejecutar obras hidráulicas en la zona para el aprovechamiento hídrico. Para este tramo del cauce la calidad del agua es cuestionable debido a que en esta zona se encuentran establecimientos urbanos es por ello que en el agua se encontraron evidencia de pesticidas y herbicidas.
- **Curso inferior:** Para este tramo del cauce se presentan secciones de cauce anchos y profundos, los valores de caudales son muy altos con velocidades bajas lo cual generan efectos de sedimentación en el cauce, las estructuras planteadas en este tramo del cauce son más de encausamiento debido a que en esta zona se presentan eventos inundaciones.

Figura 4
Figura 1 Río Principal



Fuente: (Arellano, 2019)

2.2.3.3. AFLUENTE

Se define a un afluente a los ríos secundarios que componen una cuenca hidrográfica los cuales tributan al río principal, este tipo de ríos presentan la problemática de contaminación debido a que estos cuerpos de agua se encuentran en la zona agrícola y ganadera, estos ríos se pueden clasificar a partir de su incidencia temporal de la siguiente manera:

- Perennes: Son ríos que tienen agua todo el año, mantenidos por las aguas subterráneas en épocas de sequía.
- Intermitentes: Ríos que se generan en temporadas lluviosas.
- Efímeros: Generados por precipitaciones inmediatas formados por escurrimientos superficiales.

2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA

A partir de la identificación de las características de una cuenca se pueden determinar algunos comportamientos de la cuenca frente a eventos hidrológicos y con ello poder plantear medidas de reacción más óptimas.

2.2.4.1. ÁREA DE DRENAJE

Se define como área de drenaje a la proyección horizontal que la limitada por la línea divisoria de aguas. La determinación del valor del área de drenaje se puede realizar a partir de la aplicación de programas SIG las cuales facilitan el proceso manual de la determinación del valor, esta misma metodología se aplican con el uso de imágenes satelitales o con información levantadas mediante metodologías de fotogrametría ejecutadas en la cuenca de interés. En el Perú las imágenes para la delimitación de cuencas se pueden obtener de las cartas nacionales las cuales las brinda los sistemas de información estatales.

2.2.4.2. FORMA

Para una cuenca hidrológica la forma está directamente influenciada por los factores geológicos presentes en la zona de interés y afecta directamente al valor del tiempo de concentración de la cuenca, el tiempo de concentración se define como el intervalo de tiempo en que una gota de lluvia demora en recorrer toda la cuenca hasta el punto de desfogue de la cuenca.

Los valores del factor de forma afecta directamente a los valores del índice de Gravelius, el índice se basa en la relación que se presenta entre el perímetro y el área de la cuenca, el cual se relaciona con cuan circular es la cuenca de interés con lo cual se puede conocer uno de los indicadores de las tendencias de inundaciones, otro de los índices que se relaciona con el factor de forma es el de Horton el cual identifica que tan cuadrada es la cuenca. Finalmente se puede decir que el valor de forma de una cuenca tiene una alta influencia en la reacción de la cuenca frente a una precipitación, dicho esto si la cuenca presenta una forma muy circular las zonas limítrofes de la cuenca se encuentran más cerca al cauce principal a diferencia de una cuenca con forma ovalada, esto pues se puede transformar en menos periodo de tiempo en que

la precipitación llegue a el cauce principal y con ello hay una mayor probabilidad a inundaciones, pero este factor no es determinante ya que también se tiene que tener en cuenta las características de suelo y los valores del tiempo de concentración.

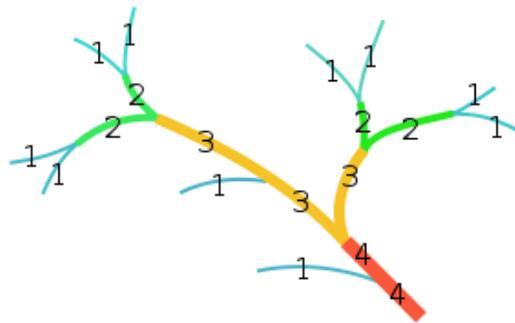
2.2.4.3. SISTEMA DE DRENAJE

Dentro de la caracterización del sistema de drenaje de una cuenca se tiene que tener en cuenta:

- Grado de ramificación

Se define como grado de ramificación a las nacientes o ríos que no cuentan con otro río tributarios, a dichos ríos se los clasifica como ríos de orden 1, para los ríos en los cuales tributan dos ríos de orden 1 se les denomina ríos de orden 2 y así para todos los ríos que conformen la cuenca, los patrones que formes los ríos y sus tributarios depende netamente de las condiciones topográficas, clima, geología y tipos de suelo que existan en la cuenca a analizar.

Figura 5
Orden de los ríos de una cuenca



Fuente: (Arellano, 2019)

- Densidad de drenaje

La densidad de drenaje se plantea como la relación que existe entre la longitud de los cursos de agua con el área total. Este valor representa la longitud por unidad de superficies. Estos valores dependen principalmente de la permeabilidad del suelo, clima y

vegetación que presenta la cuenca.

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

El cual se puede clasificar a partir del resultado los siguientes valores:

Tabla 1
Clasificación de la densidad de drenaje

Tipo de cuenca	Valor
Drenaje pobre	$Dd < 0.5 \text{ km/km}^2$
Drenaje regular	$0.5 < Dd < 1.5 \text{ km/km}^2$
Drenaje bueno	$1.5 < Dd < 2.5 \text{ km/km}^2$
Drenaje muy bueno	$2.5 < Dd < 3.5 \text{ km/km}^2$
Excepcionalmente bien drenadas	$Dd > 3.5 \text{ km/km}^2$

Fuente: (Arellano, 2019)

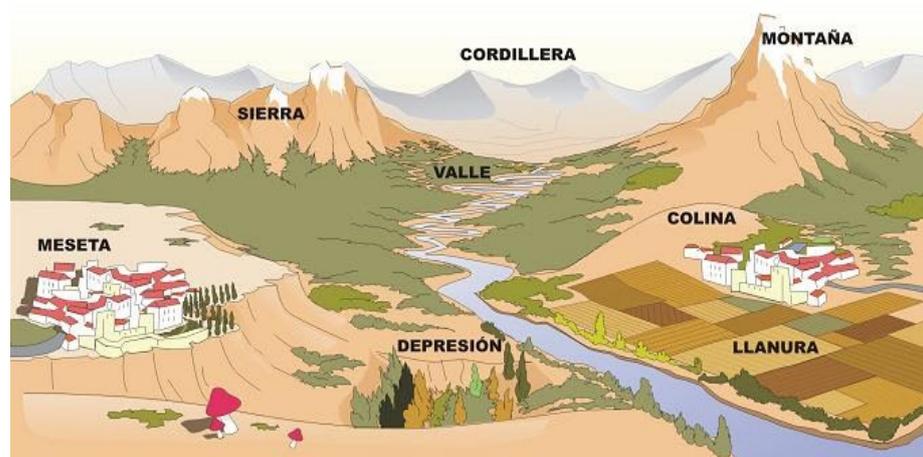
2.2.4.4. RELIEVE

Se define a relieve de una cuenca a la formación morfológica la cual se formó en un largo periodo de tiempo por acciones de compresión y fuerzas externas que moldean el terreno en la cual se forma la cuenca. Dentro del relieve se puede considerar las siguientes formas:

- Llanura: Zona de amplia extensión con poca presencia de ondulaciones generalmente ubicadas a los 500 msnm, estas zonas generalmente se encuentran rodeadas de montañas o colinas de manera parcial. Esta zona es característicamente ocupada por asentamientos humanos ya que en ellas se pueden desarrollar actividades agrícolas y agropecuarias.
- Depresión: Este tipo de formación se caracteriza por encontrarse a una altura menor que las zonas circundantes.
- Colina: Acumulación de terreno característicamente con menor altura que los 300 metros, su formación obedece a la presencia de fallas geológicas o accidentes de terreno.

- Valle: Es una formación tipo llanura que se limita a partir de cadenas montañosas por lo general contiene ríos dentro de su parea, característicamente usados para actividades agrícolas y ganaderas.
- Montaña: Acumulación de terreno por lo general supera a los 300 m en comparación con las colinas.
- Cordillera: Agrupación de montañas plegadas unas con otras.

Figura 6
Relieve de una cuenca



Fuente: (Arellano, 2019)

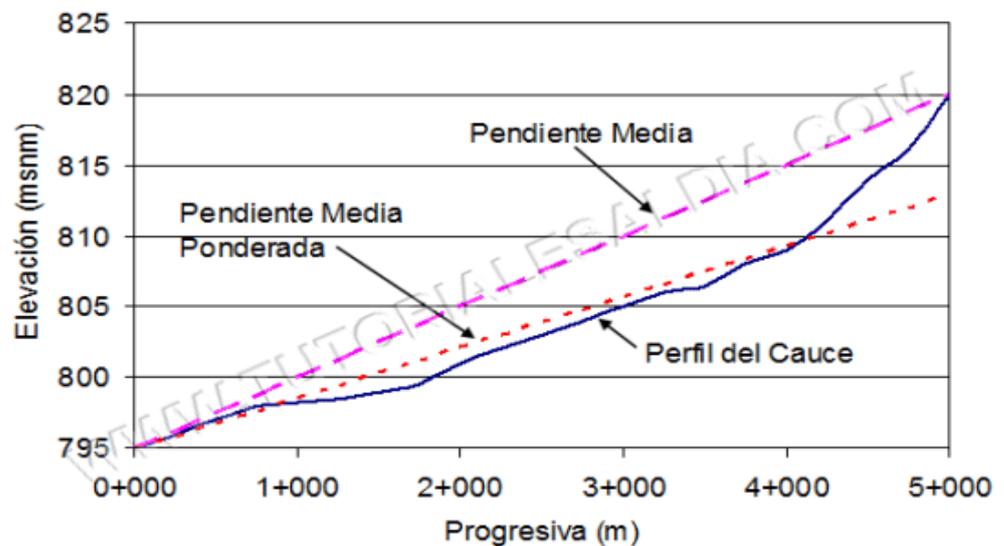
2.2.4.5. PENDIENTE

Esta es una característica determinante para la respuesta de una cuenca frente a una precipitación, debido a que dicha característica es determinante para el escurrimiento ya que a una mayor pendiente le corresponde una mayor velocidad a los cauces y por ello un menor tiempo de concentración. Para el cálculo de la pendiente se pueden aplicar cualquiera de los siguientes métodos:

- Desnivel entre extremos de cauce: Se calcula a partir de la diferencia entre la altura del inicio y del final del cauce entre la longitud total del mismo.

- Pendiente promedio: Se determina a partir del trazo de una línea recta que compense las áreas superiores e inferiores del perfil del cauce.
- Pendiente 15-85: Se determina con la misma metodología de la compensación, pero para este método se descartan el 15% de las pendientes iniciales y finales del cauce debido a que en el inicio poseerá una pendiente alta y por el final una pendiente muy plana.

Figura 7
Pendiente Vs Perfil de Cauce



Fuente: (Arellano, 2019)

2.2.4.6. TIPO DE SUELO

La caracterización del tipo del uso de suelo se ve directamente relacionado con las cantidades de agua que se puede infiltrar o verse afectado por la percolación, adicionalmente a ello se tiene también que los usos de suelo afectan directamente a la calidad del agua que recorra por la cuenca, también se ve directamente relacionado con cada uno de los procesos del ciclo hidrológico. Dependiendo de si las características de suelo son urbanas o de vegetación pueden afectar directamente al proceso de infiltración o intercepción, por otro lado, si se tiene una cuenca con un uso agrícola esto puede generar una mayor evapotranspiración,

adicionalmente a ello si la cuenca es una cuenca urbana esto podría tener efectos frente a la reacción ante eventos naturales ya que una evacuación sería más complicada que al tener una cuenca catalogada como área de reserva natural.

2.2.5. CLASIFICACIÓN DE CUENCAS

La clasificación de las cuencas se puede realizar a partir de los parámetros geomorfológicos que presente, con ello se puede clasificar de las siguientes maneras:

2.2.5.1. POR SU TAMAÑO

Por el área superficial de la cuenca se pueden clasificar de las siguientes formas:

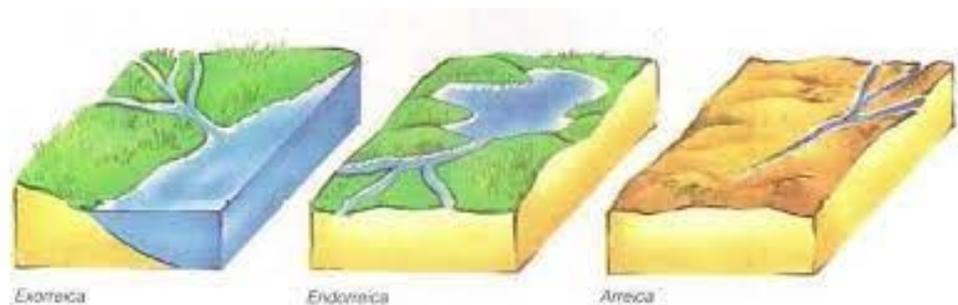
- Cuenca muy grande: Contiene una superficie mayor a los 5000 km².
- Cuenca grande: Cuencas con una superficie entre el rango de 2500 a 5000 km².
- Cuenca intermedia grande: Cuencas con una superficie entre el rango de 500 a 2500 km².
- Cuenca intermedia: Cuencas con una superficie entre el rango de 250 a 500 km².
- Cuenca pequeña: Cuencas con una superficie entre el rango de 25 a 250 km².
- Cuenca muy pequeña: Cuencas con una superficie entre el rango menor a 25 km².

2.2.5.2. POR LA UBICACIÓN DE LA DESEMBOCADURA

A partir de la ubicación de si la desembocadura de la cuenca es al océano o hacia otros cuerpos de agua, se puede clasificar como:

- Cuenca endorreica: Cuencas con punto de salida se encuentra dentro de la misma cuenca, una de las posibilidades puede ser un lago o una laguna.
- Cuenca exorreica: El punto de salida de la cuenca se encuentra en un río que finalmente desemboca en el océano.
- Cuenca arreica: Es aquella cuenca cuyo punto de desembocadura no desemboca en cuerpos de agua, sino que se filtra al subsuelo o evapora.

Figura 8
Cuencas por su desembocadura



Fuente: (Arellano, 2019)

2.2.5.3. POR SU USO

Si bien las cuencas no solo se usan para un solo fin sino que se presentan como una serie de usos, estas se pueden agrupar de acuerdo al uso principal que se le asigne o en el cual base su aprovechamiento, de las cuales se puede clasificar como:

- Abastecimiento de agua potable
- Agua para regadíos
- Aguas para navegación

2.2.6. PRECIPITACIÓN

Se plantea como lluvia a las precipitaciones de partículas líquidas de agua con un diámetro mayor de 0.5 mm o de gotas menores, pero con distribuciones dispersas. Los eventos de lluvia se generan a partir de 3 factores como la presión, temperatura y radiación solar.

2.2.6.1. ORIGEN DE LAS PRECIPITACIONES

A partir del proceso en que el aire asciende se puede clasificar a las precipitaciones como:

- Lluvias convectivas: Formado a partir de la ascendencia del aire calentado en el lugar de la precipitación, este tipo de lluvias se dan en zonas con gran insolación y alta humedad.
- Lluvias orográficas: Se genera a partir de la acción de vientos húmedos en zonas con relieves montañosos.
- Lluvias frontales y ciclónicas: Generadas por acción de frentes fríos, calientes y ocluidos.

Generalmente las precipitaciones que se generan en la realidad no son exclusivas de un solo tipo, sino que en ocasiones se genera por la combinación de las causas, modificando así los tiempos de duración e intensidad.

Figura 9
Tipos de lluvia



Fuente: (Gutiérrez, 2014)

2.2.6.2. ANÁLISIS Y COMPLEMENTO DE INFORMACIÓN

En ocasiones es necesario estimar lluvias puntuales en zonas cercanas a las estaciones meteorológicas, esto pues genera la necesidad de completar valores registrados o calcular la lluvia representativa en una zona de interés. Comúnmente en trabajos de hidrología uno de los factores a emplear más recurrentes son las

informaciones de lluvias y como estas se trabajan en series continuas, se deben completar la información no recolectada, las cuales se pueden determinar a partir de las siguientes metodologías:

- Promedio aritmético: Esta metodología se sustenta a partir de la media de valores que pertenecen a 2 o más estaciones cercanas los cuales se denominan como índices. La consideración a tomar en cuenta es que la variación de los valores no debe superar al 10% de la precipitación normal de la estación que se requiere completar.
- Proporción normal: Esta metodología se basa en ponderar los valores lecturados para en estaciones cercanas proporcionadas con el valor de lluvia en un año determinado en la estación de interés, esta expresión se puede traducir en:

$$P_x = \frac{1}{3} \left[\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \frac{N_x}{N_C} P_C \right]$$

Del cual se sabe:

P_x = Dato a estimar

N_A, N_B, N_C = Precipitación anual normal de estaciones base

P_A, P_B, P_C = Precipitación de las estaciones base en el periodo de interés

N_x = Precipitación anual normal para la estación de interés.

- Análisis de regresión: Generalmente se puede identificar que en una serie de valores que posee una regresión de valores con respecto de otra, se puede plantear una línea que se denomina como línea de regresión que generalmente se pretende ajustar a las nubes de punto que se tiene, de los tipos de regresión se pueden identificar los siguientes métodos:

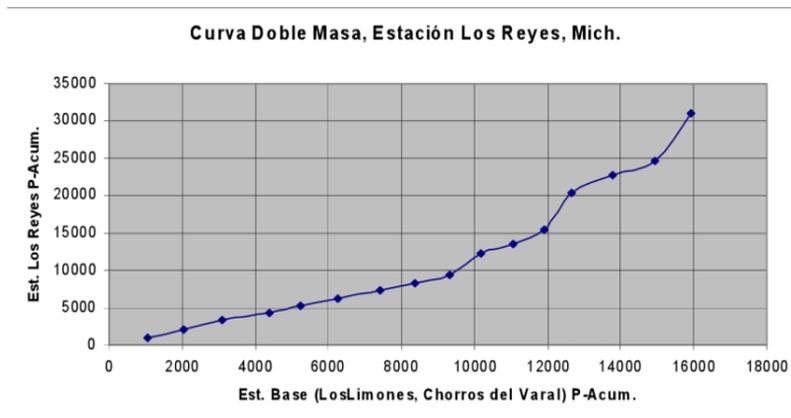
- Regresión lineal simple
- Regresión lineal múltiple
- Regresión no lineal

2.2.6.3. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA Y AJUSTE DEL REGISTRO PLUVIOMÉTRICO

Para las series de datos aplicados a estudios hidrológicos se tiene que realizar una identificación de inconsistencias o heterogeneidades. Las inconsistencias pueden ser generadas por diversos factores antrópicos o fallas en la calibración del equipo de registro. Es por ello que se hace necesaria la aplicación de técnicas con el fin de corregir los errores para no alterar el proceso de los resultados, los cuales son:

- Dobles masas: Esta metodología se sustenta a partir de la elaboración de una gráfica de precipitaciones acumulados de la estación con la cual se pueda establecer la consistencia de los valores, en comparación con los valores de la media acumulada de las estaciones que caracterizan sus datos con una consistencia alta al cual se denomina “Patrón de Precipitaciones”

Figura 10
Tipos de lluvia



Fuente: (Gutiérrez, 2014)

Si de la gráfica se puede identificar que ambas series mantiene una relación estable, ósea que los incrementos corresponden de manera proporcional a los valores de referencia, y por lo mismo tendrá una tendencia lineal, en caso contrario la serie presente quiebres en su gráfica se considerará que la estación no posee valores estables para la investigación hidráulica.

2.2.7. PRUEBA DE CONSISTENCIA Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

De lo realizado con la metodología de dobles masas se puede identificar las inconsistencias de las series de los datos, sin embargo, esta metodología no introduce los valores de grado con el cual se pueda demostrar la inconsistencia de los valores dando así paso a la determinación de dicho factor a partir de los siguientes aplicativos estadísticos:

- Método Wilcoxon o Mann-Whitney: Para la comprobación de 2 muestras independientes $(c_i, y_i)(i=1\dots n, j=1\dots m)$ que se generan o no de la misma población de análisis pero no necesariamente con una distribución normal.
- Método Mann-Kendall: Para la detección de tendencias y por consecuente la determinación de las inconsistencias en la serie de

datos, esta metodología también sirve para la caracterización de los valores entremezclados.

- Método de Von Neumann: Para esta metodología facilita aplicar la información de carácter regional de manera similar a las de las dobles acumulaciones.
- Método Kolmogorov-Smirnov: Esta metodología sirve para contrastar la homogeneidad entre series, con esta metodología se puede determinar las desviaciones acumuladas estandarizadas.

2.2.8. REGISTROS PLUVIOMÉTRICOS

Se sabe que las precipitaciones suscitadas en un punto determinado son procesos denominados estocásticos con características de periodicidad e intensidad variable, es por ello que se para el análisis de una precipitación se tiene que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Intensidad promedio de lluvia
- Intervalo temporal entre precipitaciones
- Volumen de precipitación
- Duración de lluvia

Para los cálculos de precipitación uno de los parámetros más importante es la del volumen total (P), el cual puede ser determinado a partir de la ecuación:

$$P = I \times t$$

De la expresión se sabe:

I = Intensidad media

t = Duración

Esta expresión puede ser aplicada para otras unidades de la siguiente forma:

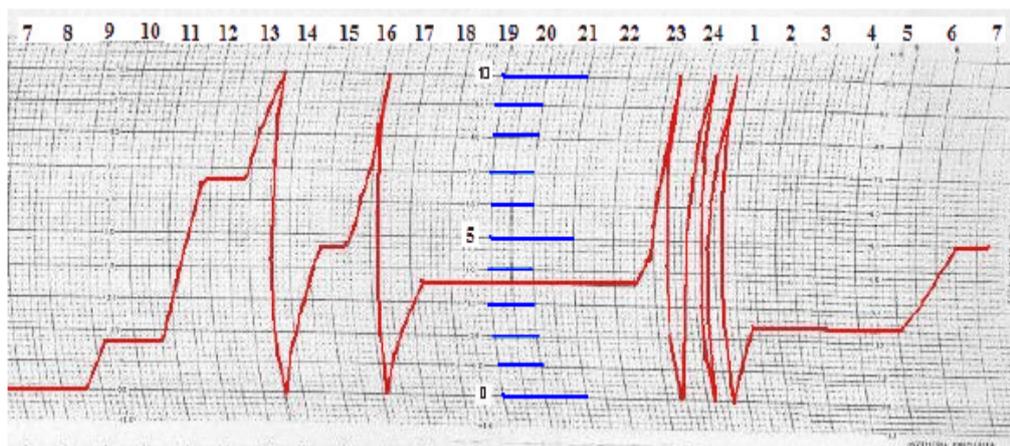
$$I = \frac{P \times 60}{t}$$

De la expresión se sabe:

I = Intensidad en mm/h

t = Duración min

Figura 11
Pluviograma

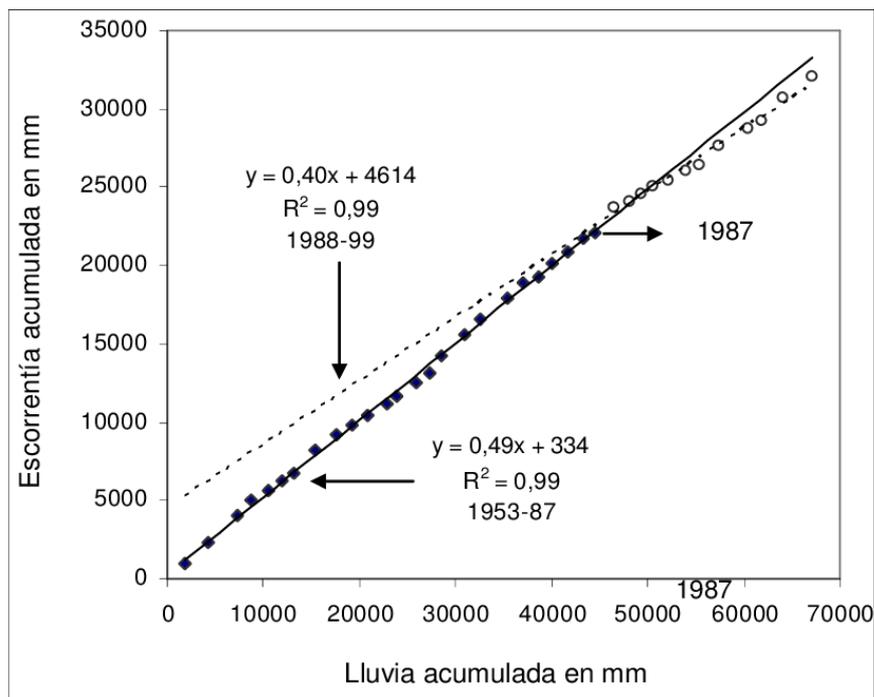


Fuente: (Gutiérrez, 2014)

2.2.8.1. CURVAS DE MASA

Por lo general los valores de precipitación de una tormenta que han sido registrados por una o varias estaciones, estos valores generalmente son registrados de manera acumulada en mm relacionado directamente en un determinado tiempo hrs, estos gráficos son catalogados como curvas de masa para precipitación.

Figura 12
Curva masa

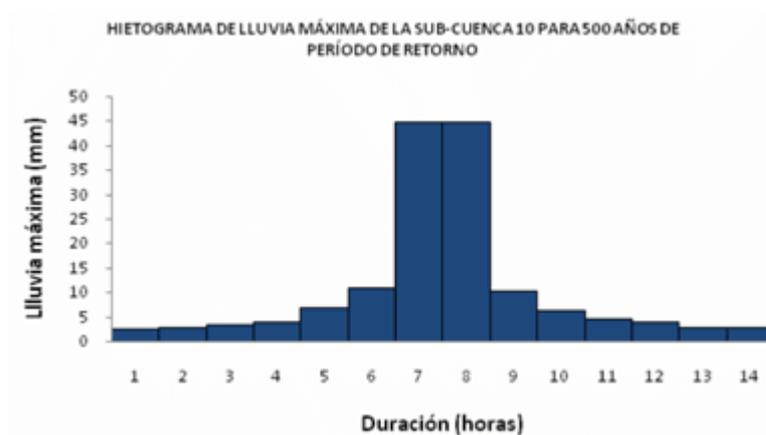


Fuente: (Gutiérrez, 2014)

2.2.8.2. HIETOGRAMA

Generalmente las precipitaciones se distribuyen en un gráfico de barras que se representa a partir de intervalos de tiempo en relación a la precipitación, a este diagrama se le denomina hietograma.

Figura 13
Hietograma



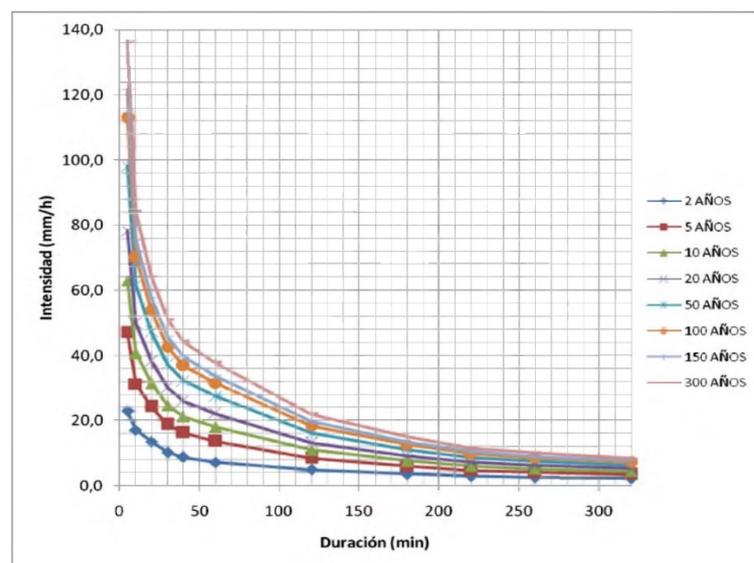
Fuente: (Gutiérrez, 2014)

2.2.8.3. ANÁLISIS DE LLUVIAS

Los valores de la precipitación cambian con respecto al tiempo en una misma tormenta y en diferentes duraciones, es por ello que se determina para la investigación el análisis debe incluir tanto las alturas de precipitación, duración y la intensidad, esto se denomina curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).

Para los proyectos hidráulicos se requiere plantear el evento de lluvia que se van a usar para la determinación del diseño, esto se realiza a partir del análisis de una tormenta de diseño o algún tipo de evento de precipitación que incluya la intensidad de lluvia dentro de sus parámetros, duración y sus frecuencias con los respectivos periodos de retorno para la obra a diseñar. El análisis se puede realizar a partir de las duraciones de 5, 10, 15, 30 45 minutos o 1, 2, 3, 6, 12, 24 hrs. Los valores mínimos se encuentran a los 5 minutos o en 24 hrs como máximo. Para la gráfica de la curva IDF se relaciona los valores de intensidad (I) en relación con la duración (D) en escala logarítmica en los periodos de retorno requerido para el diseño.

Figura 14
Hietograma



Fuente: (Gutiérrez, 2014)

2.2.8.4. VARIABILIDAD DE PRECIPITACIÓN

Los eventos de precipitación varían de acuerdo a la ubicación espacial en la que se encuentre que se relaciona directamente con los factores de circulación atmosférica conjuntamente con los factores locales en las que se encuentra. Para la investigación hidrológica uno de los factores determinantes para la realización, es la recolección de información de precipitaciones, dicha información se calcula a partir de las alturas de lluvia medidas en mm. Para la evaluación de precipitaciones puntuales en una zona, es importante basar los cálculos con información perteneciente a una red pluviométrica, las determinaciones se pueden realizar a partir de las siguientes metodologías:

- Método de la media aritmética: Es de las metodologías más simples en la cual se estima el promedio de precipitación tomando en consideración a los estacones pluviométricos que se encuentran dentro de la cuenca de análisis, para que los valores tengan una información representativa se tiene que considerar solo estaciones que se encuentren en una red con datos de densidad consistente a partir de la siguiente expresión:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

De la cual se sabe:

P_i = Precipitación media de las estaciones i

n = Cantidad de estaciones dentro de la cuenca

- Media aritmética relacionada a la altitud y orientación de la cuenca: esta metodología se basa en las características de altitud y orientación de la cuenca que se relacionan entre si mediante polígonos de influencia, a partir de la siguiente expresión:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i P_i}{A}$$

Del cual se sabe:

A = Área de la cuenca

- Metodología de Thiessen: Esta metodología se basa en que en cualquier parte de una cuenca las precipitaciones son las mismas para las registradas en las estaciones cercanas, el cual se puede expresar con la siguiente expresión:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i P_i}{A}$$

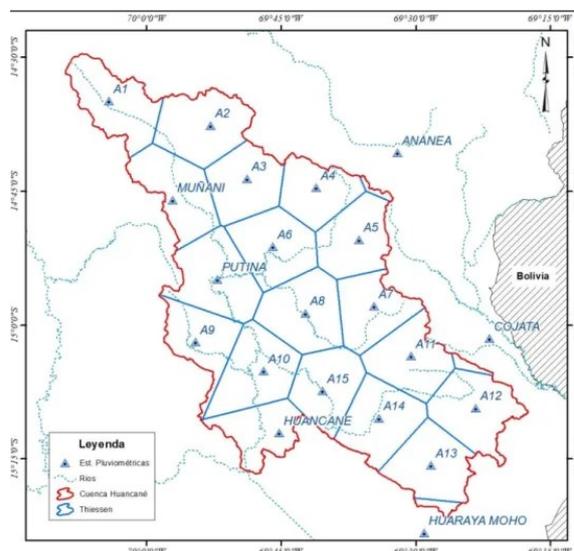
Del cual se sabe:

a_i = Área de influencia del polígono

P_i = Precipitación de una estación determinada

A = Área de la cuenca

Figura 15
Polígono de Thiessen



Fuente: (Gutiérrez, 2014)

- Método de la media aritmética relacionada con las alturas: Esta metodología se aplica de la misma manera que en los polígonos de Thiessen adicionándole el parámetro altitudinal entre dos estaciones cercanas de la cuenca, esta metodología al igual que la de Thiessen presentan una alta dificultad debido a la inclusión de varios parámetros y la relación con la expresión matemática.
- Interpolación en relación a la distancia: Aun así, las metodologías presentan un análisis de las distancias en las formulaciones, se tiene que plantear una vista generalizada la siguiente expresión que da un análisis más profundo de los valores en distancia vinculadas con la precipitación:

$$p(x, y) = \frac{\sum_i^N \frac{p_i}{d_i^b(x, y)}}{\sum_i^N \frac{1}{d_i^b(x, y)}}$$

De la expresión se sabe que N y b son los parámetros que identifican a la forma, dentro de ella se encuentran las características topográficas, las características de lluvia y incluso la densidad de la red hidrológica.

- Método de las isoyetas: Esta metodología se basa en el trazo de los datos pluviométrico. Los resultados obtenidos se representan de manera similar a las de las líneas topográficas de curvas de nivel, pero representado por el valor de lluvia constante, dichas isoyetas se trazan sobre los planos topográficos y estas a su vez separan las zonas de precipitación mayor de una de zonas con precipitaciones menores, generalmente los valores e las isoyetas se trazan cada 100 en 100 mm, en algunos casos los intervalos pueden variar. Los valores de la precipitación promedio se puede establecer a partir de la siguiente expresión:

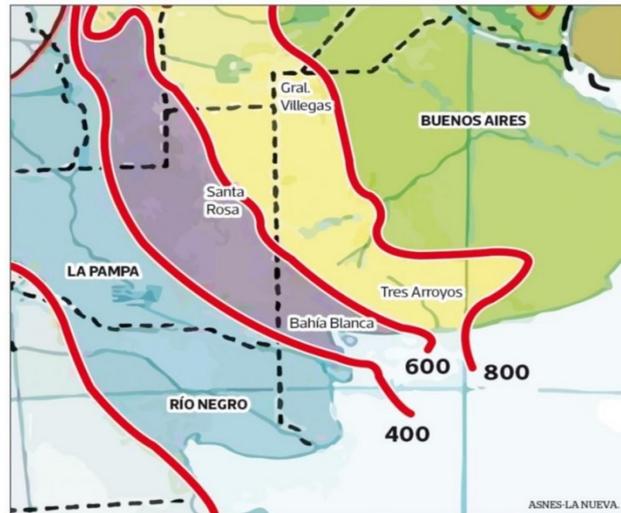
$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i P_i}{a_i}$$

De la expresión se puede establecer:

a_i = Área entre isoyetas

P_i = Valor promedio entre isoyetas

Figura 16
Polígono de Thiessen



Fuente: (Gutiérrez, 2014)

2.2.9. CRECIENTES

Se puede definir a una crecienete como la ocurrencia de un evento que genere un incremento de los caudales de una forma relativamente grande, esto puede ocasionar inundaciones o fallas estructurales en algunas edificaciones:

2.2.9.1. CÁLCULO DE CRECIENTES

Para el diseño de las estructuras hidráulicas es necesario obtener el hidrograma de crecienete con lo cual se puede analizar desde el inicio del aumento de la escorrentía superficial hasta el que finalice esta.

2.2.9.2. PRONÓSTICO DE CRECIENTES

Para el cálculo de la crecienete se realiza a partir de extrapolaciones con los datos históricos para las situaciones

críticas, se puede plantear que si se tiene los n años de datos históricos y se necesitan calcular los valores de caudal establecidos para un periodo de retorno de m años, de la cual se puede establecer $m > n$.

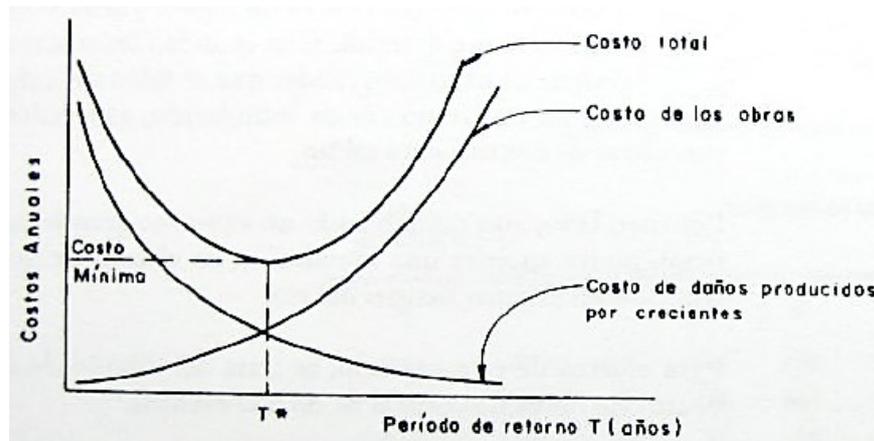
2.2.9.3. PERIODO DE RETORNO (T)

Se denomina periodo de retorno al tiempo en promedio, en años en el cual el valor del caudal pico estimado en una creciente puede ser igualado o superado al menos una vez, este valor se puede estimar a partir de los siguientes factores:

- Criterios económicos: Estos se fundamentan en la comparación de los costos anuales de obras frente a los daños generados por el incremento de los caudales.

Figura 17

Costos anuales para determinación de PR



Fuente: (Villón, 2004)

- Criterios usuales: Para la determinación del periodo de retorno generalmente cuando se tienen estructuras hidráulicas se tiene en cuenta los siguientes parámetros:
 - ❖ Vida útil
 - ❖ Tipo de estructura
 - ❖ Fragilidad de mantenimiento
 - ❖ Peligro de vidas humanas

Tabla 2
Clasificación de la densidad de drenaje

Tipo de proyecto	Periodo de retorno
Desviación de crecientes en proyectos hidroeléctricos	25 a 50 años
Rebosaderos para crecientes de proyectos hidroeléctricos, dependiendo de si la presa es de tierra o enrocado o de concreto	Mayor o igual a 1000 años, o criterio de creciente máxima probable
Colectores de aguas lluvias en ciudades, dependiendo del tipo de zona dentro de la ciudad	2 a 10
Alcantarillas para carreteras	11 a 5

Fuente: (Villón, 2004)

- Criterio de riesgo: Otro de los criterios estimados para la elección del periodo de retorno es del análisis de riesgo por falla de una determinada estructura debido a un fallo en cierta cantidad de años, esta metodología se puede aplicar a partir de la siguiente expresión:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - k)^{\frac{1}{n}}}$$

Tabla 3
Valores del periodo de retorno

Riesgo permisible	Vida útil de la obras, n (años)									
	k	1	2	3	5	10	25	50	100	200
0.01	10	199	299	498	995	2488	4975	9950	1990	0
0.02	50	99	149	248	495	1238	2475	4950	9900	
0.05	20	39	59	98	195	488	975	1950	3900	
0.10	10	19	29	48	95	238	475	950	1899	
0.25	4	7	11	18	35	87	174	348	695	
0.50	2	3	5	8	15	37	73	145	289	
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	18	37	73	144	
0.99	1.0	1.11	1.27	1.86	2.7	5.9	11	22	44	

Fuente: (Villón, 2004)

2.2.9.4. ANÁLISIS DE NATURALEZA DE LOS CAUDALES

Debido a que las precipitaciones no son completamente aleatorias ya que estos dependen de algunas variables como la geología, vegetación, topografía, etc. La naturaleza de los datos recolectados se puede ajustar a las siguientes distribuciones estadísticas:

- ❖ Distribución Normal
- ❖ Distribución Log-normal
- ❖ Distribución de Gumbel
- ❖ Distribución Log-Gumbel
- ❖ Distribución Pearson Tipo III
- ❖ Distribución log-Pearson Tipo III
- ❖ Método de Fuller

2.2.9.5. MÉTODOS DE PRONÓSTICOS DE CRECIENTES BASADO EN LLUVIA

- Hidrograma unitario: A partir de la realización de un diagrama unitario de la tormenta generada, se puede calcular el hidrograma de crecida de escorrentía superficial que corresponda a una precipitación dada. Cada tipo de lluvia se encontrará con un periodo de retorno que es equivalente al periodo de retorno de la creciente.
- Fórmula general: la cual se basa a partir de la siguiente expresión:

$$Q = C i_m A$$

De la expresión se sabe:

$$Q = \text{Caudal pico}$$

i_m = Intensidad media

A = Área de la cuenca

C = Coeficiente de escurrentía

- Ecuación de Fhruling:

$$\frac{i}{i_0} = 1 - 0.009\sqrt{r}$$

De la cual se sabe:

i = intensidad de lluvia en distancia r del centroide de la tormenta

i_0 = intensidad de lluvia en el centro de la tormenta

r = distancia al centro de la tormenta

- Fórmula de Kirpich para el tiempo de concentración

$$T_c = \left(11.9 \frac{L^3}{h}\right)^{0.385}$$

De la expresión:

T_c = Tiempo de concentración en hrs

L = Longitud de cauce millas

h = Variación de elevación pies

Fórmula de Hathaway

$$T_c^{2.14} = \frac{2}{3}nL\sqrt{S}$$

De la expresión:

T_c = Tiempo de concentración en min

L = Longitud de canal pies

S = Pendiente media

n = coeficiente de rugosidad

Tabla 4
Coeficiente de rugosidad

Canal	n
Limpio, orillas verticales	0.025 – 0.033
Limpio, orillas verticales con malezas	0.030 – 0.040
Serpenteante, algunos charcos	0.033 – 0.045
Tramos muy lentos	0.050 – 0.080
Tramos con muchas malezas	0.075 – 0.150

Fuente: (Villón, 2004)

- Fórmula de George Rivero

$$T_c = \frac{16L}{((1.05 - 0.2p)(100S)^{0.04})}$$

De la expresión se sabe:

T_c = Tiempo de concentración en min

p = Proporción entre área de suelo con vegetación y área total de la cuenca

S = Pendiente media

L = Longitud del canal km

- Fórmula de Burkil-Ziegler

$$Q = 0.022MRC \sqrt[4]{\frac{S}{M}}$$

De la expresión se sabe:

Q = Caudal m³/s

M = Área de drenaje hec

R = Intensidad máxima cm/hr

S = Pendiente media

C = Variable

Tabla 5
Coeficiente de rugosidad

Tipo de superficie	C
Calles pavimentadas y barrios bastante edificados	0.75
Calles comunes de ciudades	0.625
Poblados con plazas y calles en grava	0.30
Campos deportivos	0.25

Fuente: (Villón, 2004)

- Fórmula de Kresnik

$$Q = \alpha \frac{32}{(0.5 + \sqrt{A})} A$$

De la expresión se sabe:

Q = Caudal pico

A = Área de drenaje km²

α = Coeficiente 0.03-1.61

- Fórmula de Creager

$$Q = 46CA^{0.897A^{-0.048}}$$

Q = Caudal pico lt/s

A = Área de drenaje millas²

C = Coeficiente

- Fórmula de Baird y McIlwrsith

$$Q = \frac{13100A}{(107 + A)^{0.78}}$$

Q = Caudal pico lt/s

A = Área de drenaje millas²

La fórmula de Creager y la de Baird son estimaciones realizadas a partir de máximas crecientes registrada a nivel mundial.

2.2.9.6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA HIDROLOGÍA

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la hidrología son dos campos de trabajo que comparten muchos intereses. Por esa razón, cada vez más investigadores se ayudan de los SIG para la construcción de modelos hidrológicos, especialmente cuando es necesaria la representación espacial de redes de drenaje.

2.2.9.7. HEC-RAS PARA INUNDACIONES

Los modelos desarrollados por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), conocidos como los programas HEC-HMS – Sistema de Modelado Hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System), son uno de los principales modelos para la realización de estudios hidrológicos.

Con el programa HEC RAS, a partir de la geometría del cauce a estudiar y el caudal obtenido en HEC HMS para nuestra cuenca de estudio, podemos obtener la extensión de la lámina de agua y la altura de la misma en el cauce. Además, con la extensión de HEC RAS para GIS (GeoRAS), podemos obtener mapas de detalle de la extensión de la inundación y de la distribución de las velocidades de flujo.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- a) **Blance hídrico:** “Cálculo numérico basado en el principio de que el flujo de salida de una cuenca hidrográfica o masa de agua determinadas debe ser igual al flujo de entrada más o menos la variación en el almacenamiento.” (Organización Meteorológica Mundial, 2020)

- b) Caudal Crítico:** “Condición del caudal en la que la velocidad media corresponde a uno de los valores críticos, generalmente a la profundidad y velocidad críticas de Belanger. Se usa también con referencia a las velocidades críticas de Reynolds que definen el punto en el cual el caudal deja de ser laminar o no turbulento.” (Organización Meteorológica Mundial, 2020)
- c) Ciclo hidrológico:** “El ciclo hidrológico es un proceso continuo en el que el agua de los océanos es transportada a la atmósfera, después a la tierra, para regresar luego al océano. Hay muchos sub ciclos. La evaporación del agua tierra adentro, su subsecuente precipitación sobre la tierra y el retorno de esta agua al océano son un ejemplo.” (Vélez, 2000)
- d) Cuenca Hidrográfica:** “Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica).” (Galindo, 2013)
- e) Estación Pluviográfica:** “Registra en forma mecánica y continua la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia. Actualmente se utilizan los pluviógrafos de registro diario.” (Organización Meteorológica Mundial, 2020)
- f) Inundación:** “Es un evento natural que se traduce en el desbordamiento en las corrientes de agua, como resultado de lluvias intensas o continuas que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, inundan en general, aquellos terrenos aledaños a los cursos de agua. Las inundaciones se pueden dividir de acuerdo con el régimen de los cauces en: lenta o de tipo aluvial, súbita o de tipo torrencial y encharcamiento.” (Organización Meteorológica Mundial, 2020)

g) Prevención de riesgo: “Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible.” (Organización Meteorológica Mundial, 2020)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H_g: A partir de una evaluación frente a inundaciones se logrará elaborar mapas temáticos para la identificación de puntos vulnerables.

2.4.2. HIPÓTESIS NULA

H_o: A partir de una evaluación frente a inundaciones no se logrará elaborar mapas temáticos para la identificación de puntos vulnerables.

2.4.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVAS

H_a: Los modelos de información pluviométrica sirven en el proceso de elaboración de mapas temáticos de inundación.

H_a: La aplicación del modelo hidrológico para el río Huallaga estiman de manera eficiente los valores de caudal para la identificación de zonas de inundación.

H_a: La información cartográfica estimada para zonas de inundación se logran procesar en entornos SIG con las cuales se logran determinar mapas temáticos eficientes en casos de inundación

H_a: Planteado los mapas temáticos se logran establecer políticas de tratamientos no estructurales en caso se generen inundaciones en la zona

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Mapa temático

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Evaluación de inundaciones

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 6

Operacionalización de variables, indicadores

VARIABLES	DEFINICIONES CONCEPTUAL	DEFINICIONES OPERACIONALES	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Mapa temático	Análisis y elaboración de cartografía propia de peligrosidad, comparación con las cartografías oficiales existentes, determinación del grado de ocupación por usos antrópicos de la zona inundable, propuestas de actuación para reducir el riesgo de inundación existente debido a la alta peligrosidad de zonas	Para la elaboración de mapas temáticos para eventos de inundaciones se tiene que tener en cuenta el análisis hidráulico del río de interés, las zonas habitadas en las riberas de los ríos	Variable Dependiente	Análisis hidráulico Zonas urbanas	Desborde de agua Tirantes críticos Áreas de inundación Llanuras Viviendas comprometidas Cultivos comprometidos

próximas al cauce.
(Oliva, 2021)

Evaluación de inundaciones	Existe una gran variedad de herramientas para la estimación del riesgo de inundación o de alguna de sus componentes. Como se muestra a continuación, estas herramientas pueden ser divididas en completas o parciales según caractericen los dos componentes del riesgo o solamente una de ellas. También pueden ser divididas en cuantitativas o cualitativas, según si obtienen o no un valor	Para la evaluación de inundaciones se tiene que tomar en cuenta al análisis de precipitación, análisis hidrológico para el río Huallaga con un punto de aforo en la zona de Unguymaran y la elaboración del modelo hidráulico para el tramo de interés	Variable Independiente	Lluvias Topografía Hidráulica	Registro Histórico Intensidad Tiempo de retorno Pendiente Riberas Tirante Caudal Periodo de retorno
----------------------------	---	--	------------------------	---	--

numérico para el
riesgo (Escuder,
2018)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Para un enfoque cuantitativo se tiene en cuenta que el proceso es secuencial siendo imposible realizar saltos entre los procesos que se realicen para la investigación. (Hernández, 2014)

Dada la naturaleza de esta investigación se consideró que se tiene un enfoque **“cuantitativo”**.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Para un alcance de tipo correlacional se sabe que se realiza a partir de la asociación de variables, con la cual se pueden plantear predicciones y cuantificar las relaciones entre variables. (Hernández, 2014)

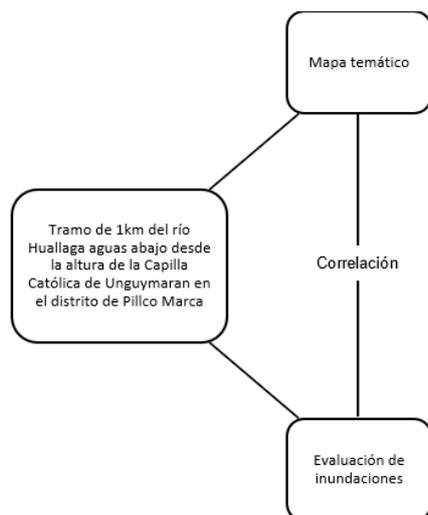
Dada la naturaleza de esta investigación se consideró que se tiene un alcance **“correlacional”** debido a la relación que se presenta entre la evaluación de las inundaciones con la elaboración de los mapas temáticos permitiendo así evaluar predicciones de inundación para diferentes periodos de retorno.

3.1.3. DISEÑO

Para un diseño no experimental se establece que para una investigación de la naturaleza no se hacen variar de manera deliberada las variables. (Hernández, 2014)

Dada la naturaleza de esta investigación se consideró que se tiene un diseño **“no experimental”**.

Figura 18
Esquema de diseño de investigación



3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Se define como población al conjunto en el cual se pretende generalizar los resultados obtenidos de la investigación. (Hernández, 2014)

La población en la cual se pretende generalizar los resultados es el cauce del río Huallaga en la Provincia de Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

Se define como muestra a parte de la población que se tomará para la aplicación de la investigación con fines de simplificar el proceso de ejecución de la investigación. (Hernández, 2014)

La muestra para la investigación se planteó al tramo de 1km del río Huallaga aguas abajo desde la altura de la Capilla Católica de Unguymaran en el distrito de Pillco Marca.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

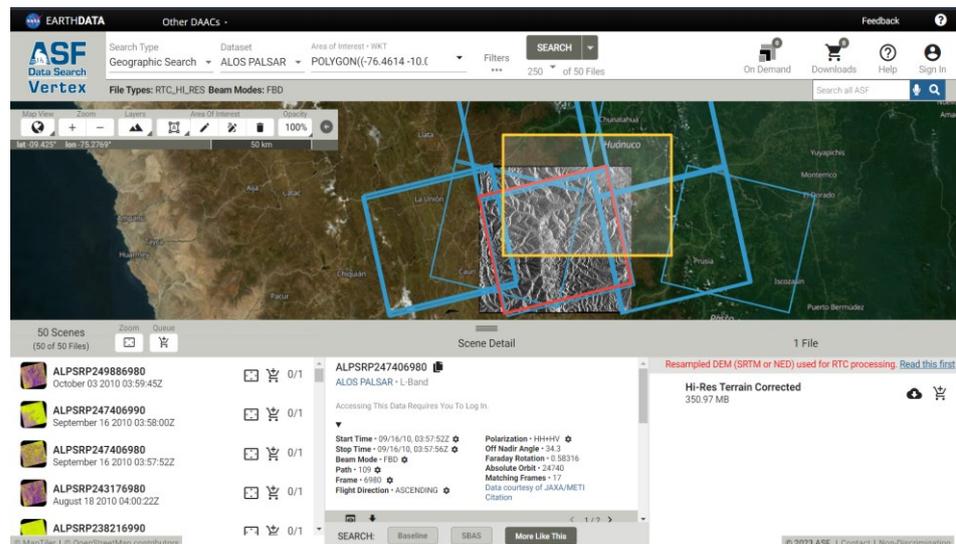
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1.1. CARACTERIZACIÓN DE CUENCA

La información relacionada con la caracterización de la cuenca se realizó a partir de la obtención de imágenes satelitales en formato raster, dichas imágenes fueron descargadas del servidor de la NASA y del satélite Alos Palsar, ya que la calidad del raster es más preciso para la superficie de la cuenca, dicha información satelital fue íntegramente procesada en el software ArcMap, dicho programa cuenta con herramientas para la delimitación automática de la cuenca a partir de la identificación de las pendientes y los causes que se logren identificar en la imagen raster.

Figura 19

Figura 1 Interfaz del sistema satelital Alos Palsar



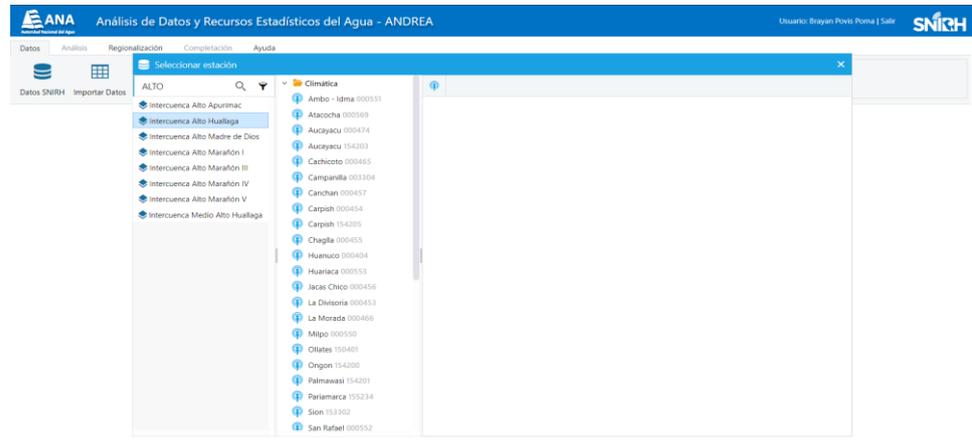
Fuente: Adaptado del sitio Web ASF, 2023

3.3.1.2. ANÁLISIS DE LLUVIAS

La serie de datos de precipitación se obtuvieron de las bases de datos que cuenta el SENAMHI, adicionalmente a ello la Autoridad Nacional del Agua (ANA), presenta en su plataforma herramientas de estimación de valores para un área determinada, dicho aplicativo es denominado ANDREA, en dicha plataforma se

encuentran valores de registro de precipitación y caudales para diversos años con los cuales se logra interpolar para un área determinada que sea de interés del usuario.

Figura 20
Interfaz del aplicativo ANDREA



Fuente: Adaptado del sitio Web ANA, 2023

Tabla 7*Ficha de recolección de precipitación SENAMHI*

DATOS DE LLUVIAS															
	DENOMINACION: LATITUD:						LONGITUD: ELEVACION:								
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP PROM	PP MIN	PP MAX
1988															
1989															
1990															
1991															
1992															
1993															
1994															
1995															
1996															
1997															
1998															
1999															
2000															
2001															
2002															
2003															
2004															
2005															
2006															
2007															
2008															

2009
2010
2011
2012
2013
N° DE DATOS
DESV.ESTANDAR
COEF.VARIACION
PRECIP.PROM
PRECIP.MAX
PRECIP.MIN

Nota. Los datos que se presentan en los registros históricos del SENAMHI no están optimizados para un análisis de máximas precipitaciones con lo cual se hizo necesario la aplicación de fichas para la organización de la data y por consiguiente a la estimación de los parámetros estadísticos que presenta la serie.

3.3.1.3. DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN

Uno de los parámetros relevantes en la estimación de las áreas de inundación es la caracterización de la topografía de la zona de interés, esta información es relevante ya que sin un modelo topográfico la estimación de las zonas de inundación es imposible estimar los efectos y las zonas más vulnerables a inundaciones.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

➤ Caracterización de cuenca

Tabla 8
Ficha de parámetros geomorfológicos

		VARIABLE	ITEM	UND	VALOR
MATRIZ DE CARACTERIZACION	GEOMORFOLOGIA	P.GEOMETRIA	AREA	km2	
			PERIMETRICO	km	
			LARGO	km	
			ANCHO	km	
	P.RELIEVE	MAXIMA COTA	msnm		
		MINIMA COTA	msnm		
		VALOR DE LA PENDIENTE MEDIA	%		
		VALOR DE CENTROIDE X	m		
		VALOR DE CENTROIDE	m		
		ALTURA DE CENTROIDE	msnm		
	INDICES DE FORMA	V.FACTOR DE FORMA	Adim		
		V.COEFICIENTE DE COMPACIDAD	Adim		
		COEF.DE ELONGACION	Adim		
		FACTOR DE CIRCULARIDAD	Adim		
	CARACTERISTICAS DE LA RED DE DRENAJE	ORDEN DE LA RED HIDRICA	Adim		
		LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL	km		
		LONGITUD TOTAL DE LA RED HIDRICA	km		

Tabla 10
Ficha de estimación del número de curva

	RANGO	PROMEDIO	AREA	VALOR PROMEDIO
NUMERO DE CURVA	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____

Nota. Con la metodología similar al de la estimación de cobertura vegetal se intersecó los límites de la cuenca con los valores establecidos en rangos con los números de curva establecidos y con dichos rangos y áreas se estableció un promedio para la cuenca de interés.

Tabla 11
Ficha de tiempo de concentración

TIEMPOS DE CONCENTRACION	KIRPICH
	TEMEZ
	JOHN CROSS
	GIANDOTTI
	SCS RANCER
	V.T CHOW
	CUERPO ING.USA
	HATHWAY
	EC.FED.A VIATION
	AC.RETARDO SCS
	VALOR SELECCIONADO

Nota. Con la identificación de las características de suelo y de escorrentía se puede establecer el periodo de tiempo de concentración, el cual sirve de base para la estimación del hietograma de intensidades con el cual se estimarán los valores de caudal.

➤ **Análisis de lluvias**

Con la recolección de los valores de lluvia se hizo necesario estimar la calidad de correlación que existen dentro de la serie muestral, para esto es necesario realizar una prueba de consistencia, para la investigación se tomó en cuenta la prueba Outlier con la cual se puedan determinar los valores anómalos y poder corregirlos a partir de interpolaciones relacionadas a las distancias que separan estaciones.

Tabla 12
Ficha Outlier

PARAMETROS ESTADISTICOS		PARAMETROS		
	P24h r	Log(P24hr)	n	0
CANTIDAD DE DATOS			Kn	
SUMATORIA			Kn	Valor recomendado , varia según el valor de n(significancia 10%)
VALOR MAXIMO			Xh	
VALOR MINIMO			PH	
MEDIA			CONCLUSIO N	EXISTEN DATOS DUDOSAS ALTO EN LA MUESTRA
VARIANZA			XI	
DESVIACION ESTANDAR			PH	
COEFICIENTE DE VARIACION			CONCLUSIO N	EXISTE DATOS DUDOSAS MINIMO DE LA MUESTRA
COEFICIENTE DE SESGO				
CONCLUSIO N	Aplicar pruebas para			

Nota. Esta ficha se rellena a partir de los valores recolectados del SENAMHI y de la ANA con la cual se establecieron los datos de análisis de precipitación.

Tabla 13
Ficha de distribución estadística

PP MAX EN 24 Hrs	
ESTACION:	
LONGITUD:	
LATITUD:	
ELEVACION:	
AÑO	PM (24 hrs) - SIST. PISCO
PRUEBA DE BONDAD	
	DISTRIBUCION Δ TEORICO
	NORMAL
	LOG NORMAL AL 2P
	LOG NORMAL AL 3P
	GAMMA 2P
	GAMMA 3P
	LOG-GUMBEL
	CONCLUSION GAMMA 3P
PRECIPITACIONES	
	PR PP(mm)
	5
	10
	25
	50
	100
	500
2013	36.68
# DE DATOS	1
SUMA	36.68
MINIMO	36.68
MAXIMO	36.68
PROMEDIO	36.68
VARIANZA	36.68
DESVIACION ESTANDAR	36.68
COEF.VARIACION	36.68
COEF.SESGO	36.68

Nota. Con la corrección de los valores y completando la información faltante de los registros de lluvia, se elabora un análisis de distribuciones estadísticas con la finalidad de estimar la proyección de valores de precipitación con los cuales se puedan estimar los valores de precipitación para diferentes periodos de retorno.

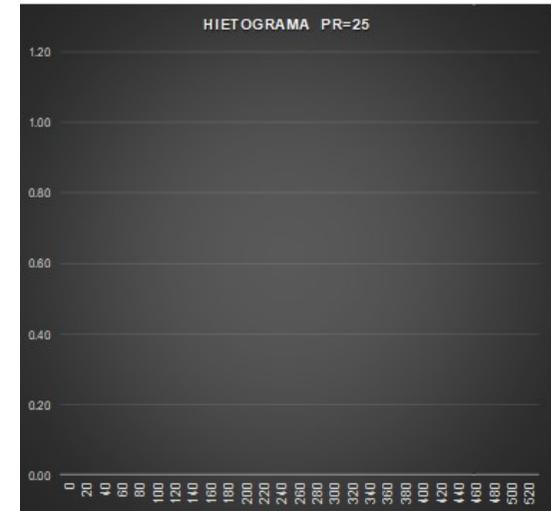
Tabla 14
Ficha de intensidades

INSTANTE (min)	INTENSIDAD (mm/h)	P. ACUMULADA (mm)	ΔP (mm)	INTENSIDAD PARCIAL (mm/h)	P ALTERNADA (mm)	ImPa ALTERNADA (mm)	P.ACUM (mm)
0							
20							
40							
60							
80							
100							
120							
140							
160							
180							
200							
220							
240							
260							
280							
300							
320							
340							
360							
380							
400							

420
440
460
480
500
520

TORMENTA DE DISEÑO

PERIODO DE RETORNO	DURACION DE TORMENTA	INTENSIDAD DE LLUVIA	P24hr (mm)	INTERVALO DE I(min)
--------------------	----------------------	----------------------	------------	---------------------



Nota. Con la estimación de los valores de precipitación para diferentes periodos de retorno se estimaron las distribuciones de intensidades para el periodo de retorno característico de la cuenca de interés, con ello se establecieron los parámetros base para la estimación hidrológica de caudales de inundación.

➤ **Estimación de caudales de inundación**

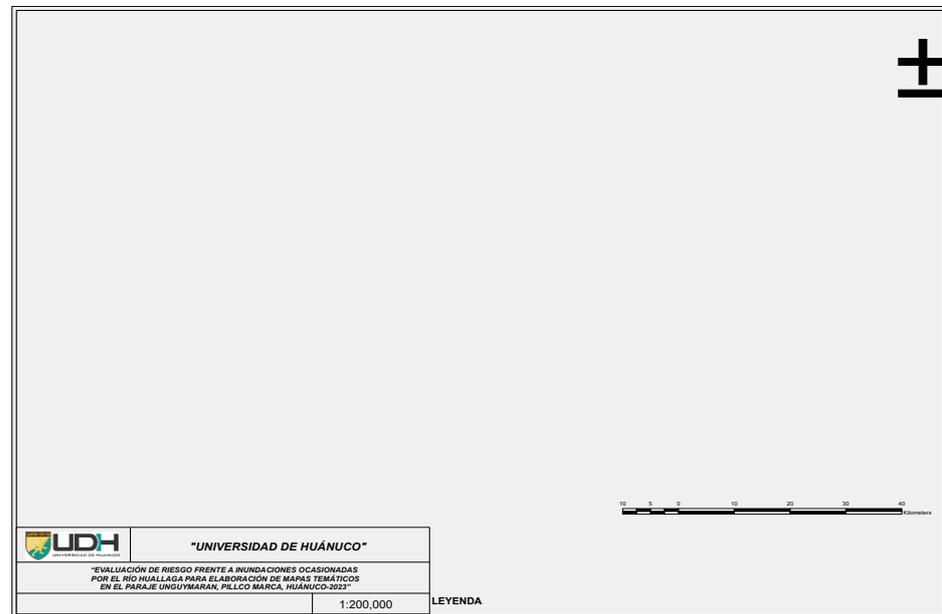
Tabla 15
Ficha de caudales de inundación

CAUDAL DE DISEÑO		
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS	VOLORES REAJUSTADO
10		
25		
50		
100		
500		

Nota. La estimación de los caudales se realizó aplicando la metodología del SCS del número de curva, esta metodología parte desde la caracterización de la cuenca juntamente con la estimación de los parámetros de intensidad e hietogramas de intensidad con las cuales se logró elaborar un modelo específico para la cuenca del río Huallaga, dando así resultados para el modelo de inundación.

3.3.2.1. DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN

Figura 21
Esquema de mapa temático



Nota. El modelo de simulación de inundaciones se realizó en la interfaz del software Hec-RAS, en la cual se pudo estimar de manera gráfica y en 2D la capa de inundación y desplazamiento de agua que se generaría si hay un incremento en el cauce del río Huallaga, con dicha capa 2D se logró trasladar la información georreferenciada a la zona de interés al software ArcMap en el cual se elaboraron los mapas temáticos siguiendo con el esquema presentado en la figura.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

3.3.3.1. CARACTERIZACIÓN DE CUENCA

Los datos geomorfológicos de la cuenca que forma el tramo del río Huallaga de interés fueron analizados íntegramente en el software ArcMap, con dicho software se logró automatizar los procesos de delimitación y estimación de parámetros geométricos y morfológicos de la cuenca, con dicha información se estimaron los valores de los índices característicos de la cuenca, dando así como resultado una caracterización numérica de la cuenca el cual sirvió como base para la fundamentación del modelo hidrológico que fue planteado posteriormente, con ello se completa el ciclo de estimación de parámetros de la cuenca.

3.3.3.2. ANÁLISIS DE LLUVIAS

Los valores de lluvia validados, completados y corregidos sirvieron como parte fundamental para la caracterización hidrológica, debido a esto fue necesario analizar con sumo cuidado la serie muestral de precipitaciones de las estaciones seleccionadas para la presente investigación debido a que si parte del modelo de datos de lluvia se altera los resultados son diferentes a los que se deberían ajustar a la realidad. Partiendo de ese punto se realizaron tanto pruebas estadísticas como es la prueba de Outlier para el descarte y recalcu de valores anómalos en la serie muestral y el análisis visual que se aplicó a partir de la prueba de doble masa, el cual trabaja con la estimación de los valores acumulados graficándolos en forma de línea recta y comparándola con otra serie formada en otra estación identificar los valores que presente menos quiebres en sus gráficas y dando como más ajustada a la serie que presente un mínimo de quiebres en su tendencia.

3.3.3.3. ESTIMACIÓN DE INTENSIDADES

Identificada la estación más idónea para el modelo hidrológico se estableció que la aplicación de un modelo de distribución fue lo

más pertinente para la estimación de precipitaciones en diferentes periodos de retorno, con ello se hizo dicho análisis estadístico de distribuciones calculando así los valores de precipitación en diferentes años de proyección y estimando así los valores base para el cálculo de las intensidades, duración con la respectiva frecuencia que se presenten, y por consiguiente estableciendo los hietogramas de intensidades que fueron necesarios de calcular para el ingreso de datos en el software HEC-HMS, para la obtención de los caudales en diferentes periodos de retorno.

3.3.3.4. ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE INUNDACIÓN

Los valores de caudales se calcularon a partir de la aplicación de la metodología del Número de Curva establecida por SCS, con el cual a partir de la utilización del software HEC-HMS se logró automatizar y estimar de manera más rápida dichos valores, es así que identificado los valores de caudal se procedió a la elaboración de la simulación de inundaciones.

3.3.3.5. DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN

Estimados los valores de caudal para diferentes periodos de retorno y obtenido el modelo del terreno se pudo elaborar el modelo de inundación, para la presente investigación fue necesario el uso de un software que agilice los procesos de cálculos, para la presente investigación se hizo del software HEC-RAS, con dicho software se pudo mezclar la información altitudinal de la zona de interés y los valores de caudal estimados con anterioridad, dando como resultados los tirantes en diferentes puntos de cauce y con ello se pudo identificar las zonas de inundación para el tramo de interés de manera gráfica y exportándolo en el software ArcMap para la elaboración de los mapas temáticos para inundaciones causadas por el aumento del caudal de río Huallaga.

CAPÍTULO IV

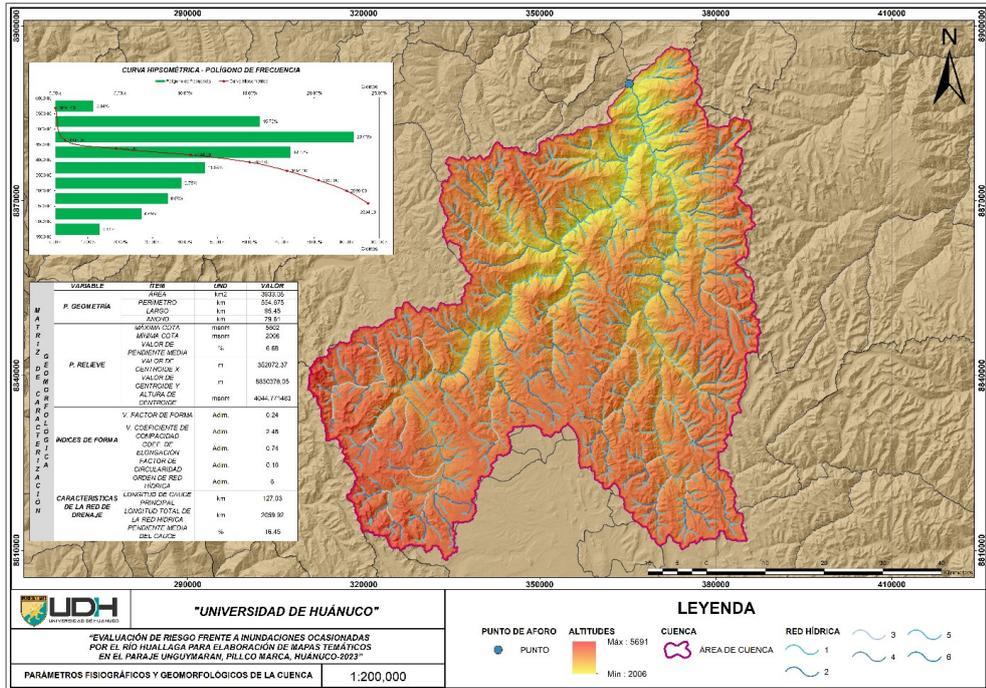
RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

Para la obtención de resultados inicialmente se planteó la elaboración de un análisis a nivel de la cuenca, para la cual se estableció como punto de aforo el punto inicial del tramo de muestra para la investigación, con los cual se pudo determinar:

Figura 22
Características fisiográficas y geomorfológicas de la cuenca



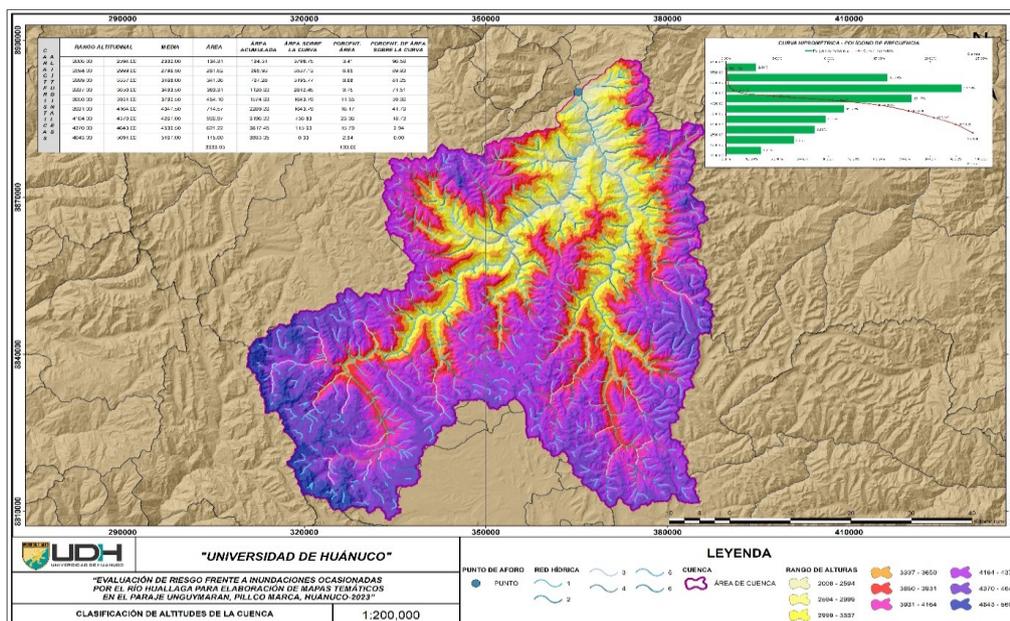
Nota. Del mapa se pudo identificar la delimitación de la cuenca en la cual se realizaron los modelos de simulación de inundación teniendo en cuenta las características altitudinales y factores fisiográficos que componen la cuenca.

Tabla 16
Parámetros fisiográficos y geomorfológicos

<i>VARIABLE</i>	<i>ÍTEM</i>	<i>UND</i>	<i>VALOR</i>	
MATRIZ DE CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA	P. GEOMETRÍA	ÁREA	km ²	3933.05
		PERÍMETRO	km	554.675
		LARGO	km	95.45
		ANCHO	km	79.61
	P. RELIEVE	MÁXIMA COTA	msnm	5602
		MÍNIMA COTA	msnm	2006
		VALOR DE PENDIENTE MEDIA	%	6.68
		VALOR DE CENTROIDE X	m	352072.37
		VALOR DE CENTROIDE Y	m	8850378.05
		ALTURA DE CENTROIDE	msnm	4044.771483
		ÍNDICES DE FORMA	V. FACTOR DE FORMA	Adim.
	V. COEFICIENTE DE COMPACIDAD		Adim.	2.48
	COEF. DE ELONGACIÓN		Adim.	0.74
	FACTOR DE CIRCULARIDAD		Adim.	0.16
	CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE	ORDEN DE RED HÍDRICA	Adim.	6
		LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL	km	127.03
LONGITUD TOTAL DE LA RED HÍDRICA		km	2059.92	
PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE		%	16.45	

Nota. La caracterización de la cuenca ayudó a establecer las características de área de la cuenca de interés teniendo así los siguientes resultados: un área de 3933.05 km², un perímetro de 554.67 km, una altura máxima de 5602 msnm, una altura mínima de 2066 msnm, el centroide de la cuenca se ubica en las coordenadas 352072.37m; 8850378.05; y una altitud de 4044.77m.

Figura 23
Mapa altitudinal de la cuenca de interés



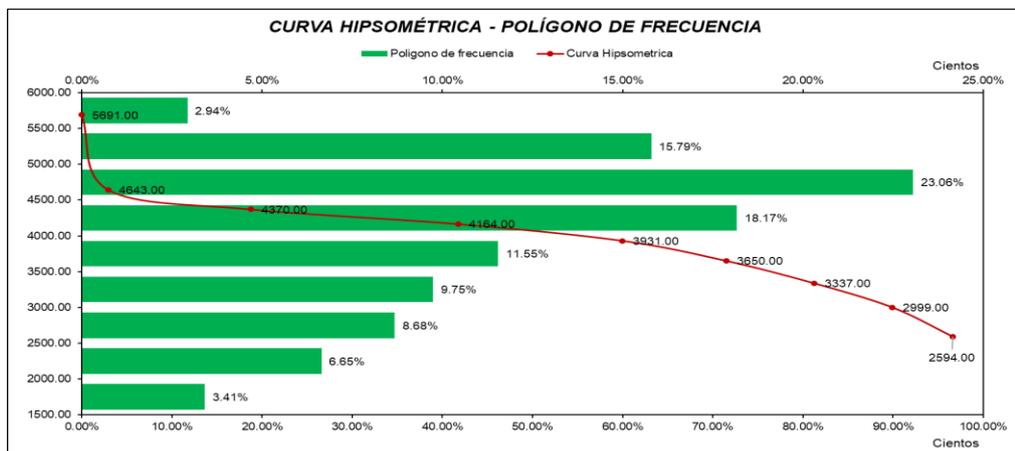
Nota. La clasificación altitudinal se realizó a partir de la fundamentación de 9 rangos en los cuales se puedan contener todos los valores altitudinales de la cuenca con ello se establecieron los valores altitudinales de acuerdo al área que ocupan, estos valores se tomaron de la media que posee cada rango.

Tabla 17
Valores altitudinales de la cuenca

	RANGO ALTITUDINAL	MEDIANA	ÁREA	ÁREA ACUMULADA	ÁREA SOBRE LA CURVA	PORCENTAJE DE ÁREA	PORCENTAJE DE ÁREA SOBRE LA CURVA
CARACTERÍSTICAS ALTITUDINALES	2006.00	2594.00	2300.00	134.31	134.31	3.41	96.59
	2594.00	2999.00	2796.00	261.62	395.93	6.65	89.93
	2999.00	3337.00	3168.00	341.33	737.28	8.68	81.25
	3337.00	3650.00	3493.00	383.33	1120.60	9.75	71.51
	3650.00	3931.00	3790.00	454.10	1574.69	11.55	59.96
	3931.00	4164.00	4047.00	714.50	2289.26	18.17	41.79
	4164.00	4370.00	4267.00	906.90	3196.22	23.06	18.73
	4370.00	4643.00	4506.00	621.20	3817.45	15.79	2.94
	4643.00	5691.00	5167.00	115.60	3933.05	2.94	0.00
			3933.05			100.00	

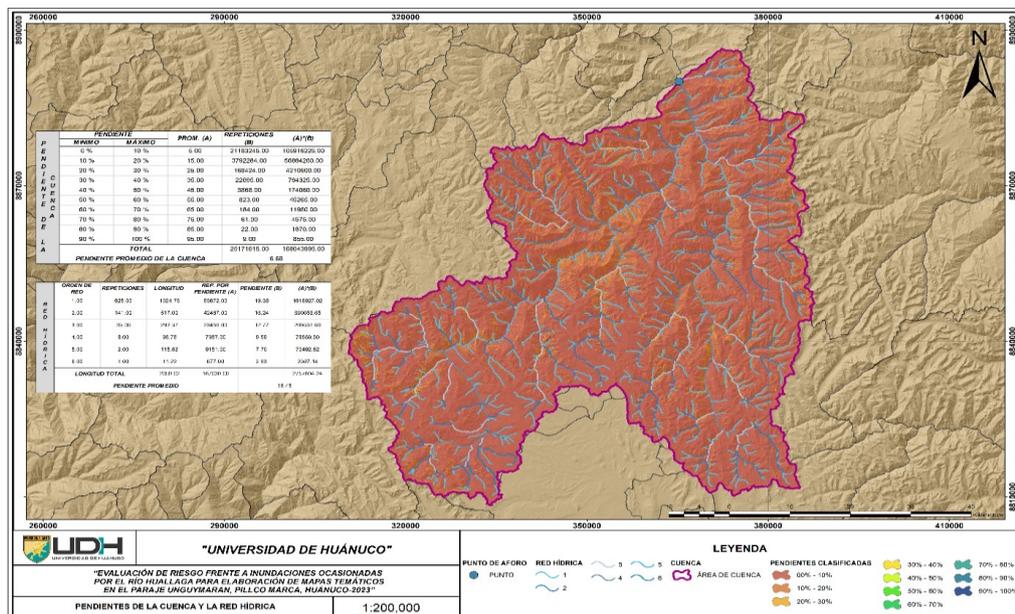
Nota. Para los límites de los rangos se tomaron en cuenta los valores máximos y mínimos de la cuenca los cuales fueron de 2006 y 5691 msnm, a partir de ello se hizo una repartición automática en el software ArcMap, dando así los rangos completos y con ello se estimó la media para cada rango teniendo una caracterización más ordenada y en la cual se pudo identificar que la altitud más recurrente en promedio es la de 4267 msnm con un porcentaje de área de la cuenca del 23.06% siendo el más alto de todos.

Figura 24
Curva Hipsométrica de la cuenca de interés



Nota. De la clasificación de alturas se puede elaborar una gráfica en la cual se pudo evidenciar la curva hipsométrica que compone a la cuenca, con dicha gráfica se pudo identificar que la cuenca se encuentra en una etapa de "Madurez" o también denominado en "Equilibrio".

Figura 25
Mapa de caracterización de pendiente y red hídrica



Nota. Dentro de la elaboración de los mapas se lograron establecer que para la cuenca que se forma dentro del cauce del río Huallaga se presenta una red de orden 6 con lo cual a partir de los valores de pendiente del modelo DEM se lograron establecer los valores de pendiente promedio para la red hídrica, con ello también se logran establecer los valores de pendiente para la cuenca dando así una caracterización de pendientes completa.

Tabla 18
Caracterización de la red hídrica

	ORDEN DE RED	REPETICIONES	LONGITUD	REP. POR PENDIENTE (A)	PENDIENTE (B)	(A)*(B)	—
RED HÍDRICA	1.00	625.00	1024.73	83672.00	19.35	1618927.02	
	2.00	141.00	517.00	42487.00	16.24	690056.65	
	3.00	33.00	292.37	23456.00	12.77	299551.60	
	4.00	6.00	98.78	7987.00	9.59	76559.30	
	5.00	2.00	115.82	9151.00	7.70	70492.52	
	6.00	1.00	11.22	877.00	2.63	2307.14	
	LONGITUD TOTAL			2059.92	167630.00		2757894.24
PENDIENTE PROMEDIO					16.45		

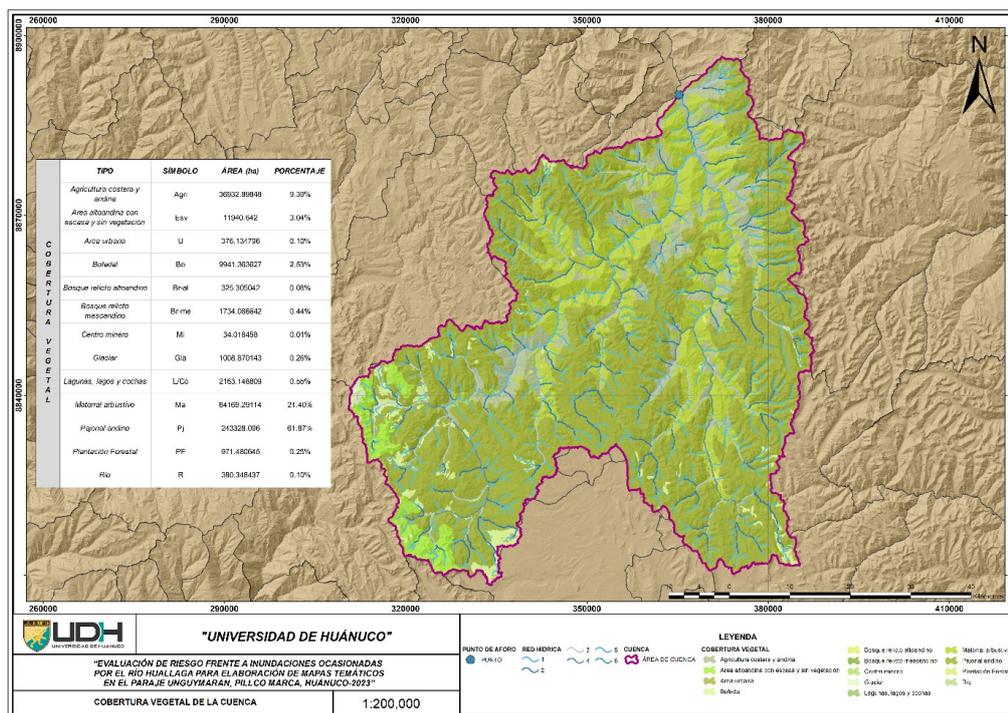
Nota. Para la red hídrica que recorre a la cuenca que se forma en el cauce del río Huallaga consta de una red de alrededor de 2059.92 km esto en total, pero la red principal solo se compone de 11.22 km esto se debe a que el tramo del río Huallaga se inicia en la localidad de Ambo y culmina en el punto inicial del cauce de muestra. Obtenida cada una de las longitudes de la red, esta capa se logró interpolar con la de pendientes con las cuales se logró establecer que la pendiente promedio de la red hídrica es de 16.45%.

Tabla 19
Caracterización de la pendiente de la cuenca

PENDIENTE DE LA CUENCA	PENDIENTE		PROM. (A)	REPETICIONES (B)	(A)*(B)
	MINIMO	MÁXIMO			
	0 %	10 %	5.00	21183245.00	105916225.00
	10 %	20 %	15.00	3792284.00	56884260.00
	20 %	30 %	25.00	168424.00	4210600.00
	30 %	40 %	35.00	22695.00	794325.00
	40 %	50 %	45.00	3868.00	174060.00
	50 %	60 %	55.00	823.00	45265.00
	60 %	70 %	65.00	184.00	11960.00
	70 %	80 %	75.00	61.00	4575.00
	80 %	90 %	85.00	22.00	1870.00
	90 %	100 %	95.00	9.00	855.00
TOTAL				25171615.00	168043995.00
PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA					6.68

Nota. Para la determinación de la pendiente de la cuenca se realizó una categorización por rangos de manera similar a las alturas, pero para este caso se tomaron una caracterización de pendiente en porcentajes estableciendo un total de 10 rangos que comprenden del 0 al 100 por ciento, a partir de ello y de los valores de repetición de pendiente se estimó que la cuenca presenta una pendiente de 6.68%.

Figura 26
Mapa de cobertura vegetal de la cuenca



Nota. El mapeo de la cobertura vegetal del área de interés se elaboró a partir de la identificación de las zonas caracterizadas por el Ministerio del Ambiente, en la cual se encuentran la clasificación de toda la superficie peruana, una de las validaciones que se realizaron a nivel de cuenca se realizó mediante la observación de las imágenes satelitales de la cuenca logrando identificar la correlación que existe entre lo planteado por el ministerio y lo observado de las imágenes satelitales.

Tabla 20
Cobertura vegetal de la cuenca de interés

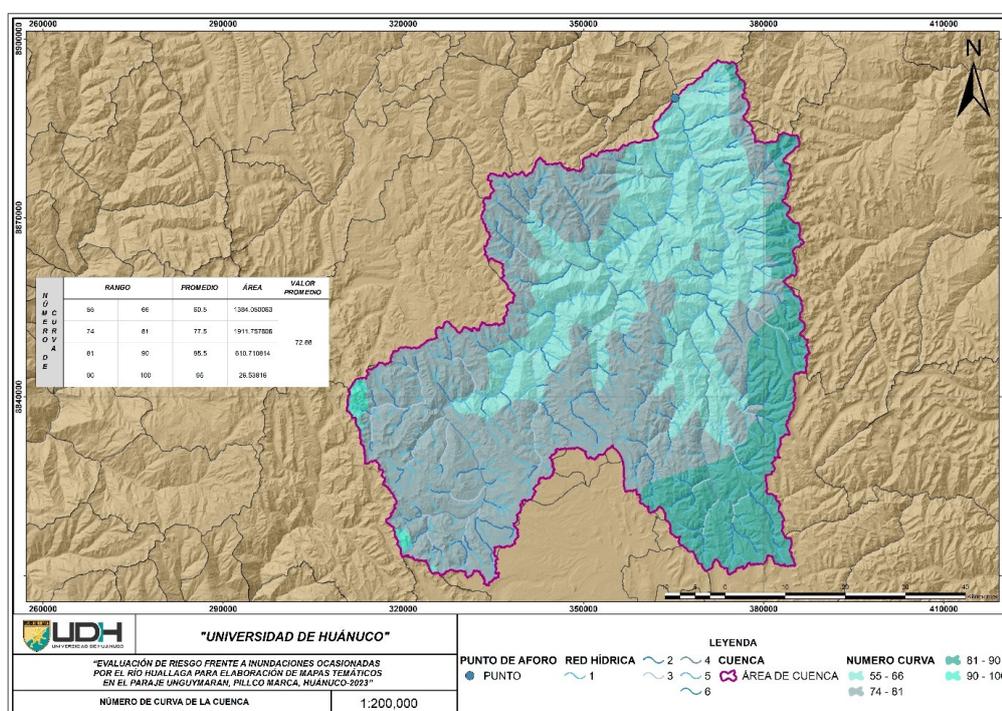
	TIPO	SÍMBOLO	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
COBERTURA VEGETAL	Agricultura costera y andina	Agri	36932.89848	9.39%
	Área altoandina con escasa y sin vegetación	Esv	11940.642	3.04%
	Área urbana	U	376.134796	0.10%
	Bofedal	Bo	9941.363627	2.53%
	Bosque relicto altoandino	Br-al	325.305042	0.08%
	Bosque relicto mesoandino	Br-me	1734.086642	0.44%
	Centro minero	Mi	34.018458	0.01%
	Glaciar	Gla	1008.870143	0.26%

<i>Lagunas, lagos y cochas</i>	L/Co	2163.148809	0.55%
<i>Matorral arbustivo</i>	Ma	84169.29114	21.40%
<i>Pajonal andino</i>	Pj	243328.096	61.87%
<i>Plantación Forestal</i>	PF	971.480645	0.25%
<i>Río</i>	R	380.348437	0.10%

Nota. Para la cuenca que se forma en un tramo del río Huallaga se lograron identificar 13 tipos de cobertura vegetal con lo cual se pudo establecer que hay una alta presencia de suelo denominado pajonal andino con un porcentaje de presencia del 61.87%.

Figura 27

Figura 1 Mapa de número de curva para la cuenca de interés



Nota. Los valores de número de cuenca se lograron establecer a partir de una caracterización de la superficie peruana, estos valores se establecieron a partir de rangos con los cuales se pueden estimar los valores promedios del valore de CN.

Tabla 21
Estimación del número de curva

NÚMERO DE CURVA	RANGO		PROMEDIO	ÁREA	VALOR PROMEDIO
	55	66	60.5	1384.050063	72.88
	74	81	77.5	1911.757806	
	81	90	85.5	610.710814	
	90	100	95	26.53816	

Nota. Dentro de la cuenca se lograron identificar alrededor de 4 rangos, con los cuales se determinaron las áreas de presencia y los valores promedios del cual finalmente se pudo establecer que para la cuenca de interés el valor generalizado del número de curva es de 72.88.

Tabla 22
Clasificación de la cuenca de acuerdo a los índices de forma

CARACTERIZACIÓN DE FORMA	FORMA	0.24	Alargada
	COMPACIDAD	2.48	Rectangular
	ELONGACIÓN	0.74	Amplia
	CIRCULARIDAD	0.16	Oblonga

Nota. A partir de los índices de forma se pudo establecer que la cuenca tiene una forma alargada, una compacidad de tipo rectangular, una elongación de tipo amplia y una circularidad de tipo oblonga.

Tabla 23
Estimación del coeficiente de escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	ÁREA (ha)	TIPO DE COBERTURA	TEXTURA	PENDIENTE	ZONA	C
	84929.74	Terreno Cultivado	Franco Limosa	20	Urbana	0.7
	20418.21	Forestal	Franco Limosa	12	Urbana	0.5
	10055.99	Praderas	Franco Limosa	15	Semi-Urbana	0.4
	78443.98	Forestal	Franco Arcillolimosa	15	Urbana	0.5
	99708.62	Praderas	Franco Arcillolimosa	18	Urbana	0.4
	99749.15	Praderas	Arcillosa	20	Urbana	0.6
	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA					0.55

Nota. A partir de la clasificación de suelos y el valor promedio de pendiente se logró establecer que el valor del coeficiente de escorrentía es de 0.55.

Tabla 24
Estimación de tiempo de concentración

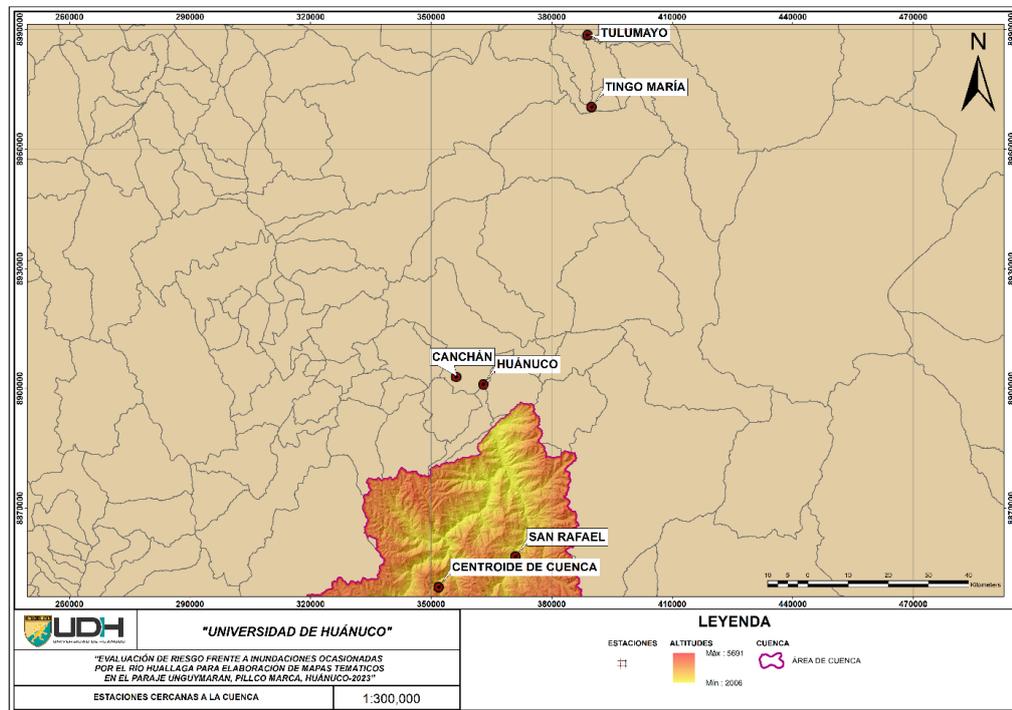
TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN	KIRPICH	5.54 hr
	TEMEZ	7.00 hr
	JOHN CROSS	8.18 hr
	GIANDOTTI	3.82 hr
	SCS RANCER	10.90 hr
	V.T. CHOW	10.80 hr
	CUERPO ING. USA	15.67 hr
	HATHWAY	5.79 hr
	EC. FED. AVIATION	4.19 hr
	EC. RETARDO SCS	20.08 hr
	VALOR SELECCIONADO	9.00 hr

Nota. La estimación del tiempo de concentración para la cuenca se estimó a partir de 10 metodologías válidas para diversos tipos de cuencas con lo cual se tomó un valor promedio que abarque gran parte de las metodologías dando así que el tiempo de concentración más óptimo para la cuenca es de 9 horas.

4.1.2. ANÁLISIS DE LLUVIAS

Figura 28

Identificación de estaciones cercanas a el área de la cuenca



Nota. Para la caracterización de las lluvias en una determinada cuenca es necesario reconocer las ubicaciones de las estaciones de registro de lluvias, con ello se establecieron de manera cartográfica los puntos de registro, para la investigación se tomaron en cuenta las estaciones Canchán, Huánuco, San Rafael, Tingo María, Tulumayo, una estación ubicada en el centroide de la cuenca a partir de los datos del sistema PISCO y una estación interpolada ubicada en el centroide de la cuenca ya delimitada en figuras anteriores.

Tabla 25*Registro pluviométrico de la Estación Huánuco*

DATOS DE PLUVIOMETRIA															
ESTACION: HUANUCO				LONGITUD: 7°14'52.55				LATITUD: 9°56'16.08							
HUANUCO-HUANUCO-HUANUCO															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP PROM	PP MIN	PP MAX
1988	13.80	20.10	8.70	18.60	4.20	0.00	4.20	1.50	7.40	3.60	10.70	11.60	8.70	0.00	20.10
1989	15.70	8.00	11.90	6.50	6.30	3.40	0.00	1.40	5.70	20.60	11.10	27.40	9.83	0.00	27.40
1990	11.50	6.10	15.10	20.10	13.00	4.70	1.30	4.50	2.80	21.30	18.00	12.00	10.87	1.30	21.30
1991	4.70	15.00	28.80	8.30	2.00	5.00	4.80	0.00	2.20	11.40	15.00	20.40	9.80	0.00	28.80
1992	8.50	29.60	15.60	5.40	0.00	3.60	0.00	25.00	2.00	38.40	24.90	9.80	13.57	0.00	38.40
1993	12.50	18.00	13.70	13.50	6.20	4.70	3.40	3.40	6.00	7.60	16.40	12.30	9.81	3.40	18.00
1994		8.70	10.90	24.00	15.00	0.00	0.00	0.00	20.50	19.00	7.20	20.60	10.49	0.00	24.00
1995	8.00	18.90	17.50	8.90	1.80	0.70	1.20	0.40	3.00	8.90	13.90	12.30	7.96	0.40	18.90
1996	13.50	9.10	15.90	17.10	10.40	0.01	0.10	3.50	1.40	9.30	15.40	8.10	8.65	0.01	17.10
1997	10.50	6.60	11.40	10.60	4.20	1.90	0.00	4.10	5.30	8.30	11.20	7.80	6.83	0.00	11.40
1998	17.90	16.50	27.50	1.00	2.70	1.80	0.00	1.50	3.20	13.40	26.00	7.20	9.89	0.00	27.50
1999	13.10	28.00	15.20	5.40	9.20	8.10	4.70	0.60	33.00	5.60	10.70	13.70	12.28	0.60	33.00
2000	10.80	14.20	14.60	7.70	5.30	7.30	2.40	12.10	4.00	2.80	20.30	19.30	10.07	2.40	20.30
2001	11.30	8.20	10.60	25.70	7.40	0.80	3.20	5.00	2.00	10.00	48.70	10.80	11.98	0.80	48.70
2002	13.00	19.40	14.90	27.20	9.70	2.10	5.20	1.30	2.80	22.90	7.80	5.20	10.96	1.30	27.20
2003	12.30	6.40	9.40	14.90	3.00	0.10	0.10	6.90	4.40	12.50	23.00	18.10	9.26	0.10	23.00
2004	7.60	8.10	11.90	10.50	11.70	1.40	2.10	4.60	11.30	6.40	13.00	17.60	8.85	1.40	17.60
2005	5.90	16.60	25.50	2.40	0.60	0.01	0.80	7.50	3.50	11.00	8.70	20.10	8.55	0.01	25.50
2006	28.00	11.30	18.90	8.30	1.90	3.60	1.60	2.00	7.20	18.90	21.70	18.20	11.80	1.60	28.00

2007	8.70	2.40	12.30	7.50	5.30	1.20	3.30	2.90	2.30	25.80	13.70	27.30	9.39	1.20	27.30
2008	7.90	12.50	16.60	15.80	2.70	1.80	0.10	0.70	14.20	11.70	33.10	30.60	12.31	0.10	33.10
2009	19.60	10.00	19.40	10.60	7.30	9.00	4.00	3.40	2.30	16.80	8.50	9.10	10.00	2.30	19.60
2010	4.90	17.40	22.60	6.80	2.40	1.20	3.80	5.00	9.60	12.00	21.80	19.90	10.62	1.20	22.60
2011	13.60	11.60	35.40	8.00	9.50	1.80	0.90	1.50	11.40	20.40	19.30	36.20	14.13	0.90	36.20
2012	16.30	12.30	11.60	16.30	5.70	1.90	4.70	2.50	2.60	16.20	29.60	30.70	12.53	1.90	30.70
2013	7.90	13.80	14.70	13.60	1.90	4.70	5.50	14.10	2.40	13.40	11.10	19.90	10.25	1.90	19.90
N° DE DATOS	25.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00		
DESV.ESTANDAR	5.12	6.50	6.55	6.93	4.02	2.55	1.96	5.42	7.04	7.85	9.38	8.19			
COEF.VARIACION	0.43	0.48	0.40	0.40	0.70	0.94	0.89	1.22	1.06	0.55	0.53	0.48			
PRECIP.PROM	11.90	13.44	16.56	16.56	5.75	2.72	2.21	4.45	6.63	14.16	17.71	17.16			
PRECIP.MAX	28.00	29.60	35.40	35.40	15.00	9.00	5.50	25.00	33.00	38.40	48.70	36.20			
PRECIP.MIN	4.70	2.40	8.70	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	2.80	7.20	5.20			

Nota. Para cada una de las estaciones pluviométricas se recolectaron y organizaron las precipitaciones máximas diarias a fin de estimar los valores de precipitación máxima mensual, de las series de datos se pudo identificar que hubieron meses en que no se cuenta con un registro pluviométrico dentro de la serie de datos, con ello se procedió a partir de las lecturas de las otras estaciones tomadas en cuenta una interpolación del valor a partir de las distancias que existen entre las estaciones y el valor de precipitación registrado.

Tabla 26*Tabla 1 Registro pluviométrico completado de la Estación Huánuco*

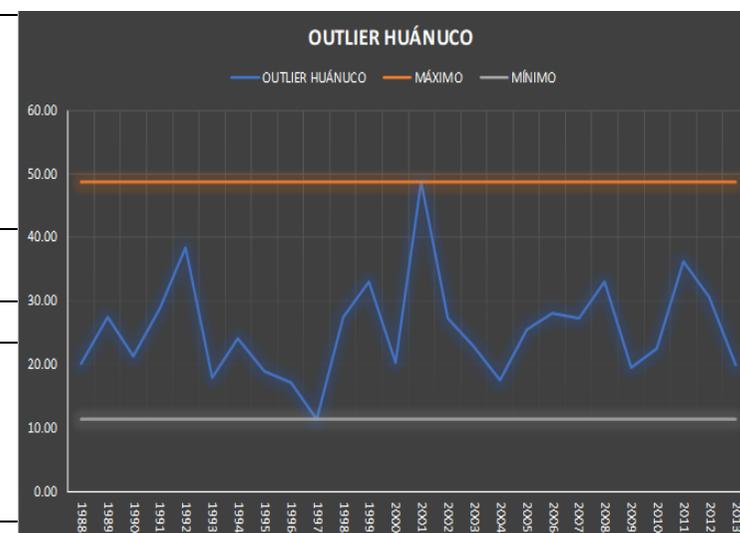
DATOS DE PLUVIOMETRIA															
ESTACION: HUANUCO				LONGITUD: 7°14'52.55				LATITUD: 9°56'16.08							
HUANUCO-HUANUCO-HUANUCO															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP PROM	PP MIN	PP MAX
1988	13.80	20.10	8.70	18.60	4.20	0.00	4.20	1.50	7.40	3.60	10.70	11.60	8.70	0.00	20.10
1989	15.70	8.00	11.90	6.50	6.30	3.40	0.00	1.40	5.70	20.60	11.10	27.40	9.83	0.00	27.40
1990	11.50	6.10	15.10	20.10	13.00	4.70	1.30	4.50	2.80	21.30	18.00	12.00	10.87	1.30	21.30
1991	4.70	15.00	28.80	8.30	2.00	5.00	4.80	0.00	2.20	11.40	15.00	20.40	9.80	0.00	28.80
1992	8.50	29.60	15.60	5.40	0.00	3.60	0.00	25.00	2.00	38.40	24.90	9.80	13.57	0.00	38.40
1993	12.50	18.00	13.70	13.50	6.20	4.70	3.40	3.40	6.00	7.60	16.40	12.30	9.81	3.40	18.00
1994	15.46	8.70	10.90	24.00	15.00	0.00	0.00	0.00	20.50	19.00	7.20	20.60	11.78	0.00	24.00
1995	8.00	18.90	17.50	8.90	1.80	0.70	1.20	0.40	3.00	8.90	13.90	12.30	7.96	0.40	18.90
1996	13.50	9.10	15.90	17.10	10.40	0.01	0.10	3.50	1.40	9.30	15.40	8.10	8.65	0.01	17.10
1997	10.50	6.60	11.40	10.60	4.20	1.90	0.00	4.10	5.30	8.30	11.20	7.80	6.83	0.00	11.40
1998	17.90	16.50	27.50	1.00	2.70	1.80	0.00	1.50	3.20	13.40	26.00	7.20	9.89	0.00	27.50
1999	13.10	28.00	15.20	5.40	9.20	8.10	4.70	0.60	33.00	5.60	10.70	13.70	12.28	0.60	33.00
2000	10.80	14.20	14.60	7.70	5.30	7.30	2.40	12.10	4.00	2.80	20.30	19.30	10.07	2.40	20.30
2001	11.30	8.20	10.60	25.70	7.40	0.80	3.20	5.00	2.00	10.00	48.70	10.80	11.98	0.80	48.70
2002	13.00	19.40	14.90	27.20	9.70	2.10	5.20	1.30	2.80	22.90	7.80	5.20	10.96	1.30	27.20
2003	12.30	6.40	9.40	14.90	3.00	0.10	0.10	6.90	4.40	12.50	23.00	18.10	9.26	0.10	23.00
2004	7.60	8.10	11.90	10.50	11.70	1.40	2.10	4.60	11.30	6.40	13.00	17.60	8.85	1.40	17.60
2005	5.90	16.60	25.50	2.40	0.60	0.01	0.80	7.50	3.50	11.00	8.70	20.10	8.55	0.01	25.50
2006	28.00	11.30	18.90	8.30	1.90	3.60	1.60	2.00	7.20	18.90	21.70	18.20	11.80	1.60	28.00

2007	8.70	2.40	12.30	7.50	5.30	1.20	3.30	2.90	2.30	25.80	13.70	27.30	9.39	1.20	27.30
2008	7.90	12.50	16.60	15.80	2.70	1.80	0.10	0.70	14.20	11.70	33.10	30.60	12.31	0.10	33.10
2009	19.60	10.00	19.40	10.60	7.30	9.00	4.00	3.40	2.30	16.80	8.50	9.10	10.00	2.30	19.60
2010	4.90	17.40	22.60	6.80	2.40	1.20	3.80	5.00	9.60	12.00	21.80	19.90	10.62	1.20	22.60
2011	13.60	11.60	35.40	8.00	9.50	1.80	0.90	1.50	11.40	20.40	19.30	36.20	14.13	0.90	36.20
2012	16.30	12.30	11.60	16.30	5.70	1.90	4.70	2.50	2.60	16.20	29.60	30.70	12.53	1.90	30.70
2013	7.90	13.80	14.70	13.60	1.90	4.70	5.50	14.10	2.40	13.40	11.10	19.90	10.25	1.90	19.90
N° DE DATOS	25.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00		
DESV.ESTANDAR	5.12	6.50	6.55	6.93	4.02	2.55	1.96	5.42	7.04	7.85	9.38	8.19			
COEF.VARIACION	0.43	0.48	0.40	0.40	0.70	0.94	0.89	1.22	1.06	0.55	0.53	0.48			
PRECIP.PROM	11.90	13.44	16.56	16.56	5.75	2.72	2.21	4.45	6.63	14.16	17.71	17.16			
PRECIP.MAX	28.00	29.60	35.40	35.40	15.00	9.00	5.50	25.00	33.00	38.40	48.70	36.20			
PRECIP.MIN	4.70	2.40	8.70	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	2.80	7.20	5.20			

Nota. Una vez completados los datos de lluvia faltantes se procedió a establecer una metodología con la cual se puedan identificar los valores anómalos dentro de la serie de datos que se está analizando, y con ello corregir los valores anómalos dentro de la base de datos.

Tabla 27
Ficha de Prueba Outlier-Estación Huánuco

PARAMETROS ESTADISTICOS			PARAMETROS	
	P24hr	Log(P24hr)	n	26
CANTIDAD DE DATOS	26	26	Kn	2.502
SUMATORIA	665.6	36.11	Kn	Valor recomendado , varia según el valor de n(significancia 10%)
VALOR MAXIMO	48.7	1.69	Xh	1.72
VALOR MINIMO	11.4	1.06	PH	52.59 mm
MEDIA	25.6	1.39	CONCLUSION	EXISTEN DADOS DUDOSAS ALTO EN LA MUESTRA
VARIANZA	63.17	0.02	XI	1.06
DESVIACION ESTANDAR	7.95	0.13	PH	11.40 mm
COEFICIENTE DE VARIACION	0.31	0.1	CONCLUSION	EXISTE DATOS DUDOSAS MINIMO DE LA MUESTRA



COEFICIENTE DE SESGO	0.96	-0.09
CONCLUSION	Aplicar pruebas para	

Nota. La prueba Outlier se basa en la estimación de los límites del rango de valores aceptables dentro de una serie muestral, para la estación Huánuco se pudo estimar que la serie de valores se encuentra dentro de los límites aceptables y que guarda relación de sus valores dentro de la serie de datos presentados.

El proceso de estimación de datos faltantes a partir de los valores de estaciones cercanas se realizaron para todas las estaciones que no cuente con una serie de datos continua, una vez los valores completados todas fueron sometidas a la prueba Outlier, en el caso que se dieran una identificación de valores anómalos la corrección se realizó como si el valor fuera un dato faltante y calculando a partir de la interpolación de acuerdo a los valores de las estaciones cercanas y estableciendo una relación entre las distancias que existan entre estaciones (el proceso del resto de estaciones se encuentra anexado al final de la presente investigación).

Tabla 28*Registro pluviométrico de la Estación Simulada*

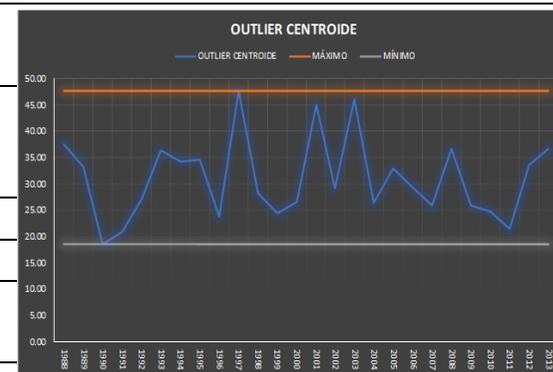
DATOS DE PLUVIOMETRIA															
ESTACION: CENTROIDE DE CUENCA					LONGITUD:					LATITUD:					
ELEVACION:					DATOS DE LLUVIA INTERPOLADOS DE LAS ESTACIONES CERCANAS										
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP PROM	PP MIN	PP MAX
1988	37.60	24.97	15.87	17.92	4.08	0.80	2.02	2.52	14.65	10.41	18.10	15.38	13.69	0.80	37.60
1989	19.44	18.15	17.49	13.05	6.24	7.94	4.29	9.43	13.92	19.58	33.34	24.40	15.61	4.29	33.34
1990	18.55	13.66	17.80	18.52	5.41	3.02	5.31	2.00	3.12	14.30	10.75	9.02	10.12	2.00	18.55
1991	15.10	12.96	15.19	12.44	6.18	6.06	4.87	3.74	8.57	15.27	20.68	20.89	11.83	3.74	20.89
1992	13.51	27.00	16.46	12.58	8.16	7.18	2.66	21.01	8.35	12.96	15.21	10.99	13.01	2.66	27.00
1993	12.60	11.75	14.87	10.85	5.89	3.08	4.80	5.13	12.04	17.90	21.11	36.34	13.03	3.08	36.34
1994	24.37	34.32	19.50	17.51	9.60	1.92	2.38	2.37	15.07	18.48	11.00	33.52	15.84	1.92	34.32
1995	24.68	29.97	34.56	15.31	15.69	11.65	2.78	3.26	16.28	20.71	23.93	29.27	19.01	2.78	34.56
1996	18.48	17.20	21.65	23.86	10.88	6.29	1.29	4.27	18.08	6.83	20.19	16.27	13.77	1.29	23.86
1997	15.46	17.28	12.90	14.04	6.06	2.61	1.36	7.50	10.13	20.22	15.95	47.59	14.26	1.36	47.59
1998	28.19	27.81	25.76	8.18	8.88	8.44	0.69	5.57	6.97	20.18	21.76	23.08	15.46	0.69	28.19
1999	19.40	24.47	23.35	9.46	11.11	10.21	4.24	10.47	16.34	7.25	19.23	16.57	14.34	4.24	24.47
2000	17.20	20.19	20.70	12.26	4.27	14.54	5.53	13.97	11.59	10.74	9.10	26.58	13.89	4.27	26.58
2001	25.48	17.63	18.30	18.45	7.62	5.79	6.38	7.29	10.03	16.66	44.98	25.24	16.99	5.79	44.98
2002	13.04	18.91	23.58	14.84	12.58	3.82	16.90	2.27	7.52	29.18	13.47	23.16	14.94	2.27	29.18
2003	10.07	12.11	16.16	46.07	6.19	7.88	0.84	20.95	10.66	12.72	28.37	21.89	16.16	0.84	46.07
2004	26.39	17.28	22.92	12.09	15.91	7.36	6.14	5.20	24.11	20.85	22.52	20.02	16.73	5.20	26.39
2005	11.43	32.97	27.32	5.14	2.06	1.84	2.67	10.87	10.90	14.73	16.62	17.03	12.80	1.84	32.97
2006	19.17	17.59	15.70	10.98	2.61	6.17	5.83	6.30	15.75	19.93	29.36	17.97	13.95	2.61	29.36

2007	22.22	10.19	24.25	8.35	8.38	1.08	25.92	4.23	10.63	22.29	13.73	25.55	14.74	1.08	25.92
2008	18.86	27.46	11.68	9.76	6.79	6.02	2.74	2.26	36.70	16.78	26.11	21.54	15.56	2.26	36.70
2009	20.03	20.06	25.95	17.00	14.86	6.49	7.45	5.37	9.06	14.12	16.27	22.32	14.92	5.37	25.95
2010	21.43	21.24	24.73	19.99	15.03	4.17	8.26	5.73	6.59	13.59	14.09	22.96	14.82	4.17	24.73
2011	18.67	18.69	16.56	20.04	14.91	1.85	2.65	4.74	12.65	21.46	14.57	20.71	13.96	1.85	21.46
2012	16.27	20.35	17.78	23.43	6.45	6.51	2.72	6.26	3.15	16.42	23.79	33.58	14.73	2.72	33.58
2013	16.98	25.39	18.38	17.20	5.08	11.88	10.30	13.27	10.97	24.23	25.42	36.68	17.98	5.08	36.68
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00		
DESV.ESTANDAR	5.96	6.50	5.20	7.78	4.16	3.54	5.42	5.22	6.75	5.16	7.91	8.51			
COEF.VARIACION	0.31	0.31	0.26	0.49	0.49	0.60	1.00	0.73	0.54	0.31	0.39	0.36			
PRECIP.PROM	19.41	20.75	19.98	15.74	8.50	5.95	5.42	7.15	12.45	16.84	20.37	23.79			
PRECIP.MAX	37.60	34.32	34.56	46.07	15.91	14.54	25.92	21.01	36.70	29.18	44.98	47.59			
PRECIP.MIN	10.07	10.19	11.68	5.14	2.06	0.80	0.69	2.00	3.12	6.83	9.10	9.02			

Nota. A partir de los valores corregidos de cada una de las estaciones se realizó una interpolación tomando en cuenta el centroide de la cuenca con la finalidad de establecer una serie de datos específicamente para el área de interés.

Tabla 29
Ficha de Prueba Outlier-Estación Simulada

PARAMETROS ESTADISTICOS			PARAMETROS	
	P24hr	Log(P24hr)	n	26
CANTIDAD DE DATOS	26	26	Kn	2.502
SUMATORIA	807.27	38.47	Kn	Valor recomendado , varia según el valor de n(significancia 10%)
VALOR MAXIMO	47.59	1.68	Xh	1.75
VALOR MINIMO	18.55	1.27	PH	55.62 mm
MEDIA	31.05	1.48	CONCLUSION	EXISTEN DATOS DUDOSAS ALTO EN LA MUESTRA
VARIANZA	59.09	0.01	XI	1.21
DESVIACION ESTANDAR	7.69	0.11	PH	16.36
COEFICIENTE DE VARIACION	0.25	0.07	CONCLUSION	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA
COEFICIENTE DE SESGO	0.59	0.08		
CONCLUSION	Aplicar pruebas para detectar datos			



Nota. Como era de suponer cada uno de los valores determinado para el centroide de la cuenca se encuentran en correlación ya que fueron estimados a partir de la serie de datos corregida para cada una de las estaciones.

Tabla 30
Registro pluviométrico de la Estación PISCO

DATOS DE PLUVIOMETRIA															
ESTACION: SISTEMA PISCO				LONGITUD:				LATITUD:							
ELEVACION:				DATOS DE LLUVIA TOMADAS EN EL CENTROIDE DE LA CUENCA											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP PROM	PP MIN	PP MAX
1988	19.15	19.66	30.44	14.77	2.09	0.08	0.03	0.20	2.38	3.02	8.15	23.38	10.28	0.03	30.44
1989	25.26	37.55	41.46	5.46	4.43	17.14	2.45	0.91	12.25	13.24	5.71	12.22	14.84	0.91	41.46
1990	15.25	19.57	25.82	4.73	2.03	1.53	3.58	1.47	1.76	18.27	15.31	17.98	10.61	1.47	25.82
1991	12.88	28.35	33.40	7.09	11.60	2.70	1.05	0.51	5.40	16.02	4.30	19.70	11.92	0.21	33.40
1992	9.05	18.38	53.18	8.67	4.11	9.73	5.75	5.50	6.25	23.10	9.28	10.91	13.66	4.11	53.18
1993	16.47	24.73	31.30	9.77	2.62	1.44	2.95	2.70	4.97	22.81	9.64	23.46	12.74	1.44	31.30
1994	23.17	32.29	20.05	7.80	5.31	0.98	0.17	2.80	10.27	21.35	8.70	16.62	12.46	0.17	32.29
1995	21.86	31.27	30.02	16.23	3.07	6.98	1.69	5.22	6.23	24.11	14.07	42.26	16.92	1.69	42.26
1996	14.98	33.98	42.14	17.89	3.78	4.09	0.95	8.06	8.06	18.59	9.84	14.31	14.72	0.95	42.14
1997	9.87	20.58	13.29	6.21	2.33	0.67	0.20	5.25	8.07	14.13	9.93	33.67	10.35	0.20	33.67
1998	21.64	30.53	35.89	11.46	2.03	6.21	0.04	1.73	1.96	26.77	12.07	19.28	14.13	0.04	35.89
1999	18.67	28.35	23.16	10.18	4.42	5.59	5.37	8.75	6.95	14.81	6.22	15.66	12.34	4.42	28.35
2000	29.66	32.26	24.17	9.71	4.22	4.38	2.37	11.09	2.71	16.85	7.66	36.60	15.14	2.37	36.60
2001	26.38	20.52	31.86	13.46	2.37	3.15	4.43	4.54	2.79	25.41	10.90	47.77	16.13	2.37	47.77
2002	11.77	18.38	29.29	6.20	5.27	3.03	7.34	1.16	2.99	30.21	12.23	23.35	12.60	1.16	30.21
2003	14.57	17.98	20.49	14.25	2.51	4.09	0.81	13.53	6.00	15.27	7.69	24.14	11.78	0.81	24.14
2004	12.47	18.92	15.15	7.67	2.04	5.52	3.74	3.78	9.77	20.86	6.78	28.47	11.26	2.04	28.47
2005	10.73	39.36	25.92	6.86	1.75	0.18	2.73	3.86	4.40	19.30	9.46	17.03	11.80	0.18	39.36

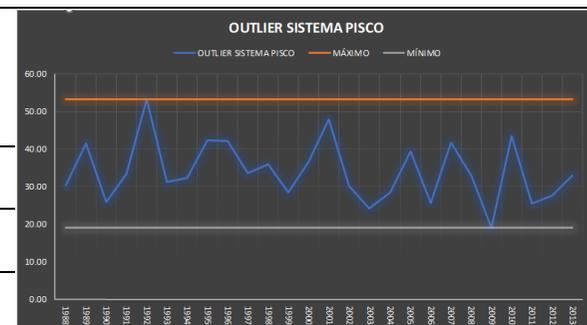
2006	17.46	19.60	22.08	9.46	1.10	5.87	1.97	2.93	3.93	19.40	9.45	25.66	11.58	1.10	25.66
2007	8.58	10.69	28.32	8.60	2.90	0.47	12.40	2.61	4.49	32.01	10.06	41.72	13.57	0.47	41.72
2008	17.94	32.93	15.66	6.99	2.11	5.82	0.49	1.95	3.18	22.05	5.45	22.98	11.46	0.49	32.93
2009	12.95	17.36	18.95	14.05	1.69	3.96	10.23	6.48	4.63	8.82	10.83	18.87	10.74	1.69	18.95
2010	23.54	25.06	43.45	10.85	3.32	2.26	1.83	1.73	2.39	15.24	6.37	40.13	14.68	1.73	43.45
2011	17.47	20.84	24.61	16.29	2.34	0.73	2.57	2.75	4.69	25.35	8.17	24.84	12.55	0.73	25.35
2012	16.73	25.79	27.50	20.39	3.89	9.60	4.36	1.35	3.31	21.14	9.41	21.97	13.79	1.35	27.50
2013	16.82	25.95	17.13	6.11	1.96	15.50	3.73	9.45	3.10	32.99	7.87	15.03	12.97	1.96	32.99
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00		
DESV.ESTANDAR	5.59	7.18	9.65	4.24	2.05	4.36	3.06	3.48	2.75	6.81	2.59	10.02			
COEF.VARIACION	0.33	0.29	0.35	0.41	0.62	0.93	0.96	0.82	0.54	0.34	0.29	0.41			
PRECIP.PROM	17.01	25.03	27.87	10.43	3.28	4.68	3.20	4.23	5.11	20.04	9.06	24.54			
PRECIP.MAX	29.66	39.36	53.18	20.39	11.60	17.14	12.40	13.53	12.25	32.99	15.31	47.77			
PRECIP.MIN	8.58	10.69	13.29	4.73	1.10	0.08	0.03	0.20	1.76	3.02	4.30	10.91			

Nota. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), implemento el sistema PISCO con el cual se automatizan los procesos de determinación de precipitaciones a partir de un área determinada o un punto coordinado con el cual se puedan estimar los valores de precipitación para la zona de interés, con ello se logró extraer la información de precipitación para el centroide de la cuenca estimado a partir del propio sistema del SENAMHI.

Tabla 31

Ficha de Prueba Outlier-Estación PISCO

PARAMETROS ESTADISTICOS			PARAMETROS	
	P24hr	Log(P24hr)	n	26
CANTIDAD DE DATOS	26	26	Kn	2.502
SUMATORIA	885.29	39.53	Kn	Valor recomendado , varia según el valor de n(significancia 10%)
VALOR MAXIMO	53.18	1.73	Xh	1.78
VALOR MINIMO	18.95	1.28	PH	60.07 mm
MEDIA	34.05	1.52	CONCLUSION	EXISTEN DATOS DUDOSAS ALTO EN LA MUESTRA
VARIANZA	64.62	0.01	XI	1.26
DESVIACION ESTANDAR	8.04	0.1	PH	18.29
COEFICIENTE DE VARIACION	0.24	0.07	CONCLUSION	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA
COEFICIENTE DE SESGO	0.46	-0.13		
CONCLUSION	Aplicar pruebas para detectar datos			



Nota. Como era de suponer que los valores que se recolectaron del sistema PISCO tienen una correlación dentro de los valores que se estimaron, y por ello en la prueba Outlier no se identifican valores anómalos en la serie.

Tabla 32*Resumen de valores de precipitación por estaciones*

LLUVIAS MAXIMAS REGISTRADAS POR ESTACION							
AÑO	PM(24 hrs)- CANCHAN	PM(24 hrs)- HUANUCO	PM(24 hrs)- SAN RAFAEL	PM(24 hrs)- TINGO MARIA	PM(24 hrs)- TULUMAYO	PM(24 hrs)- SIST.PISCO	PM(24 hrs)- CENTROIDE
1988	20.63	20.10	42.70	89.00	62.23	30.44	37.60
1989	27.46	27.40	38.47	94.40	88.30	41.46	33.34
1990	18.10	21.30	18.01	86.30	79.48	25.82	18.55
1991	17.50	28.80	20.04	98.40	90.33	33.40	20.89
1992	25.15	38.40	25.77	98.30	92.10	53.18	27.00
1993	27.30	18.00	40.00	104.00	98.91	31.30	36.34
1994	21.90	24.00	38.50	149.20	137.32	32.29	34.32
1995	16.70	18.90	36.80	98.40	91.47	42.26	34.56
1996	17.70	17.10	22.80	78.00	102.90	42.14	23.86
1997	22.70	11.40	56.70	99.80	136.00	33.67	47.59
1998	24.80	27.50	29.40	156.00	113.30	35.89	28.19
1999	25.10	33.00	21.60	116.50	113.80	28.35	24.47
2000	28.10	20.30	25.10	88.50	96.60	36.60	26.58
2001	45.50	48.70	41.80	95.90	90.70	47.77	44.98
2002	29.60	27.20	29.90	123.10	103.50	30.21	29.18
2003	29.00	23.00	52.90	149.70	126.00	24.14	46.07
2004	33.20	17.60	29.60	80.00	102.40	28.47	26.39
2005	33.00	25.50	32.00	97.50	142.00	39.36	32.97
2006	31.60	28.00	28.80	108.00	118.60	25.66	29.36
2007	37.10	27.30	31.90	70.50	76.80	41.72	25.92

2008	29.60	33.10	42.10	95.80	68.30	32.93	36.70
2009	27.00	19.60	25.50	78.20	97.60	18.95	25.95
2010	28.60	22.60	25.10	69.90	108.50	43.45	24.73
2011	24.40	36.20	21.80	105.00	89.00	25.35	21.46
2012	23.70	30.70	33.50	103.00	80.00	27.50	33.58
2013	21.70	19.90	41.10	121.00	106.33	32.99	36.68

Nota. A partir de los valores recolectados se lograron identificar las precipitaciones máximas por año con lo cual se establecerán los procesos de identificación de la estación más adecuada para la estimación de los caudales para el cauce del río Huallaga.

Tabla 33

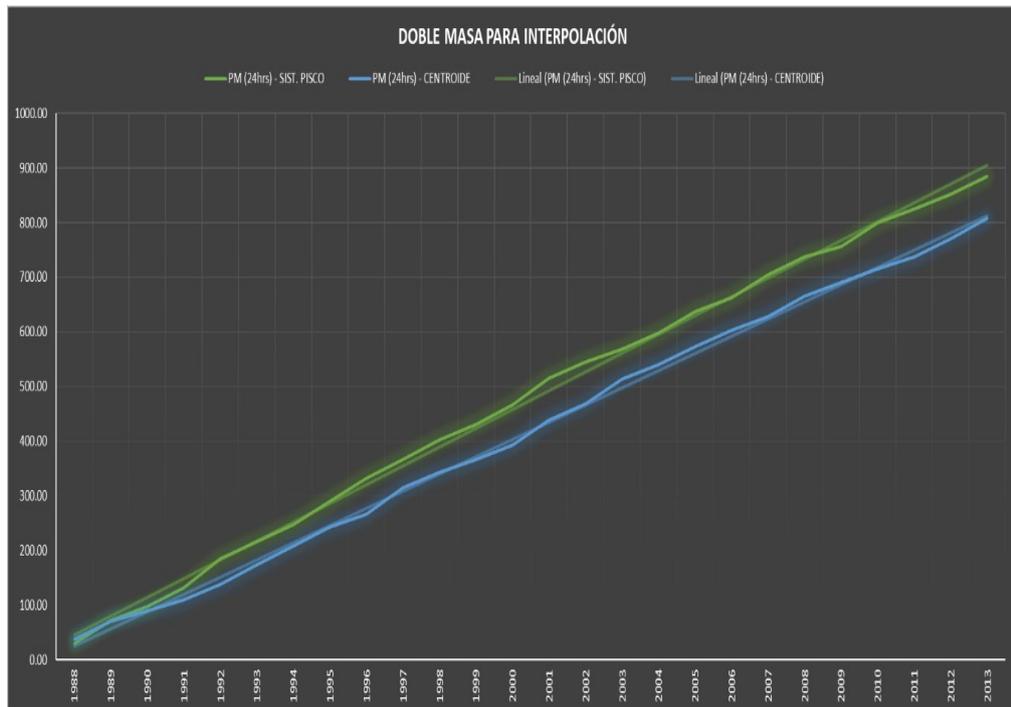
Precipitaciones acumuladas para el análisis de Doble Masa

DOBLE MASA														
AÑO	PM(24 hrs)- CANCHAN		PM(24 hrs)- HUANUCO		PM(24 hrs)-SAN RAFAEL		PM(24 hrs)-TINGO MARIA		PM(24 hrs)- TULUMAYO		PM(24 hrs)- SIST.PISCO		PM(24 hrs)- CENTROIDE	
	PP	PP ACUMULA DA	PP	PP ACUMULA DA	PP	PP ACUMULA DA	PP	PP ACUMULA DA	PP	PP ACUMULA DA	PP	PP ACUMULA DA	PP	PP ACUMULA DA
1988	20.63	20.63	20.10	20.10	42.70	42.70	89.00	89.00	62.23	62.23	30.44	30.44	37.60	37.60
1989	27.46	48.08	27.40	47.50	38.47	81.17	94.40	183.40	88.30	150.53	41.46	71.90	33.34	70.94
1990	18.10	66.18	21.30	68.80	18.01	99.18	86.30	269.70	79.48	230.02	25.82	97.72	18.55	89.49
1991	17.50	83.68	28.80	97.60	20.04	119.22	98.40	368.10	90.33	320.35	33.40	131.11	20.89	110.38
1992	25.15	108.84	38.40	136.00	25.77	144.99	98.30	466.40	92.10	412.45	53.18	184.29	27.00	137.39
1993	27.30	136.14	18.00	154.00	40.00	184.99	104.00	570.40	98.91	511.36	31.30	215.59	36.34	173.73
1994	21.90	158.04	24.00	178.00	38.50	223.49	149.20	719.60	137.32	648.68	32.29	247.88	34.32	208.04
1995	16.70	174.74	18.90	196.90	36.80	260.29	98.40	818.00	91.47	740.14	42.26	290.14	34.56	242.60
1996	17.70	192.44	17.10	214.00	22.80	283.09	78.00	896.00	102.90	843.04	42.14	332.29	23.86	266.46
1997	22.70	215.14	11.40	225.40	56.70	339.79	99.80	995.80	136.00	979.04	33.67	365.95	47.59	314.05
1998	24.80	239.94	27.50	252.90	29.40	369.19	156.00	1151.80	113.30	1092.34	35.89	401.84	28.19	342.24
1999	25.10	265.04	33.00	285.90	21.60	390.79	116.50	1268.30	113.80	1206.14	28.35	430.19	24.47	366.71
2000	28.10	293.14	20.30	306.20	25.10	415.89	88.50	1356.80	96.60	1302.74	36.60	466.79	26.58	393.28
2001	45.50	338.64	48.70	354.90	41.80	457.69	95.90	1452.70	90.70	1393.44	47.77	514.56	44.98	438.26
2002	29.60	368.24	27.20	382.10	29.90	487.59	123.10	1575.80	103.50	1496.94	30.21	544.77	29.18	467.44
2003	29.00	397.24	23.00	405.10	52.90	540.49	149.70	1725.50	126.00	1622.94	24.14	568.91	46.07	513.51
2004	33.20	430.44	17.60	422.70	29.60	570.09	80.00	1805.50	102.40	1725.34	28.47	597.38	26.39	539.90

2005	33.00	463.44	25.50	448.20	32.00	602.09	97.50	1903.00	142.00	1867.34	39.36	636.74	32.97	572.87
2006	31.60	495.04	28.00	476.20	28.80	630.89	108.00	2011.00	118.60	1985.94	25.66	662.40	29.36	602.23
2007	37.10	532.14	27.30	503.50	31.90	662.79	70.50	2081.50	76.80	2062.74	41.72	704.12	25.92	628.15
2008	29.60	561.74	33.10	536.60	42.10	704.89	95.80	2177.30	68.30	2131.04	32.93	737.05	36.70	664.85
2009	27.00	588.74	19.60	556.20	25.50	730.39	78.20	2255.50	97.60	2228.64	18.95	756.00	25.95	690.81
2010	28.60	617.34	22.60	578.80	25.10	755.49	69.90	2325.40	108.50	2337.14	43.45	799.45	24.73	715.54
2011	24.40	641.74	36.20	615.00	21.80	777.29	105.00	2430.40	89.00	2426.14	25.35	824.80	21.46	737.00
2012	23.70	665.44	30.70	645.70	33.50	810.79	103.00	2534.10	80.00	2506.14	27.50	852.30	33.58	770.58
2013	21.70	687.14	19.90	665.60	41.10	851.89	121.00	2655.10	106.33	2612.47	32.99	885.29	36.68	807.27

Nota. Los valores ya estimados de las máximas precipitaciones por año se hace un análisis de valores acumulados con la finalidad de identificar la consistencia de datos de manera visual.

Figura 29
Análisis de doble masa Sistema Pisco – Estación simulada



Nota. En la consideración del análisis de doble masa solo se tomaron en cuenta las estaciones por el sistema PISCO y la estación simulada a partir de los valores de las otras estaciones, debido a que dichos valores de precipitación son en específico para el área de interés, con ello se logró determinar que de manera visual la tendencia recta a partir de las gráficas un mejor ajuste lo presenta la tendencia de la estación simulada, definiendo así que los valores de precipitación seleccionados para la elaboración del modelo de caudales será el de la estación simulada.

4.2. ESTIMACIÓN DE INTENSIDADES

Para la determinación de las intensidades se realizaron previamente la consistencia estadística de los datos de precipitación seleccionados para la caracterización y estimación de precipitaciones para diferentes periodos de retorno.

Tabla 34

Ficha de distribución Normal para los datos de precipitación

#	PRECIPITACIÓN	PROMEDIO	DESV. ESTÁNDAR	$P(X) = N/N+1$	$Z = X - X_m/S$	$f(Z)$	$F(Z)$	Δ
1	18.55			0.0370	-1.626	0.106	0.0520	0.0150
2	20.89			0.0741	-1.321	0.167	0.0932	0.0192
3	21.46			0.1111	-1.248	0.183	0.1061	0.0050
4	23.86			0.1481	-0.936	0.258	0.1748	0.0266
5	24.47			0.1852	-0.856	0.277	0.1959	0.0108
6	24.73			0.2222	-0.822	0.285	0.2056	0.0167
7	25.92			0.2593	-0.667	0.319	0.2522	0.0070
8	25.95			0.2963	-0.663	0.320	0.2538	0.0425
9	26.39			0.3333	-0.605	0.332	0.2725	0.0609
10	26.58			0.3704	-0.582	0.337	0.2804	0.0900
11	27.00	31.05	7.69	0.4074	-0.527	0.347	0.2992	0.1082
12	28.19			0.4444	-0.371	0.372	0.3552	0.0892
13	29.18			0.4815	-0.243	0.387	0.4039	0.0776
14	29.36			0.5185	-0.220	0.389	0.4129	0.1056
15	32.97			0.5556	0.250	0.387	0.5987	0.0432
16	33.34			0.5926	0.298	0.382	0.6171	0.0246
17	33.58			0.6296	0.330	0.378	0.6292	0.0004
18	34.32			0.6667	0.425	0.364	0.6646	0.0020
19	34.56			0.7037	0.456	0.359	0.6759	0.0278
20	36.34			0.7407	0.688	0.315	0.7544	0.0137
21	36.68			0.7778	0.733	0.305	0.7683	0.0095
22	36.70			0.8148	0.736	0.304	0.7691	0.0457

23	37.60	0.8519	0.852	0.277	0.8030	0.0489
24	44.98	0.8889	1.812	0.077	0.9650	0.0761
25	46.07	0.9259	1.954	0.059	0.9747	0.0487
26	47.59	0.9630	2.152	0.039	0.9843	0.0213

<i>PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN</i>	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1082
Δ TABULAR	0.2667
<i>SE AJUSTA</i>	

Nota. Para la serie muestral de datos de precipitación se pudo determinar que el valor del delta 0.1082 para una distribución de tipo Normal.

Tabla 35
 Ficha de distribución Log-Normal 2P

#	PRECIPITACIÓN	Y=LnX	P(x)	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	Z=(X- Xm)/S	f(z)	F(z)	Δ
1	18.5511	2.9205	0.0370			-1.9882	0.0122	0.0234	0.0136
2	20.8935	3.0394	0.0741			-1.5019	0.0253	0.0666	0.0075
3	21.4586	3.0661	0.1111			-1.3928	0.0288	0.0818	0.0293
4	23.8574	3.1721	0.1481			-0.9595	0.0432	0.1687	0.0205
5	24.4670	3.1973	0.1852			-0.8563	0.0462	0.1959	0.0107
6	24.7307	3.2080	0.2222			-0.8124	0.0474	0.2083	0.0140
7	25.9180	3.2549	0.2593			-0.6207	0.0519	0.2674	0.0081
8	25.9550	3.2564	0.2963			-0.6149	0.0520	0.2693	0.0270
9	26.3949	3.2732	0.3333			-0.5461	0.0532	0.2925	0.0408
10	26.5779	3.2801	0.3704			-0.5179	0.0537	0.3023	0.0681
11	27.0010	3.2959	0.4074			-0.4533	0.0545	0.3252	0.0822
12	28.1944	3.3391	0.4444			-0.2764	0.0557	0.3911	0.0533
13	29.1782	3.3734	0.4815	3.4067	0.2445	-0.1362	0.0554	0.4458	0.0356
14	29.3574	3.3795	0.5185			-0.1111	0.0552	0.4558	0.0628
15	32.9712	3.4956	0.5556			0.3636	0.0463	0.6419	0.0864
16	33.3393	3.5067	0.5926			0.4090	0.0450	0.6587	0.0661
17	33.5830	3.5140	0.6296			0.4388	0.0441	0.6696	0.0400
18	34.3168	3.5356	0.6667			0.5272	0.0414	0.7010	0.0343
19	34.5566	3.5426	0.7037			0.5556	0.0405	0.7108	0.0071
20	36.3404	3.5929	0.7407			0.7615	0.0336	0.7768	0.0361
21	36.6842	3.6023	0.7778			0.8000	0.0323	0.7881	0.0104
22	36.7046	3.6029	0.8148			0.8022	0.0322	0.7888	0.0260
23	37.6005	3.6270	0.8519			0.9009	0.0289	0.8162	0.0357
24	44.9755	3.8061	0.8889			1.6333	0.0096	0.9488	0.0599
25	46.0704	3.8302	0.9259			1.7316	0.0079	0.9583	0.0324

26	47.5885	3.8626	0.9630	1.8642	0.0060	0.9689	0.0059
-----------	----------------	--------	--------	--------	--------	--------	---------------

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN

N	26
Δ TEÓRICO	0.0864
Δ TABULAR	0.2667
<i>SE AJUSTA</i>	

Nota. Para la serie muestral de datos de precipitación se pudo determinar que el valor del delta 0.0864 para una distribución de tipo Log-Normal 2P.

Tabla 36
Ficha de distribución Log-Normal 3P

#	PRECIPITACIÓN	P(X)	Mediana	X0	(X-X0)	Ln (X-X0)	Media Ln (X-X0)	Desv. Estándar Ln(X-X0)	Z	f(Z)	F(Z)	Δ
1	18.5511	0.0370			15.1036	2.7149			- 2.0856	0.0111	0.0185	0.0185
2	20.8935	0.0741			17.4460	2.8591			- 1.5545	0.0252	0.0600	0.0140
3	21.4586	0.1111			18.0111	2.8910			- 1.4371	0.0291	0.0754	0.0358
4	23.8574	0.1481			20.4099	3.0160			- 0.9765	0.0447	0.1644	0.0163
5	24.4670	0.1852			21.0195	3.0454			- 0.8681	0.0480	0.1927	0.0075
6	24.7307	0.2222			21.2832	3.0579			- 0.8222	0.0492	0.2055	0.0167
7	25.9180	0.2593			22.4705	3.1122			- 0.6222	0.0539	0.2669	0.0076
8	25.9550	0.2963	29.2678	3.4475	22.5075	3.1138	3.2811	0.2715	- 0.6161	0.0540	0.2689	0.0274
9	26.3949	0.3333			22.9474	3.1332			- 0.5448	0.0552	0.2929	0.0404
10	26.5779	0.3704			23.1304	3.1411			- 0.5156	0.0556	0.3031	0.0673
11	27.0010	0.4074			23.5535	3.1593			- 0.4488	0.0564	0.3268	0.0806
12	28.1944	0.4444			24.7469	3.2087			- 0.2667	0.0573	0.3948	0.0496
13	29.1782	0.4815			25.7307	3.2477			- 0.1231	0.0567	0.4510	0.0305
14	29.3574	0.5185			25.9099	3.2546			- 0.0976	0.0564	0.4611	0.0574

15	32.9712	0.5556	29.5237	3.3852	0.3834	0.0462	0.6493	0.0937
16	33.3393	0.5926	29.8918	3.3976	0.4290	0.0448	0.6660	0.0735
17	33.5830	0.6296	30.1355	3.4057	0.4589	0.0439	0.6769	0.0472
18	34.3168	0.6667	30.8693	3.4298	0.5475	0.0410	0.7080	0.0413
19	34.5566	0.7037	31.1091	3.4375	0.5760	0.0400	0.7177	0.0140
20	36.3404	0.7407	32.8929	3.4933	0.7814	0.0329	0.7827	0.0420
21	36.6842	0.7778	33.2367	3.5037	0.8197	0.0316	0.7938	0.0160
22	36.7046	0.8148	33.2571	3.5043	0.8220	0.0315	0.7945	0.0204
23	37.6005	0.8519	34.1530	3.5308	0.9199	0.0282	0.8212	0.0307
24	44.9755	0.8889	41.5280	3.7264	1.6401	0.0092	0.9495	0.0606
25	46.0704	0.9259	42.6229	3.7524	1.7360	0.0076	0.9587	0.0328
26	47.5885	0.9630	44.1410	3.7874	1.8649	0.0058	0.9689	0.0059

<i>PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN</i>	
<i>N</i>	26
Δ <i>TEÓRICO</i>	0.0937
Δ <i>TABULAR</i>	0.2667
<i>SE AJUSTA</i>	

Nota. Para la serie muestral de datos de precipitación se pudo determinar que el valor del delta 0.0937 para una distribución de tipo Log-Normal 3P.

Tabla 37

Ficha de distribución Gamma 2P para los datos de precipitación

#	PRECIITACIÓN	Ln x	P(x)	Media X	Media Ln x	Y	Y	β	f(x)	F(x)	Δ
1	18.5511	2.9205	0.0370	31.0487	3.4067	0.0288	17.5066	1.7735	0.0125	0.0286	0.0084
2	20.8935	3.0394	0.0741						0.0237	0.0704	0.0037
3	21.4586	3.0661	0.1111						0.0268	0.0847	0.0264
4	23.8574	3.1721	0.1481						0.0399	0.1649	0.0167
5	24.4670	3.1973	0.1852						0.0429	0.1901	0.0049
6	24.7307	3.2080	0.2222						0.0441	0.2016	0.0206
7	25.9180	3.2549	0.2593						0.0490	0.2570	0.0023
8	25.9550	3.2564	0.2963						0.0491	0.2588	0.0375
9	26.3949	3.2732	0.3333						0.0506	0.2807	0.0526
10	26.5779	3.2801	0.3704						0.0511	0.2900	0.0804
11	27.0010	3.2959	0.4074						0.0523	0.3119	0.0955
12	28.1944	3.3391	0.4444						0.0545	0.3757	0.0687
13	29.1782	3.3734	0.4815						0.0551	0.4297	0.0518
14	29.3574	3.3795	0.5185						0.0551	0.4396	0.0789
15	32.9712	3.4956	0.5556						0.0488	0.6305	0.0750
16	33.3393	3.5067	0.5926						0.0476	0.6483	0.0557
17	33.5830	3.5140	0.6296						0.0468	0.6598	0.0302
18	34.3168	3.5356	0.6667						0.0442	0.6932	0.0265
19	34.5566	3.5426	0.7037						0.0433	0.7037	0.0000
20	36.3404	3.5929	0.7407						0.0364	0.7748	0.0341
21	36.6842	3.6023	0.7778						0.0350	0.7871	0.0093
22	36.7046	3.6029	0.8148						0.0349	0.7878	0.0270
23	37.6005	3.6270	0.8519						0.0314	0.8175	0.0343
24	44.9755	3.8061	0.8889						0.0094	0.9581	0.0693
25	46.0704	3.8302	0.9259						0.0076	0.9674	0.0415
26	47.5885	3.8626	0.9630						0.0055	0.9773	0.0143

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26

Δ TEÓRICO	0.0955
Δ TABULAR	0.2667
<i>SE AJUSTA</i>	

Nota. Para la serie muestral de datos de precipitación se pudo determinar que el valor del delta 0.0955 para una distribución de tipo Gamma 2P.

Tabla 38

Ficha de distribución Gamma 3P para los datos de precipitación

#	PRECIPITACIÓN	P(x)	Media (x)	S	Cs	X0	(x-X0)	β	Y	f(x)	F(x)	Δ
1	18.5511	0.0370	31.0487	7.6870	0.5886	4.9283	13.6228	2.2622	11.5464	0.0135	0.0292	0.0079
2	20.8935	0.0741					15.9652			0.0255	0.0743	0.0003
3	21.4586	0.1111					16.5303			0.0287	0.0896	0.0215
4	23.8574	0.1481					18.9292			0.0415	0.1742	0.0260
5	24.4670	0.1852					19.5387			0.0442	0.2003	0.0151
6	24.7307	0.2222					19.8024			0.0454	0.2121	0.0101
7	25.9180	0.2593					20.9898			0.0496	0.2686	0.0094
8	25.9550	0.2963					21.0267			0.0497	0.2705	0.0258
9	26.3949	0.3333					21.4666			0.0509	0.2926	0.0407
10	26.5779	0.3704					21.6496			0.0513	0.3020	0.0684
11	27.0010	0.4074					22.0727			0.0522	0.3239	0.0835
12	28.1944	0.4444					23.2661			0.0537	0.3872	0.0572
13	29.1782	0.4815					24.2499			0.0538	0.4402	0.0413
14	29.3574	0.5185					24.4291			0.0537	0.4498	0.0687
15	32.9712	0.5556					28.0430			0.0466	0.6338	0.0782
16	33.3393	0.5926					28.4110			0.0454	0.6507	0.0581
17	33.5830	0.6296					28.6547			0.0446	0.6617	0.0321
18	34.3168	0.6667					29.3885			0.0421	0.6935	0.0269
19	34.5566	0.7037					29.6283			0.0413	0.7035	0.0002
20	36.3404	0.7407					31.4122			0.0348	0.7714	0.0307
21	36.6842	0.7778					31.7559			0.0335	0.7831	0.0054
22	36.7046	0.8148					31.7763			0.0334	0.7838	0.0310
23	37.6005	0.8519					32.6722			0.0302	0.8123	0.0396
24	44.9755	0.8889					40.0473			0.0099	0.9513	0.0624
25	46.0704	0.9259					41.1421			0.0081	0.9612	0.0352
26	47.5885	0.9630					42.6602			0.0061	0.9719	0.0089

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26

Δ	0.0835
TEÓRICO	
Δ	0.2667
TABULAR	
<i>SE AJUSTA</i>	

Nota. Para la serie muestral de datos de precipitación se pudo determinar que el valor del delta 0.0835 para una distribución de tipo Gamma 3P.

Tabla 39

Ficha de distribución Gumbel para los datos de precipitación

#	PRECIPITACIÓN	P(x)	Media (x)	S (x)	μ	α	f(x)	F(x)	Δ
1	18.5511	0.0370	31.05	7.6870	27.5896	5.9935	0.0015	0.0109	0.0261
2	20.8935	0.0741					0.0063	0.0471	0.0270
3	21.4586	0.1111					0.0083	0.0620	0.0492
4	23.8574	0.1481					0.0207	0.1551	0.0069
5	24.4670	0.1852					0.0248	0.1857	0.0005
6	24.7307	0.2222					0.0267	0.1996	0.0226
7	25.9180	0.2593					0.0357	0.2667	0.0074
8	25.9550	0.2963					0.0360	0.2689	0.0274
9	26.3949	0.3333					0.0395	0.2951	0.0383
10	26.5779	0.3704					0.0409	0.3061	0.0643
11	27.0010	0.4074					0.0444	0.3318	0.0756
12	28.1944	0.4444					0.0541	0.4049	0.0395
13	29.1782	0.4815					0.0621	0.4643	0.0172
14	29.3574	0.5185					0.0635	0.4749	0.0436
15	32.9712	0.5556					0.0890	0.6654	0.1098
16	33.3393	0.5926					0.0912	0.6817	0.0891
17	33.5830	0.6296					0.0926	0.6922	0.0626
18	34.3168	0.6667					0.0966	0.7222	0.0555
19	34.5566	0.7037					0.0978	0.7315	0.0277
20	36.3404	0.7407					0.1060	0.7928	0.0520
21	36.6842	0.7778					0.1074	0.8031	0.0253
22	36.7046	0.8148					0.1075	0.8037	0.0111
23	37.6005	0.8519					0.1108	0.8285	0.0234
24	44.9755	0.8889					0.1266	0.9465	0.0576
25	46.0704	0.9259					0.1277	0.9552	0.0293
26	47.5885	0.9630					0.1290	0.9651	0.0021

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1098

Δ TABULAR	0.2667
<i>SE AJUSTA</i>	

Nota. Para la serie muestral de datos de precipitación se pudo determinar que el valor del delta 0.1098 para una distribución de tipo Gumbel.

Tabla 40

Ficha de distribución Log-Gumbel para los datos de precipitación

#	PRECIPITACIÓN	$P(x)$	$Ln(x)$	Media $Ln(x)$	S $Ln(x)$	μ	α	$F(x)$	Δ
1	18.5511	0.0370	2.9205	3.4067	0.2445	3.2967	0.1907	0.0008	0.0363
2	20.8935	0.0741	3.0394					0.0212	0.0529
3	21.4586	0.1111	3.0661					0.0351	0.0761
4	23.8574	0.1481	3.1721					0.1463	0.0018
5	24.4670	0.1852	3.1973					0.1857	0.0005
6	24.7307	0.2222	3.2080					0.2036	0.0187
7	25.9180	0.2593	3.2549					0.2880	0.0288
8	25.9550	0.2963	3.2564					0.2907	0.0056
9	26.3949	0.3333	3.2732					0.3226	0.0107
10	26.5779	0.3704	3.2801					0.3359	0.0345
11	27.0010	0.4074	3.2959					0.3663	0.0411
12	28.1944	0.4444	3.3391					0.4491	0.0047
13	29.1782	0.4815	3.3734					0.5124	0.0309
14	29.3574	0.5185	3.3795					0.5233	0.0048
15	32.9712	0.5556	3.4956					0.7031	0.1476
16	33.3393	0.5926	3.5067					0.7173	0.1247
17	33.5830	0.6296	3.5140					0.7263	0.0966
18	34.3168	0.6667	3.5356					0.7516	0.0849
19	34.5566	0.7037	3.5426					0.7593	0.0556
20	36.3404	0.7407	3.5929					0.8094	0.0687
21	36.6842	0.7778	3.6023					0.8177	0.0399
22	36.7046	0.8148	3.6029					0.8182	0.0034
23	37.6005	0.8519	3.6270					0.8379	0.0139
24	44.9755	0.8889	3.8061					0.9332	0.0443
25	46.0704	0.9259	3.8302					0.9409	0.0150
26	47.5885	0.9630	3.8626					0.9499	0.0131

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN

N **26**

Δ TEÓRICO	0.1476
Δ TABULAR	0.2667
<i>SE AJUSTA</i>	

Nota. Para la serie muestral de datos de precipitación se pudo determinar que el valor del delta 0.1476 para una distribución de tipo Log-Gumbel.

Tabla 41

Ficha de resultados de distribuciones estadísticas

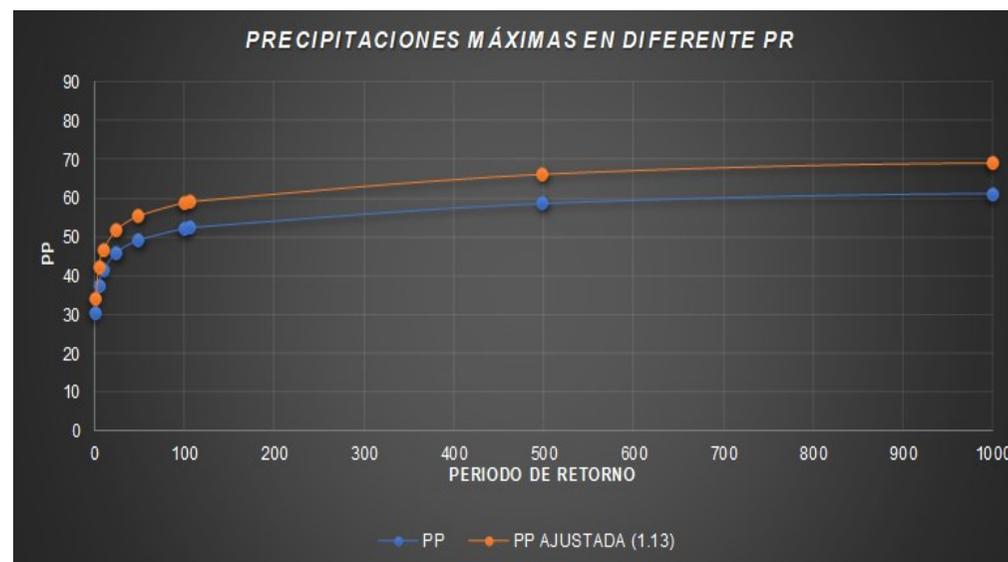
PP MAX EN 24 Hrs.			
ESTACIÓN:	CENTRO DE LA CUENCA		
LONGITUD:	76°13'54.08"		
LATITUD:	9°44'35.11"		
ELEVACIÓN:	-		
AÑO	PM (24hrs) - SIST. PISCO		
1988	37.60		
1989	33.34		
1990	18.55		
1991	20.89	PRUEBA DE BONDAD KOLMOGOROV-SMIRNOV DISTRIBUCIÓN	Δ TEÓRICO
1992	27.00	NORMAL	0.1082
1993	36.34	LOG NORMAL 2P	0.0864
1994	34.32	LOG NORMAL 3P	0.0937
1995	34.56	GAMMA 2P	0.0955
1996	23.86	GAMMA 3P	0.0835
1997	47.59	GUMBEL	0.1098
1998	28.19	LOG-GUMBEL	0.1476
1999	24.47	CONCLUSIÓN	0.0835
2000	26.58		GAMMA 3P
2001	44.98		
2002	29.18		
2003	46.07	PRECIPITACIONES	
2004	26.39	PR	PP (mm)
2005	32.97	5	37.2
2006	29.36	10	41.25
2007	25.92	25	45.92
2008	36.70	50	49.13
2009	25.95	100	52.15
2010	24.73	500	58.59
2011	21.46		
2012	33.58		
2013	36.68		
# DE DATOS	26.00		
SUMA	807.27		
MÍNIMO	18.55		
MÁXIMO	47.59		
PROMEDIO	31.05		
VARIANZA	59.09		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.69		
COEF. VARIACIÓN	0.25		
COEF. SESGO	0.59		

Nota. De los resultados obtenidos de las deltas teóricas que se ajustan a la serie de datos y a las distribuciones estadísticas se pudo estimar que el valor mínimo del delta teórico es el de la distribución Gamma 3P con la cual se hicieron las estimaciones de la precipitación para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años con lo cual se determinaron las precipitaciones de 37.20, 41.25, 45.92, 49.13, 52.15 y 58.59 mm respectivamente.

Tabla 42

Ficha de estimación de intensidad a partir de la precipitación

PRECIPITACIONES MAXIMAS			
PERIODO DE RETORNO	PP	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PP AJUSTADA (1.13)
2	30.3	0.50000	34.2390
5	37.2	0.80000	42.0360
10	41.25	0.90000	46.6125
25	45.92	0.96000	51.8896
50	49.13	0.98000	55.5169
100	52.15	0.99000	58.9295
105	52.36	0.99048	59.1668
500	58.59	0.99800	66.2067
1000	61.15	0.99900	69.0995
10000	68.29	0.99990	77.1677



Nota. De las precipitaciones calculadas para los diferentes periodos de retorno, se realizaron un reajuste debido a la poca recurrencia en la recolección de datos diarios, dicha corrección se realiza a partir de la multiplicación por el factor 1.3 establecido por lo manuales internacionales de hidrología y estadística.

Tabla 43*Ficha de estimación de precipitaciones e intensidades*

PRECIPITACIONES MAXIMAS PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACION (mm)											
TIEMPO DE DURACION	COEFICIENTE	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	105 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS	10000 AÑOS
1 hr	0.3	10.2493	12.5833	13.9533	15.5330	16.6188	17.6404	17.7114	19.8188	20.6847	23.0999
2 hr	0.39	13.4204	16.4765	18.2703	20.3388	21.7605	23.0981	23.1911	25.9505	27.0844	30.2468
3 hr	0.46	15.7738	19.3659	21.4743	23.9054	25.5765	27.1487	27.2580	30.5013	31.8340	35.5510
4 hr	0.52	17.7267	21.7634	24.1328	26.8650	28.7428	30.5098	30.6326	34.2774	35.7751	39.9523
5 hr	0.57	19.4166	23.8382	26.4335	29.4261	31.4831	33.4184	33.5560	37.5452	39.1857	43.7611
6 hr	0.61	20.9099	25.6716	28.4665	31.6892	33.9045	35.9885	36.1335	40.4328	42.1994	47.1267
8 hr	0.68	23.4495	28.7895	31.9239	35.5380	38.0223	40.3595	40.5220	45.3435	47.3247	52.8504
10 hr	0.75	25.5354	31.3504	34.7635	38.6992	41.4044	43.9495	44.1265	49.3768	51.5343	57.5515
12 hr	0.8	27.2796	33.4918	37.1381	41.3426	44.2326	46.9516	47.1407	52.7497	55.0545	61.4827
14 hr	0.84	28.7627	35.3127	39.1572	43.5906	46.6374	49.5042	49.7035	55.6174	58.0476	64.8253
16 hr	0.88	30.0489	36.8917	40.9081	45.5394	48.7228	51.7178	51.9260	58.1044	60.6432	67.7240
18 hr	0.91	31.1927	38.5850	42.4653	47.2729	50.5775	53.6865	53.9026	60.3162	62.9516	70.3020
20 hr	0.94	32.2426	39.5850	43.8946	48.8640	52.2998	55.4934	55.7169	62.3462	65.0704	72.6682
22 hr	0.97	33.2424	40.8125	45.2558	50.3792	53.9010	57.2142	57.4446	64.2796	67.0882	74.9216
24 hr	1	34.2390	42.0360	46.6125	51.8896	55.5169	58.9295	59.1668	66.2067	69.0995	77.1677
INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/hr)											
TIEMPO DE DURACION	MIN	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	105 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS	10000 AÑOS
1 hr	60.00	10.2493	12.5833	13.9533	15.5330	16.6188	17.6404	17.7114	19.8188	20.6847	23.0999
2 hr	120.00	13.4204	16.4765	18.2703	20.3388	21.7605	23.0981	23.1911	25.9505	27.0844	30.2468

3 hr	180.00	15.7738	19.3659	21.4743	23.9054	25.5765	27.1487	27.2580	30.5013	31.8340	35.5510
4 hr	240.00	17.7267	21.7634	24.1328	26.8650	28.7428	30.5098	30.6326	34.2774	35.7751	39.9523
5 hr	300.00	19.4166	23.8382	26.4335	29.4261	31.4831	33.4184	33.5560	37.5452	39.1857	43.7611
6 hr	360.00	20.9099	25.6716	28.4665	31.6892	33.9045	35.9885	36.1335	40.4328	42.1994	47.1267
8 hr	480.00	23.4495	28.7895	31.9239	35.5380	38.0223	40.3595	40.5220	45.3435	47.3247	52.8504
10 hr	600.00	25.5354	31.3504	34.7635	38.6992	41.4044	43.9495	44.1265	49.3768	51.5343	57.5515
12 hr	720.00	27.2796	33.4918	37.1381	41.3426	44.2326	46.9516	47.1407	52.7497	55.0545	61.4827
14 hr	840.00	28.7627	35.3127	39.1572	43.5906	46.6374	49.5042	49.7035	55.6174	58.0476	64.8253
16 hr	960.00	30.0489	36.8917	40.9081	45.5394	48.7228	51.7178	51.9260	58.1044	60.6432	67.7240
18 hr	1080.00	31.1927	38.5850	42.4653	47.2729	50.5775	53.6865	53.9026	60.3162	62.9516	70.3020
20 hr	1200.00	32.2426	39.5850	43.8946	48.8640	52.2998	55.4934	55.7169	62.3462	65.0704	72.6682
22 hr	1320.00	33.2424	40.8125	45.2558	50.3792	53.9010	57.2142	57.4446	64.2796	67.0882	74.9216
24 hr	1440.00	34.2390	42.0360	46.6125	51.8896	55.5169	58.9295	59.1668	66.2067	69.0995	77.1677

Nota. De los valores de precipitación corregidas determinados con anterioridad se elaboró una distribución en diferentes tiempos teniendo en cuenta los periodos de retorno, con ello y aplicando la metodología de los índices establecido en el manual nacional de hidrología se lograron estimar los valores de intensidad distribuidos en diferentes duraciones y teniendo en cuenta los periodos de retorno de interés.

Tabla 44*Ficha de estimación de valores de la ecuación de la intensidad*

PRECIPITACIONES MAXIMAS		
PR (AÑOS)	TERMINO CTE DE REGRESION	COEFICIENTE DE REGRESION
2	131.0938	-0.61860
5	160.9469	-0.61860
10	178.4693	-0.61860
25	198.6742	-0.61860
50	212.5624	-0.61860
100	225.6285	-0.61860
105	226.5371	-0.61860
500	253.4913	-0.61860
1000	264.5673	-0.61860
10000	295.4587	-0.61860
PROM	214.7429	-0.61860

REGRESION POTENCIAL						
Nº	T	d	ln T	ln d	ln T*ln d	(ln T)^2
1	2	131.0938	0.6931	4.8759	3.3797	0.4805
2	5	160.9469	1.6094	5.0811	8.1777	2.5903
3	10	178.4693	2.3026	5.1844	11.9376	5.3019
4	25	198.6742	3.2189	5.2917	17.0332	10.3612
5	50	212.5624	3.912	5.3592	20.9655	15.3039
6	100	225.6235	4.6052	5.4189	24.9549	21.2076
7	105	226.5371	4.654	5.5353	25.2380	21.6593
8	500	253.4913	6.2146	5.5781	34.3999	38.6214
9	1000	264.5673	6.9078	5.6885	38.5321	47.7171
10	10000	295.4587	9.2103	53.4361	52.3933	84.8304
10	11797	2147.4295	43.3279	53.4361	237.0119	248.0735
Ln(K)	4.9498	K=	141.1459	m=	0.0909	

Nota. A partir de los valores de intensidad se realizaron ecuaciones de tipo regresiones lineales con la finalidad de establecer una ecuación que determine y se aproxime para cualquier periodo de retorno y en cualquier momento de la duración del evento de la intensidad, con ello se lograron establecer los coeficientes que determinan una ecuación de intensidad adecuada.

Tabla 45

Valores y gráfica de la curva Intensidad – Duración – Frecuencia

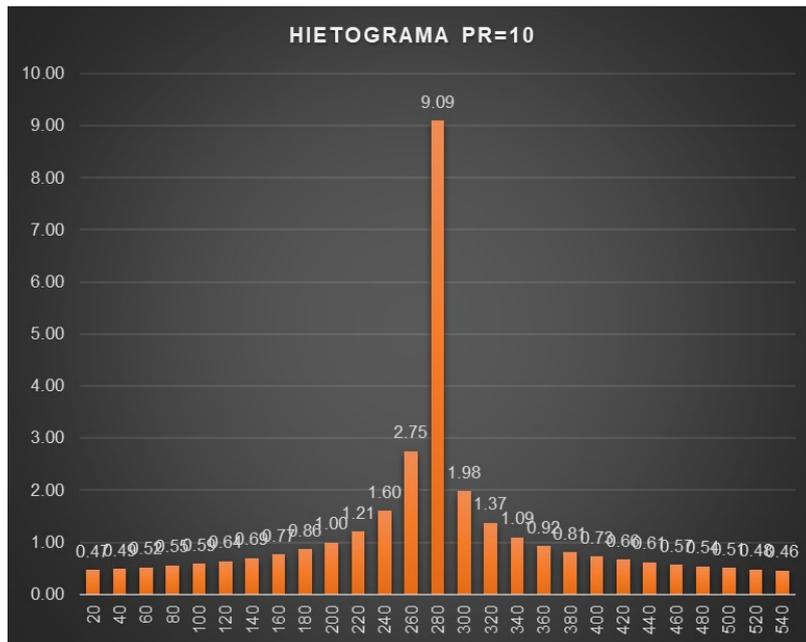
FACTORES PARA LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD		$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$
K	141.146	
m	0.091	
n	0.619	

CUADRO DE INTENSIDADES PARA DIFERENTES PERIODOS DE DURACIÓN												
AÑOS	DURACIÓN EN MINUTOS											
T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T-2	55.55	36.18	28.15	23.56	20.53	18.34	16.67	15.35	14.27	13.37	12.60	11.94
T-5	60.37	39.32	30.60	25.61	22.31	19.93	18.12	16.68	15.51	14.53	13.70	12.98
T-10	64.30	41.88	32.59	27.28	23.76	21.22	19.29	17.76	16.52	15.47	14.59	13.82
T-25	69.88	45.51	35.42	29.64	25.82	23.07	20.97	19.31	17.95	16.82	15.86	15.02
T-50	74.43	48.47	37.72	31.57	27.50	24.57	22.33	20.56	19.12	17.91	16.89	16.00
T-100	79.26	51.63	40.17	33.62	29.29	26.17	23.79	21.90	20.36	19.08	17.98	17.04
T-105	79.62	51.86	40.35	33.77	29.42	26.28	23.89	22.00	20.45	19.16	18.06	17.12
T-500	91.75	59.76	46.50	38.92	33.90	30.29	27.53	25.35	23.57	22.08	20.82	19.73
T-1000	97.72	63.64	49.53	41.45	36.11	32.26	29.32	27.00	25.10	23.52	22.17	21.01
T-10000	120.47	78.46	61.06	51.10	44.51	39.77	36.15	33.28	30.94	28.99	27.33	25.90

Fuente: Elaboración Propia

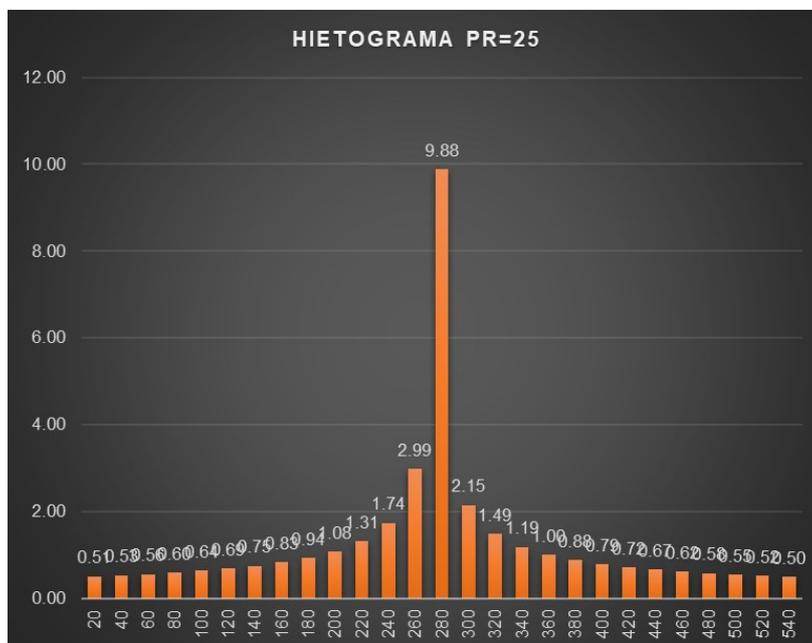
Nota. De la regresión lineal calculada con anterioridad se lograron estimar los valores de coeficientes de la ecuación general de la intensidad, donde los valores son 141.146, 0.091 y 0.619 para los factores K, m y n respectivamente, con la ecuación ya definida se procedió a la elaboración de la gráfica de intensidad duración y frecuencia.

Figura 30
Hietograma para un periodo de retorno de 10 años



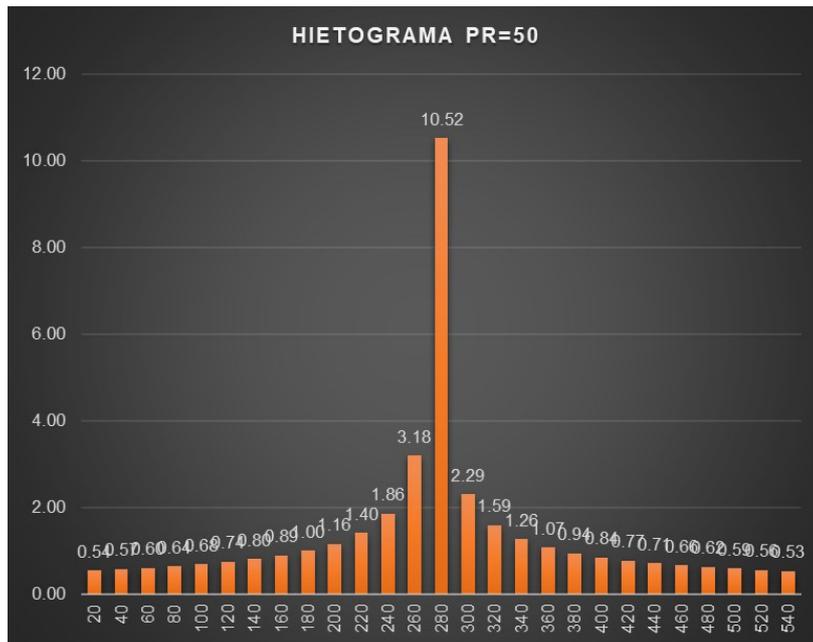
Nota. Para un periodo de retorno de 10 años, con un tiempo de concentración de 9hrs se pudo determinar que la intensidad pico es de un valor de 9.09 mm.

Figura 31
Hietograma para un periodo de retorno de 25 años



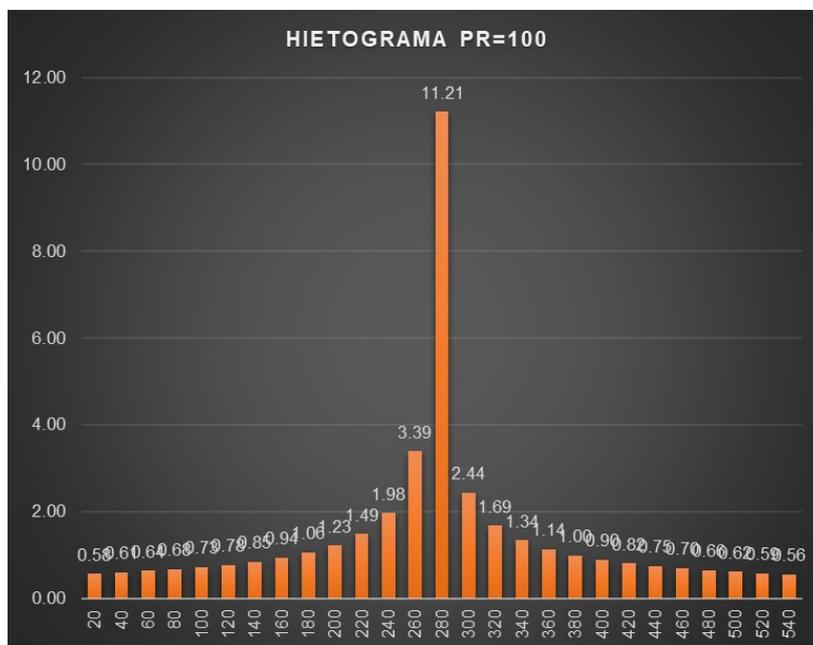
Nota. Para un periodo de retorno de 25 años, con un tiempo de concentración de 9hrs se pudo determinar que la intensidad pico es de un valor de 9.88 mm.

Figura 32
Hietograma para un periodo de retorno de 50 años



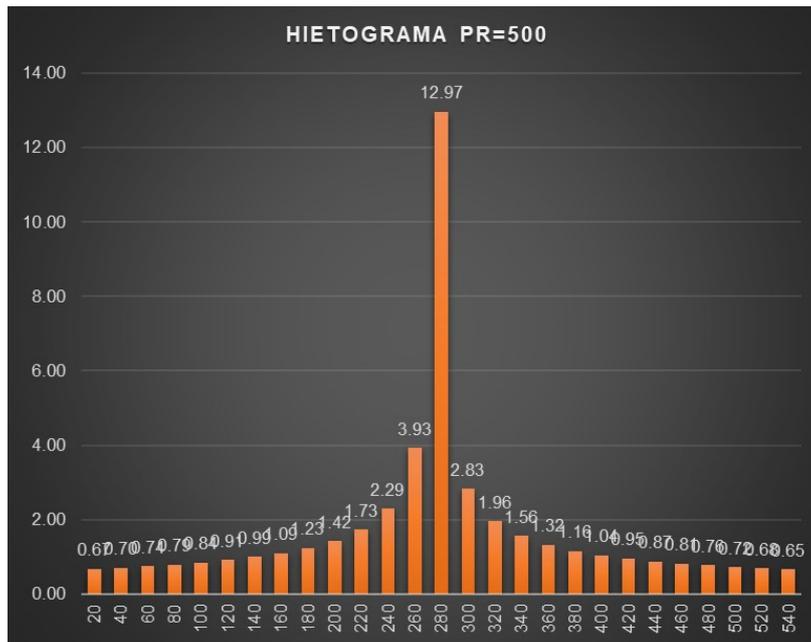
Nota. Para un periodo de retorno de 50 años, con un tiempo de concentración de 9hrs se pudo determinar que la intensidad pico es de un valor de 10.52 mm.

Figura 33
Hietograma para un periodo de retorno de 100 años



Nota. Para un periodo de retorno de 100 años, con un tiempo de concentración de 9hrs se pudo determinar que la intensidad pico es de un valor de 11.21 mm.

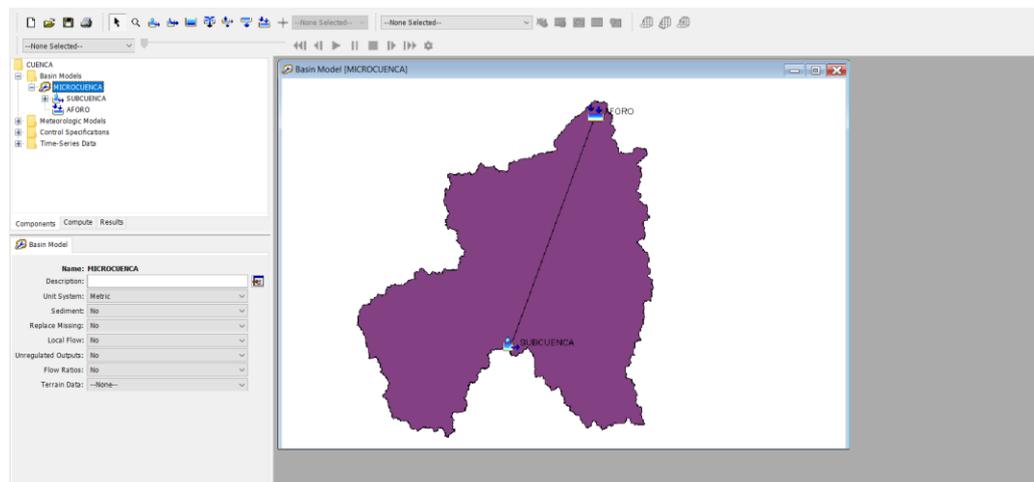
Figura 34
Hietograma para un periodo de retorno de 500 años



Nota. Para un periodo de retorno de 500 años, con un tiempo de concentración de 9hrs se pudo determinar que la intensidad pico es de un valor de 12.97 mm.

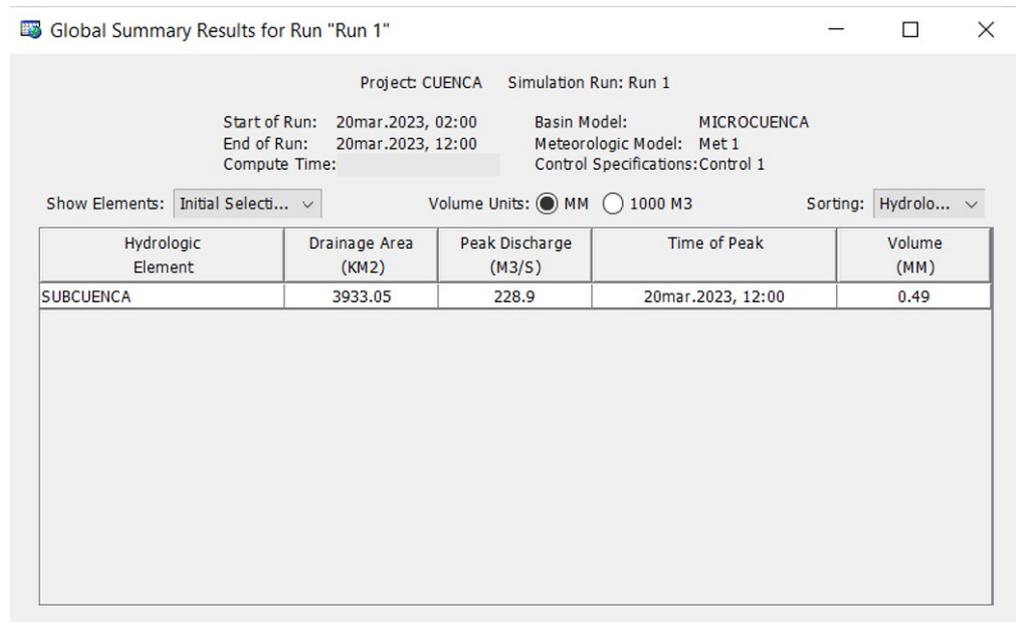
4.2.1. ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE INUNDACIÓN

Figura 35
Interfaz del software Hec-HMS



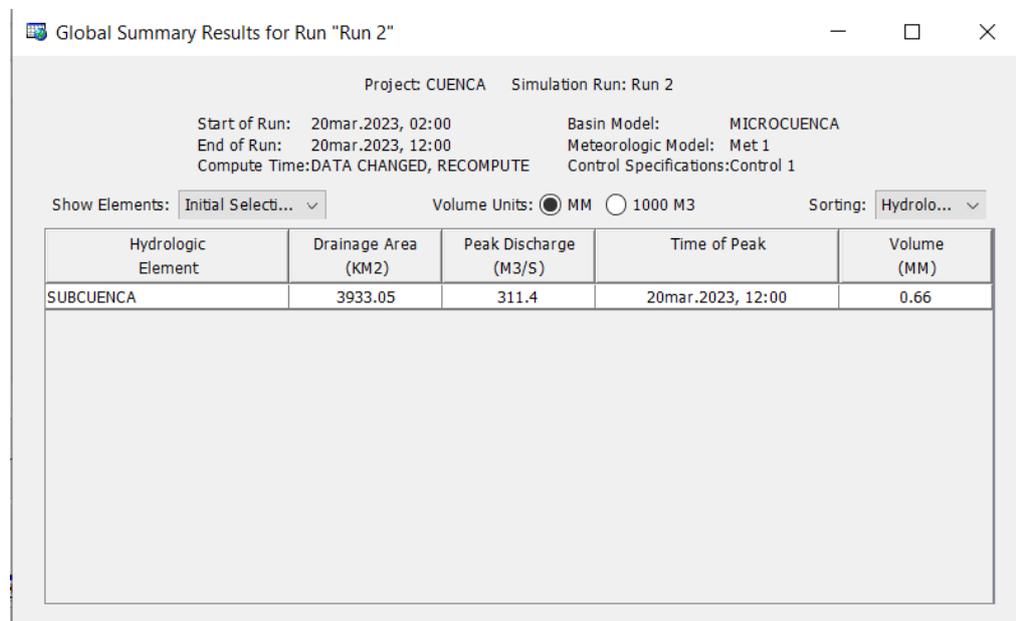
Nota. Dentro del software se cargaron los parámetros geomorfológicos de la cuenca ya estimados con anterioridad, adicionalmente también se tuvo en cuenta las características del suelo ya que para la investigación se elaboraron los modelos del número de curva para la estimación de los caudales de inundación.

Figura 36
Caudal de inundación para un PR de 10 años



Nota. Para un periodo de retorno de 10 años el software HEC-HMS estima que el caudal es de 228.9 m3/s.

Figura 37
Caudal de inundación para un PR de 25 años



Nota. Para un periodo de retorno de 25 años el software HEC-HMS estima que el caudal es de 311.4 m3/s.

Figura 38
Caudal de inundación para un PR de 50 años

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SUBCUENCA	3933.05	388.4	20mar.2023, 12:00	0.81

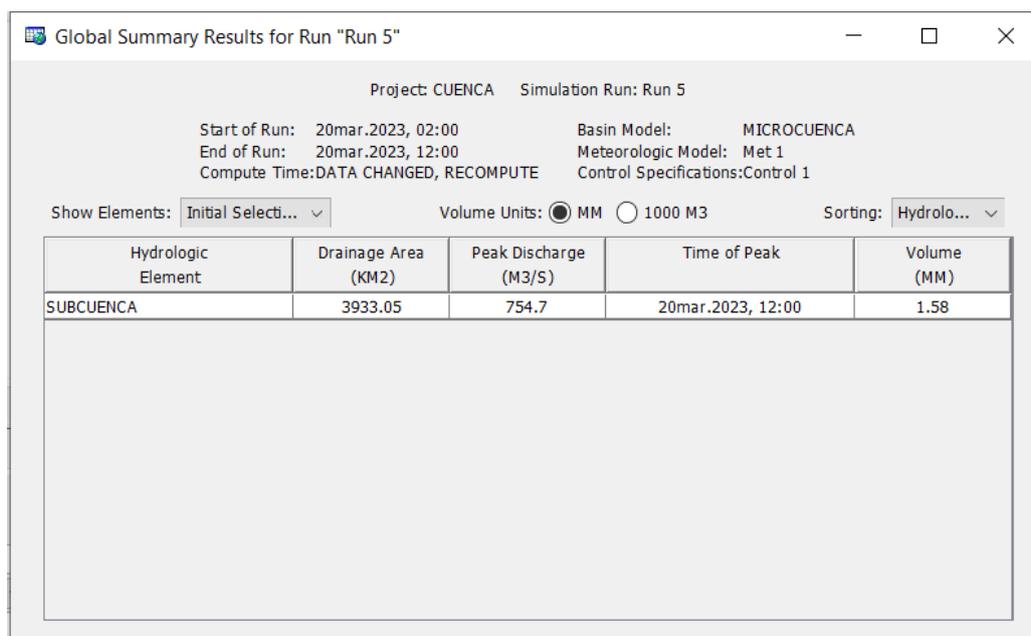
Nota. Para un periodo de retorno de 50 años el software HEC-HMS estima que el caudal es de 388.4 m3/s.

Figura 39
Caudal de inundación para un PR de 100 años

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SUBCUENCA	3933.05	479.5	20mar.2023, 12:00	1.00

Nota. Para un periodo de retorno de 100 años el software HEC-HMS estima que el caudal es de 479.5 m3/s.

Figura 40
Caudal de inundación para un PR de 500 años



Nota. Para un periodo de retorno de 500 años el software HEC-HMS estima que el caudal es de 754.7 m3/s.

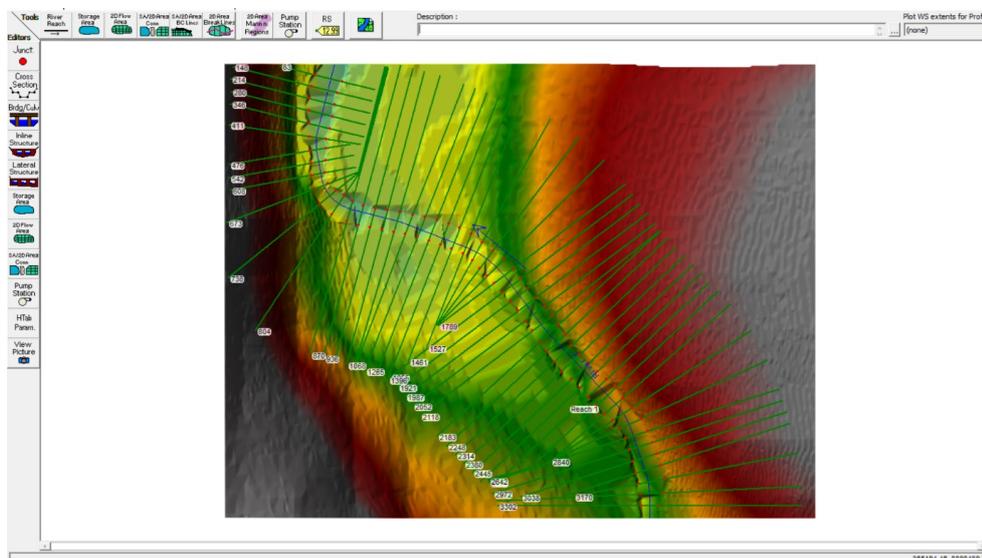
Tabla 46
Resumen de valores de caudales estimados

CAUDAL DE DISEÑO		
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS	VALORES REAJUSTADO
10	228.90	297.570
25	311.40	404.820
50	388.40	504.920
100	479.50	623.350
500	754.70	981.110

Nota. Con los valores de caudal estimados, para la investigación se consideró adecuado tener un margen de seguridad dentro de los valores de caudal determinados, teniendo en cuenta un 30% de factor de seguridad para que el modelo tenga un realismo adecuado y tener en cuenta las zonas con más afectaciones.

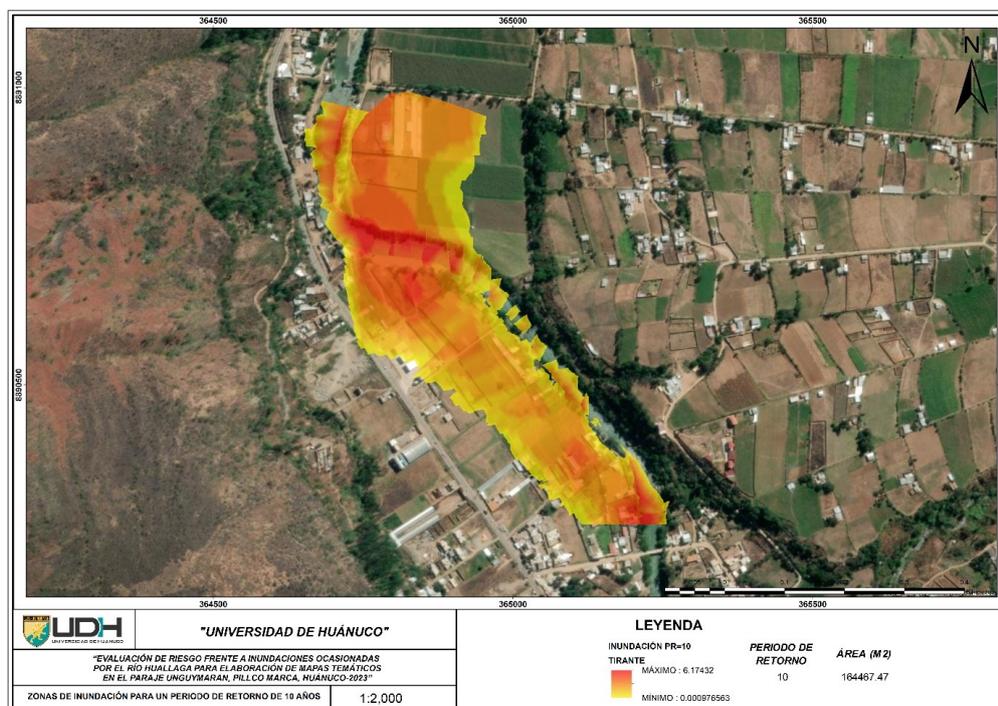
4.2.2. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN

Figura 41
Interfaz del software Hec-RAS



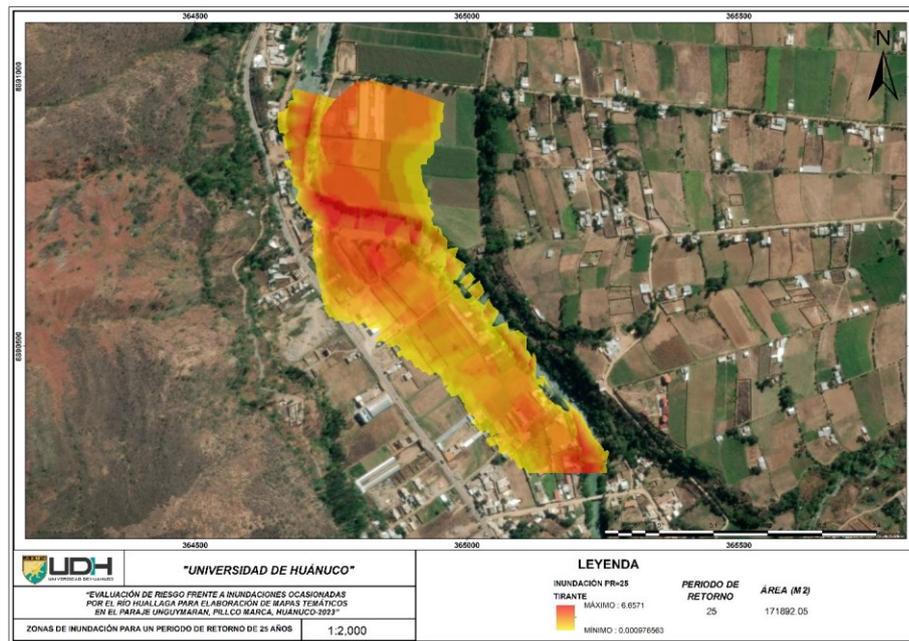
Nota. Teniendo en cuenta el modelo topográfico de la zona de muestra para la investigación y los valores de caudal ya estimados para diferentes periodos de retorno se logró estimar las áreas de fajas marginales que están propensas a inundaciones.

Figura 42
Zonas de inundación para un PR de 10 años



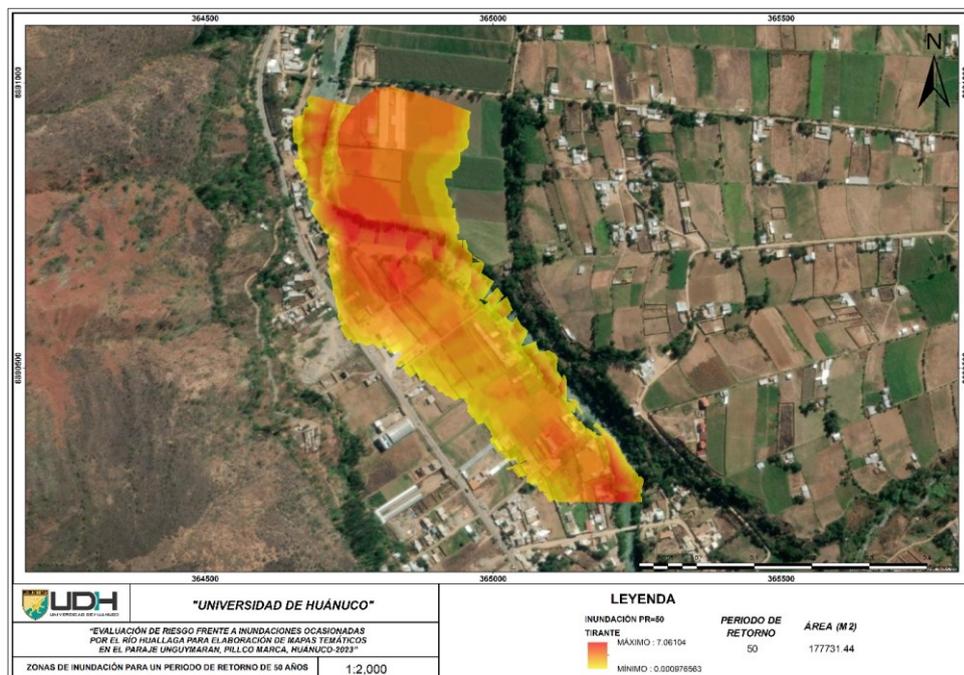
Nota. A partir del caudal de 297.57 m³/s se estimó que el área de inundación para un periodo de retorno de 10 años es de 164467.47 m².

Figura 43
Zonas de inundación para un PR de 25 años



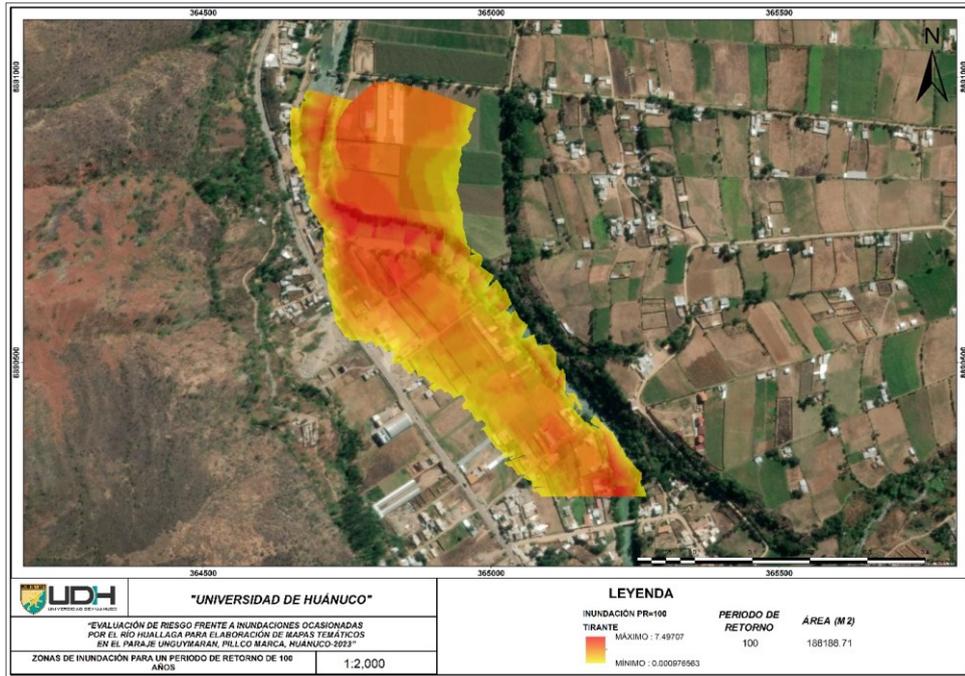
Nota. A partir del caudal de 404.82 m³/s se estimó que el área de inundación para un periodo de retorno de 25 años es de 171892.05 m².

Figura 44
Zonas de inundación para un PR de 50 años



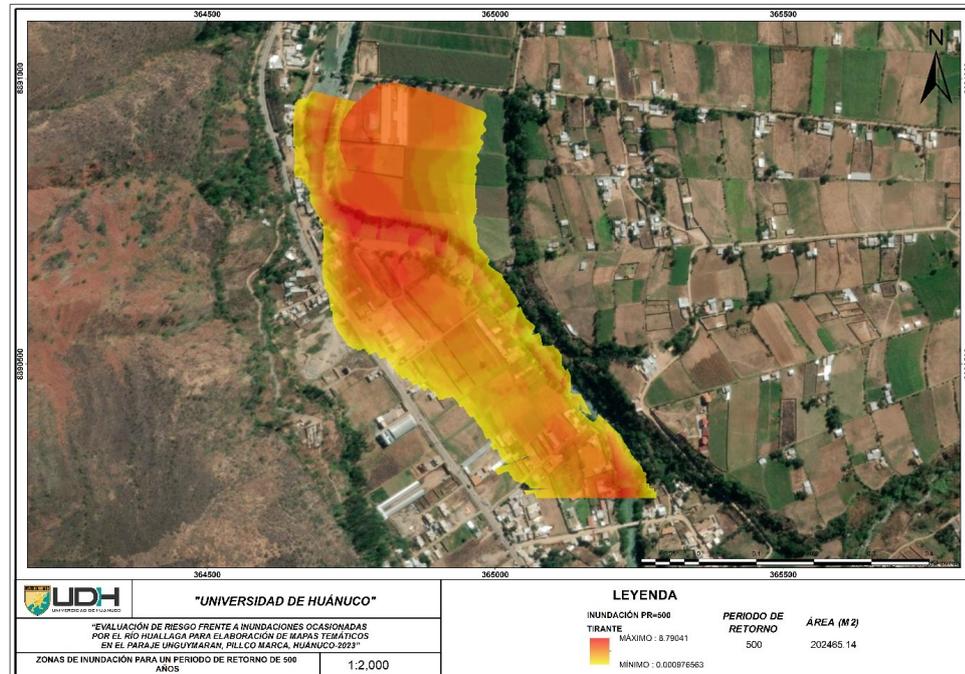
Nota. A partir del caudal de 504.92 m³/s se estimó que el área de inundación para un periodo de retorno de 50 años es de 177731.44 m².

Figura 45
Zonas de inundación para un PR de 100 años



Nota. A partir del caudal de 623.35 m³/s se estimó que el área de inundación para un periodo de retorno de 100 años es de 186186.71 m².

Figura 46
Zonas de inundación para un PR de 500 años



Nota. A partir del caudal de 981.11 m³/s se estimó que el área de inundación para un periodo de retorno de 500 años es de 202465.14 m².

Tabla 47
Resumen de áreas de inundación

ÁREAS DE INUNDACIÓN	
PERIODO DE RETORNO	ÁREA (M2)
10	164467.47
25	171892.05
50	177731.44
100	186186.71
500	202465.14

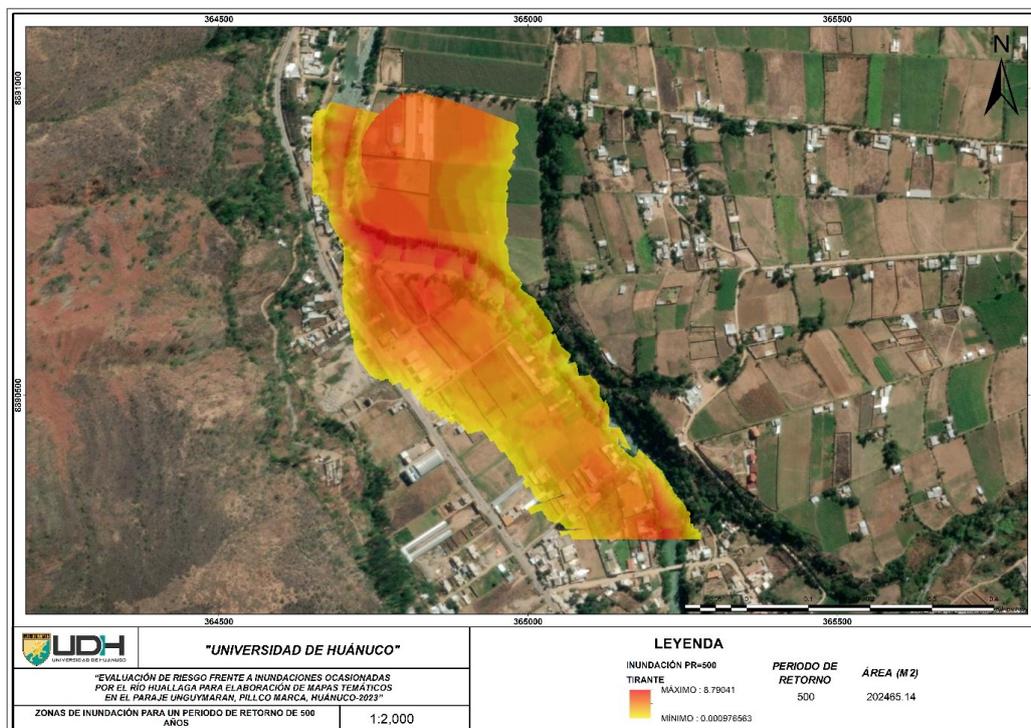
Nota. De los modelos de inundación se lograron determinar cuáles son las áreas de inundación para cada uno de los casos de periodo de retorno y caudal identificando asó que las áreas de inundación comprenden zonas agrícolas como zonas donde habita la población.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

H_g: A partir de una evaluación frente a inundaciones se logrará elaborar mapas temáticos para la identificación de puntos vulnerables.

Figura 47
Zonas de inundación para un PR de 500 años



A partir de la simulación de inundación, estimado desde la caracterización de la cuenca y los modelos de precipitación e intensidades con su posterior cálculo de caudales, se pudo estimar de manera cartográfica las zonas de inundación, identificando así que ambos márgenes se verán afectados frente a un desborde, por el margen izquierdo la zona habitada y por el margen derecho la zona agrícola de actividades económicas de la población. El proceso se repitió para cada uno de los periodos de retorno.

Tabla 48
Resumen de áreas de inundación

ÁREAS DE INUNDACIÓN	
PERIODO DE RETORNO	ÁREA (M2)
10	164467.47
25	171892.05
50	177731.44
100	186186.71
500	202465.14

Con los valores de caudal y la simulación para cada uno de los periodos de retorno se lograron estimar las áreas en m2 que se ven afectados por las inundaciones.

Los valores de áreas de inundación fueron sometidos a una prueba de normalidad con la cual se determinó las características de los valores obtenidos, dando los siguientes resultados:

Tabla 49
Muestreo de valores obtenidos

N° Muestreo	Periodo de retorno	Caudal	Área de Inundación (m2)
1	10	297.57	164467.47
2	25	404.82	171892.05
3	50	504.92	177731.44
4	100	623.35	186186.71
5	500	981.11	202465.14

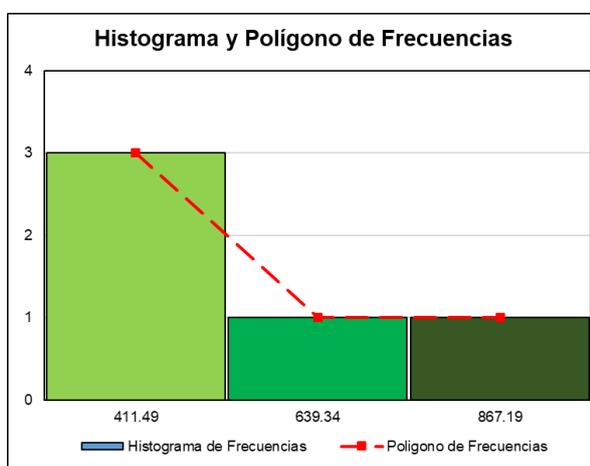
Para la prueba de normalidad se estableció una caracterización de caudal y área afectada estimado así los valores para la elaboración de un histograma y polígono de frecuencia.

Tabla 50
Histograma y polígono de frecuencia

Histograma de Frecuencias			
Rango	Prom. Rango	Frecuencia	
297.57 - 525.42	411.49	3	
525.42 - 753.26	639.34	1	
753.26 - 981.11	867.19	1	

Para la elaboración del histograma se plantearon 3 rangos de clases con un ancho de clase de 227.85 estimando así los valores de frecuencia para las áreas de inundaciones.

Figura 48
Histograma y polígono de frecuencia



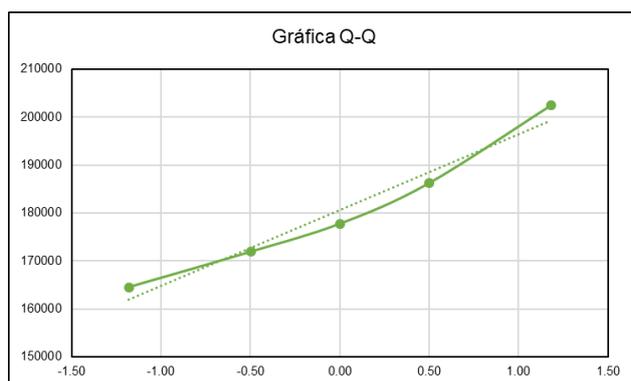
Con la caracterización del histograma se pudo identificar que presenta una tendencia hacia la izquierda con lo cual se pudo identificar que hay pocos valores extremadamente altos en comparación con la mayoría de los valores más bajos. Esto se explica a partir de la delimitación topográfica y al tiempo de periodos de retorno tomados en cuenta, ya que si se hubiesen tomado periodos de retorno con separaciones constantes la dispersión se haría simétrica.

Tabla 51
Datos Quantile-Quantile

N° Muestreo	i	j	z(i)	Área de Inundación (m2)
1	1	0.1190	-1.1798	164467.47
2	2	0.3095	-0.4972	171892.05
3	3	0.5000	0.0000	177731.44
4	4	0.6905	0.4972	186186.71
5	5	0.8810	1.1798	202465.14

Con los valores obtenidos fue necesario establecer una caracterización de datos que los correlacione en valores y determine la correlación que presentan de manera visual con esto se estableció la metodología Quantile-Quantile.

Figura 49
Gráfica Quantile-Quantile



Si bien los valores obtenidos no siguen de manera estricta la línea de tendencia establecida, esta no presenta alteraciones considerables dando a entender que la serie de valores muestrales presenta una correlación óptima.

Tabla 52
Prueba de Bondad Kolmogorov-Smirnov

N° Muestreo	Área de Inundación (m2)	pi	Zi	P(Zi)	P(Zi)-pi	P(Zi)-pi-1
1	164467.47	0.20	-1.101	0.135	0.065	0.135
2	171892.05	0.40	-0.593	0.277	0.123	0.077
3	177731.44	0.60	-0.193	0.424	0.176	0.024
4	186186.71	0.80	0.386	0.650	0.150	0.050
5	202465.14	1.00	1.500	0.933	0.067	0.133

Los resultados fueron sometidos a una prueba de normalidad aplicados a partir de la prueba Kolmogorov-Smirnov, del cual se pudo estimar que el valor de error máximo en la muestra es de 0.176.

Tabla 53
Valores de significancia

KS c	0.176		
Media	180548.562		
Desv Estánd.	14608.19976		
Signif. Ca	0.10	0.05	0.01
	0.819	0.895	1.035
kn	2.61	2.61	2.61
KS t	0.314250689	0.343411925	0.397129992
P-v	>0.1		

Con la estimación del error máximo de 0.176, y con los valores teóricos de 0.314, 0.343 y 0.397 para las significancias de 0.10, 0.05 y 0.01 respectivamente se pudo estimar que el valor P es mayor al 0.1 dando, así como conclusión que la serie de datos se ajusta en la prueba de normalidad y presenta una correlación adecuada para la investigación.

Con dichos resultados presentados se logra evidenciar que la hipótesis es verdadera logrando elaborar mapas a partir de valores normalizados con los cuales se identifiquen los puntos más críticos frente a una inundación.

4.3.2. HIPÓTESIS NULA

H₀: A partir de una evaluación frente a inundaciones no se logrará elaborar mapas temáticos para la identificación de puntos vulnerables.

Al demostrarse en el ítem anterior la veracidad de la hipótesis general, la hipótesis nula queda descartada.

4.3.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVAS

H_a: Los modelos de información pluviométrica sirven en el proceso de elaboración de mapas temáticos de inundación.

Tabla 54Valores y gráfica de la curva *Intensidad–Duración–Frecuencia*

FACTORES PARA LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD		$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$											
K	141.146												
m	0.091												
n	0.619												
CUADRO DE INTENSIDADES PARA DIFERENTES PERIODOS DE DURACIÓN													
AÑOS	DURACIÓN EN MINUTOS												
T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
T-2	55.55	36.18	28.15	23.56	20.53	18.34	16.67	15.35	14.27	13.37	12.60	11.94	
T-5	60.37	39.32	30.60	25.61	22.31	19.93	18.12	16.68	15.51	14.53	13.70	12.98	
T-10	64.30	41.88	32.59	27.28	23.76	21.22	19.29	17.76	16.52	15.47	14.59	13.82	
T-25	69.88	45.51	35.42	29.64	25.82	23.07	20.97	19.31	17.95	16.82	15.86	15.02	
T-50	74.43	48.47	37.72	31.57	27.50	24.57	22.33	20.56	19.12	17.91	16.89	16.00	
T-100	79.26	51.63	40.17	33.62	29.29	26.17	23.79	21.90	20.36	19.08	17.98	17.04	
T-105	79.62	51.86	40.35	33.77	29.42	26.28	23.89	22.00	20.45	19.16	18.06	17.12	
T-500	91.75	59.76	46.50	38.92	33.90	30.29	27.53	25.35	23.57	22.08	20.82	19.73	
T-1000	97.72	63.64	49.53	41.45	36.11	32.26	29.32	27.00	25.10	23.52	22.17	21.01	
T-10000	120.47	78.46	61.06	51.10	44.51	39.77	36.15	33.28	30.94	28.99	27.33	25.90	

De la caracterización de los datos de precipitación (pluviometría) se estimaron a partir de la metodología de los coeficientes los valores de intensidad que se proyectaron para los diferentes periodos de retorno, teniendo así los valores requeridos para la elaboración de las denominadas curvas IDF, con ellas se llevaron a cabo la estimación de los parámetros para la estimación de los histogramas de diseño los cuales son imprescindibles para la estimación de los valores de caudal de diseño. Dicha información es imprescindible para la simulación de caudales con los cuales se generan los mapas temáticos. Dando pie así a que los valores de pluviometría son imprescindibles para la elaboración de mapas temáticos de inundación, dando, así como

resultado a que la hipótesis se considera como válida.

Ha: La aplicación del modelo hidrológico para el río Huallaga estiman de manera eficiente los valores de caudal para la identificación de zonas de inundación.

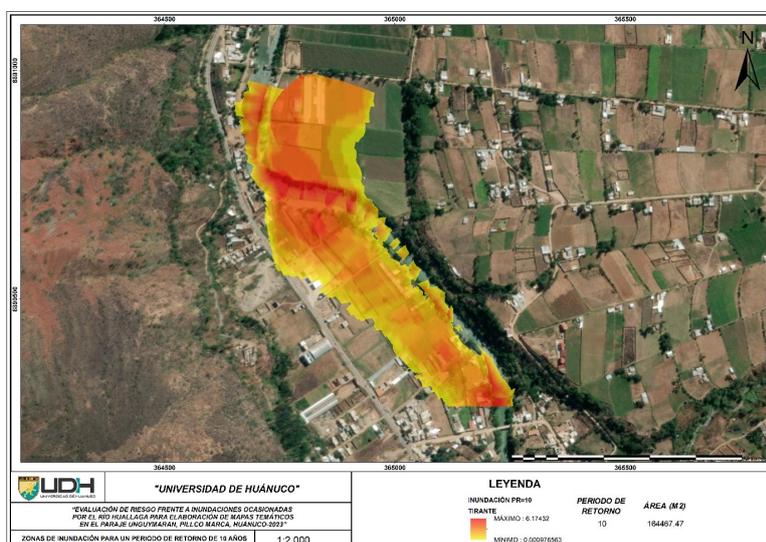
Tabla 55
Resumen de valores de caudales estimados

CAUDAL DE DISEÑO		
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS	VALORES REAJUSTADO
10	228.90	297.570
25	311.40	404.820
50	388.40	504.920
100	479.50	623.350
500	754.70	981.110

Para la investigación se aplicó la metodología del SCS con el cual se estimaron los valores de caudal a partir de las características geomorfológicas de la cuenca, con ello se establecieron los parámetros de escurrimiento los cuales sirven a la metodología del SCS la estimación del caudal con el cual se trabajó, la metodología se encuentra automatizada en el software HEC-HMS con el cual se trabajaron los modelos de caudal en la presente investigación, es así que la hipótesis se considera como válida ya que agiliza el proceso de determinación de caudales y con ello se determinen las zonas de inundación.

Ha: La información cartográfica estimada para zonas de inundación se logran procesar en entornos SIG con las cuales se logran determinar mapas temáticos eficientes en casos de inundación

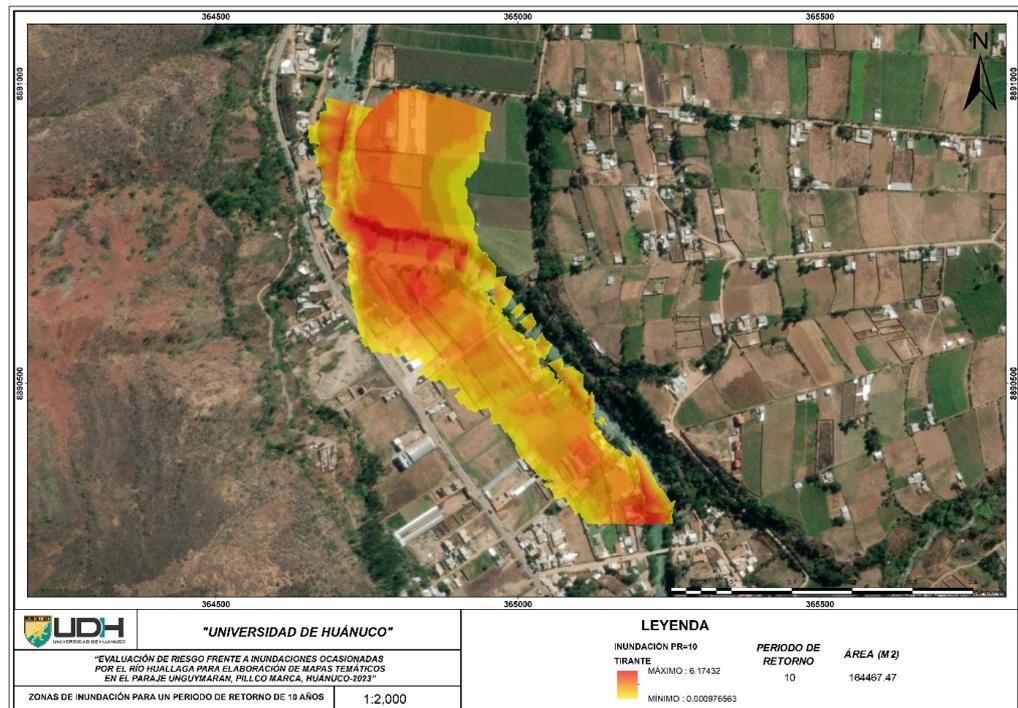
Figura 50
Zonas de inundación para un PR de 10 años



El software HEC-RAS el cual fue aplicado para la simulación de las zonas de inundación presenta una interfaz en la cual se pueden exportar las capas de inundación de manera raster el cual sirve para el procesamiento en programas de entorno SIG con el cual se pueden trabajar y estimar los valores de inundación frente a crecidas del río Huallaga. Dando, así como resultado una aceptación de la hipótesis planteada.

Ha: Planteado los mapas temáticos se logran establecer políticas de tratamientos no estructurales en caso se generen inundaciones en la zona

Figura 51
Zonas de inundación para un PR de 10 años



A partir de la elaboración de los mapas temáticos se pudo establecer que ambos márgenes se ven comprometidos por el desplazamiento del agua que transporta el río Huallaga, con dicha información y a partir de la identificación visual se pueden identificar las no estructurales para el caso del margen izquierdo del río ya que en dicha zona se encuentran centros urbanos habitados por población que no cuenta con un adecuado conocimiento sobre los temas de seguridad

frente a inundaciones. Con dicho sustento la hipótesis se considera válida ya que con una cartografía adecuada de peligros se pueden plantear medidas no estructurales que mitiguen el riesgo de la inundación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Sopelana (2022), en su investigación pudo obtener que para las áreas de riesgo potenciales significativas frente a inundaciones, generalmente se pudo identificar que la relación de caudal determinado a partir de la metodología tradicional depende de la extensión de cuenca que se presente en las zonas de análisis siendo así el investigador pudo determinar que para la cuenca del río Ulla con una extensión de 2764 km² los valores de caudal fueron muy superiores a los estimados tanto en la cuenca del río Mandeo con un área de 360 km² y la cuenca del río Miñor con una extensión de 18 km², para la presente investigación se pudo determinar que teniendo un área de 3933.05 km² y un valor de caudal de 297.57, 404.82, 504.92, 623.35 y 981.11 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente, dando pues en comparación con los valores obtenidos en la tesis de antecedente la confirmación de que por una metodología tradicional influye de manera significativa la amplitud de la cuenca que se esté investigando. Para López (2022), en su investigación se establece que para el río Huallaga el caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años es de 890.70 m³/s, sin embargo, teniendo en cuenta los valores de la presente investigación para el mismo periodo de retorno el caudal es de 623.35 m³/s, esta variación es el reflejo de que la metodología aplicada para la estimación de caudales arroja diferentes valores con lo cual nace las variaciones en resultados de simulaciones de inundación. Para Torres (2018), según los parámetros de investigación, en la simulación del río Frío utilizando el software Hec-RAS, se determina que el tipo de régimen de flujo es subcrítico. Esto se debe a que el valor del número de Froude es inferior a la unidad. En el modelo aplicado al cauce del río Huallaga, se consideró un flujo de características similares, también identificado como subcrítico. Además, en el marco de la investigación, se llevó a cabo un análisis de las precipitaciones. Los resultados revelaron que el modelo de mejor ajuste para estas condiciones es el de Pearson Tipo III. En contraste, en la investigación actual, se ha determinado que el modelo de Gamma de 3 parámetros es el más adecuado. Esta elección

se basa en la calidad y el comportamiento de los valores obtenidos. Es importante señalar que se dispuso de una serie de datos de 29 años para la cuenca del río Frío, mientras que para el modelo del río Huallaga, se contó solo con un registro histórico de 26 años. Además, se debe tener en cuenta que, en el caso del río Frío, la calibración de los datos de precipitación se realizó utilizando promedios mensuales, en contraste con el enfoque aplicado en el río Huallaga, donde se utilizaron estaciones cercanas para calibrar los datos.

CONCLUSIONES

Con la realización de los mapas temáticos se pudo identificar que las áreas de inundación 0.164, 0.172, 0.178, 0.186 y 0.202 km² para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente, con dicha información visual se identificó que las zonas más críticas por el margen derecho son las zonas agrícolas y por el margen izquierdo la zona habitada por población rural.

Con la aplicación de estadísticos de proyección para las precipitaciones e intensidades se logró estimar que para una duración de tormenta de 9 hrs. Se tienen picos de intensidad de 9.09, 9.88, 10.52, 11.21, 12.97 mm para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente, con dichos valores se evidencia la importancia de la información pluviométrica en la estimación de una caracterización hidrológica.

Para el tramo de interés en el río Huallaga se lograron estimar que los valores de caudal van desde 297.57, 404.82, 504.92, 623.35 y 981.11 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente dando con ello pie para la realización de las simulaciones de inundación.

Para el procesamiento de la información cartográfica de la cuenca y del tramo de estudio del río Huallaga se hizo uso del software ArcMap, con ello se lograron establecer los parámetros geomorfológicos con un área de 3933.05 km², un perímetro de 554.675 km, con un largo de 95.45 km, un ancho de 79.61 km. Dicha caracterización se puede establecer una cota máxima de 5602 msnm y una mínima de 2006 msnm, con una pendiente de 6.68%, con ello se establecen los índices de factor de forma de 0.24, coeficiente de compacidad 2.48, coeficiente de elongación 0.74 y un factor de circularidad 0.16.

Identificadas las zonas habitadas por la población la cual se ve afectada por el desplazamiento del agua de desborde del río Huallaga se plantea medidas de capacitación y consentimiento a la población para tomar medidas de evacuación en caso de riesgo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para la simulación elaborar un modelo de terreno más amplio a los márgenes del cauce ya que el modelo del Hec-Ras se limita a los límites de las secciones que se le establezcan, así pues, si se tiene más área de topografía en las zonas de la faja marginal se pueden identificar los puntos más alejados que se ven afectadas por el desplazamiento del agua.

Los valores de intensidad se ven netamente ligados al valor del tiempo de concentración de la cuenca, dicho esto pues es necesario para la mejora de las investigaciones relacionadas con la hidrología tener identificada el tipo de suelo y las características de infiltración que presentan ya que esto influye directamente en el valor del tiempo de concentración y en el coeficiente de escorrentía.

La estimación de caudales se puede realizar a partir de diferentes metodologías para la presente investigación se aplicó la metodología del número de curva, se recomienda para futuras investigaciones elaborar modelos de caudal con diferentes metodologías para lograr una contrastación de valores y determinar los más cercanos a la realidad.

Los modelos de cuenca en la estimación de parámetros geomorfológicos se basan en la utilización de vistas satelitales obtenidas por servidores internacionales, si se requiere de una precisión más alta debido a la dimensión del área de estudio se recomienda la utilización de las cartas nacionales, sin embargo, esta data no está actualizada y se tiene que tomar las medidas necesarias para evitar los errores de cálculo.

Para la implementación de planes no estructurales con el fin de mitigar efectos de inundación se requiere que las autoridades locales actúen en diferentes niveles tanto como capacitaciones e implementación de recursos para los profesionales que brinden ayuda en caso que se generen incidentes por efectos de inundaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, O. (2020). *Análisis hidráulico e hidrológico de la cuenca del río Moquegua para el diseño de defensas ribereñas*. Universidad Ricardo Palma.
- Arellano, M. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Escuder, I. (2018). *Análisis y evaluación de riesgos de inundación: estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Galindo, A. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable.
- Gutiérrez, C. (2014). *Hidrología Básica y Aplicada*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL.
- Herrera, I. (2018). *Diez lecciones para la gestión del riesgo de inundaciones en Latinoamérica*. Soluciones Prácticas.
- Huerta, C. (2020). *Evaluación hidrológica e hidráulica del río Sechín en el Puente Sechín hasta un periodo de retorno de 100 años en el distrito de Casma, Provincia de Casma, Departamento de Ancash*. Universidad Nacional del Santa.
- Lavado, W. (2022). *Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú*. SENAMHI.
- López, M. (2022). *Análisis hidrológico e hidráulico para la evaluación de riesgo de inundación fluvial por desborde del río Huallaga en el sector de Huayopampa, distrito de Amarilis, provincia de Huánuco 2021*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

- Loyola, J. (2019). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión - La Libertad*. Universidad César Vallejo.
- Mallqui, J. (2021). *Nivel de riesgo por inundación en la cuenca del río Huallaga sector San Rafael-Huánuco 2019*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Oliva, A. (2021). *LA IMPORTANCIA DE LA CARTOGRAFÍA HISTÓRICA EN LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO: PROPUESTAS PARA LA RAMBLA DE ABANILLA (ALICANTE)*. Estudios Geográficos.
- Organización Meteorológica Mundial. (2020). *Terminos hidrológicos*. Organización Meteorológica Mundial.
- Ramírez, K. (2019). *Sistema de alerta temprana de inundaciones aplicando un modelamiento hidrológico con HEC-HMS en el río Culebras*. Universidad San Pedro.
- Rojas, J. (2018). *Modelación hidrológica e hidráulica del río Tirishuanca para identificación de zonas vulnerables a inundaciones en la localidad de Molino, distrito de Molino, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Torres, M. (2017). *Modelación hidrológica para el estudio de inundación, en el departamento de Cundinamarca, del río Frío a la altura del municipio de Chía*. Universidad Católica de Colombia.
- Vargas, G. (2017). *Riesgo físico frente a inundaciones fluviales y pluviales en la cabecera parroquial Rocafuerte del Cantón Rioverde, Provincia de Esmeraldas, Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Vélez, M. (2000). *Hidrología para ingenieros*. Universidad Nacional de Colombia.

Vera, J. (2017). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuenca hidrográficas*. Ciencia e Ingeniería Neogranadina.

Villón, M. (2004). *Hidrología*. MaxSoft.

Villón, M. (2008). *Hidrología estadística*. Instituto tecnológico de Costa Rica.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Puente Albornoz, D. (2024). *Evaluación de riesgo frente a inundaciones ocasionadas por el río Huallaga para elaboración de mapas temáticos en el paraje Unguymaran, Pillco Marca, Huánuco-2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General</p> <p>¿De qué manera se puede elaborar mapas temáticos y evaluación de inundaciones generadas por el río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Como influyen los parámetros de información pluviométrica para la caracterización hidrológica del río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco?</p> <p>¿Como se elabora un modelo hidrológico para el Unguymaran, Huánuco.</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Realizar mapas temáticos y evaluación de inundaciones generadas por el río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la influencia de los parámetros de información pluviométrica para la caracterización hidrológica del río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco.</p> <p>Elaborar un modelo hidrológico para el río Huallaga en el tramo de la localidad de Unguymaran, Huánuco.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Hg: A partir de una evaluación frente a inundaciones se logrará elaborar mapas temáticos para la identificación de puntos vulnerables.</p> <p>Hipótesis nula</p> <p>Ho: A partir de una evaluación frente a inundaciones no se logrará elaborar mapas temáticos para la identificación de puntos vulnerables.</p> <p>Hipótesis Alternativas</p> <p>Ha: Los modelos de información pluviométrica sirven en el proceso de elaboración de mapas temáticos de inundación.</p>	<p>Técnica</p> <p>Elaboración de un modelo topográfico el cual se elaborará de la recolección de vistas satelitales e imágenes de elevación digital de las cartas nacionales brindadas por el Ministerio de Educación del Perú, visitas a campo para la recolección de información característica de suelo e identificación de las riberas del río. Para la elaboración del modelo hidrológico se realizarán a partir de bancos de registros históricos de precipitaciones. El proceso hidráulico del modelo de inundación se ejecutará por completo en el software Hec-RAS.</p> <p>Instrumentos</p> <p>Fichas de recolección de datos de pluviometría Imágenes de elevación digital Ficha de reconocimiento en campo Hojas de cálculo para aplicación de distribuciones estadísticas Plantillas cartográficas para ploteo de mapas</p>

río Huallaga en el tramo de Procesar información Ha: La aplicación del modelo la localidad de Unguymaran, cartográfica y el modelo del hidrológico para el río Huallaga Huánuco? terreno en una plataforma SIG estiman de manera eficiente los ¿En qué medida se puede para elaborar mapas valores de caudal para la procesar información temáticos. identificación de zonas de cartográfica y el modelo del Plantear medidas no inundación. terreno en una plataforma estructurales para el manejo de Ha: La información cartográfica SIG para elaborar mapas las inundaciones en la estimada para zonas de temáticos? localidad de Unguymaran. inundación se logran procesar ¿Cuáles son las medidas no en entornos SIG con las cuales estructurales para el manejo se logran determinar mapas de las inundaciones en la temáticos eficientes en casos de localidad de Unguymaran? inundación

Ha: Planteado los mapas temáticos se logran establecer políticas de tratamientos no estructurales en caso se generen inundaciones en la zona

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES
Tipo de Investigación: Cuantitativo	Población: La población en la cual se pretende generalizar los resultados es el cauce del	Variable Dependiente Mapa temático

Alcance de Investigación: río Huallaga en la Provincia de **Variable Independiente**
Correlacional. Huánuco. Evaluación de inundaciones.

Diseño: No Experimental. **Muestra:** La muestra para la investigación se plantea al tramo de 1km del río Huallaga aguas abajo desde la altura de la Capilla Católica de Unguymaran en el distrito de Pillco Marca.

ANEXO 2

FICHAS DE PLUVIOMETRÍA

Figura 52
 Ficha de pluviometría Estación Canchán

DATOS DE LLUVIA															
DENOMINACIÓN: CANCHÁN		LONGITUD: 76°18'34.62"					LATITUD: 9°55'15.43"					ELEVACIÓN: 1986 msnm			
HUANUCO-HUANUCO-HUANUCO															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP PROM	PP MÍN	PP MÁX
1988	15.06	20.63	9.41	19.30	4.81	0.30	4.46	1.57	7.86	6.20	6.00	19.80	9.62	0.30	20.63
1989	22.00	12.20	13.40	7.60	4.20	3.00	8.60	0.00	12.60	18.00	6.60	27.46	11.30	0.00	27.46
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	0.17	21.00	3.30	6.00	25.15	10.48	9.33	0.17	25.15
1993	13.17	10.80	27.30	16.30	19.00	4.70	1.00	1.30	9.10	9.40	15.40	12.50	11.66	1.00	27.30
1994	14.00	15.80	11.63	18.00	11.60	1.30	0.70	0.23	20.61	13.30	13.20	21.90	11.86	0.23	21.90
1995	15.00	15.60	16.70	8.50	2.44	2.00	0.00	0.00	7.40	4.50	6.30	13.30	7.65	0.00	16.70
1996	8.60	8.50	13.40	17.70	7.70	0.80	1.00	1.50	4.80	10.40	10.20	11.20	7.98	0.80	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	45.50	17.80	14.03	2.20	45.50
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	4.50	1.00	1.40	6.30	26.80	15.40	13.00	13.00	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
2009	27.00	26.90	25.20	23.70	5.10	14.60	4.30	0.70	3.70	11.80	12.10	16.20	14.28	0.70	27.00
2010	4.10	16.70	28.60	17.90	6.00	0.00	2.40	3.60	12.50	14.50	19.00	11.40	11.39	0.00	28.60
2011	15.70	8.70	21.30	7.10	14.20	0.00	1.80	3.50	5.10	19.10	13.70	24.40	11.22	0.00	24.40
2012	17.50	18.10	15.40	19.20	3.00	1.50	4.20	3.10	2.40	16.80	20.60	23.70	11.63	1.50	23.70
2013	9.20	13.20	21.30	21.70	1.80	16.00	7.60	15.60	3.20	14.60	14.30		13.03	1.80	21.70
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00			
DES. ESTANDAR	6.92	6.92	7.63	6.20	4.75	4.29	2.73	5.73	4.42	7.72	8.55	6.79			
COEF. VARIACIÓN	0.44	0.41	0.44	0.52	0.74	1.17	1.03	1.29	0.60	0.53	0.58	0.37			
PRECIP. PROM	15.86	14.53	17.31	11.98	6.46	3.68	2.64	4.43	7.42	14.43	14.78	18.36			
PRECIP. MÁX	31.60	26.90	33.20	23.70	19.00	16.00	9.60	21.00	20.61	37.10	45.50	33.00			
PRECIP. MÍN	4.10	2.70	0.00	2.90	0.50	0.00	0.00	0.00	2.40	4.50	6.00	7.80			

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	687.14	36.66
VALOR MÁXIMO	45.50	1.66
VALOR MÍNIMO	16.70	1.22
MEDIA	26.43	1.41
VARIANZA	42.31	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	6.50	0.10
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.25	0.07
COEFICIENTE DE SESGO	0.89	0.10
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.67
PH	46.86 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.15
PH	14.09 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

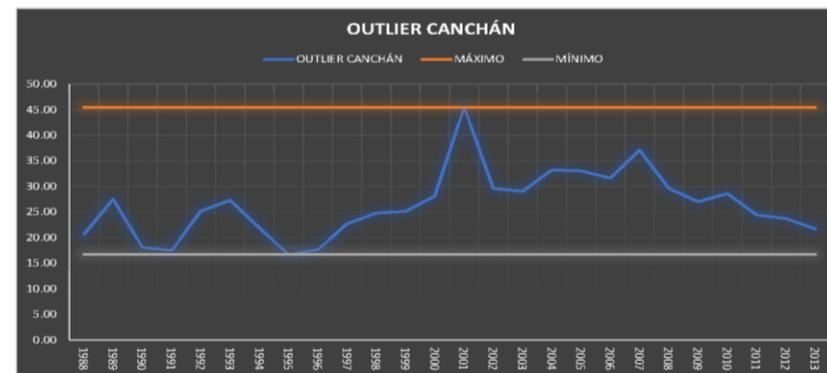


Figura 53
Ficha de pluviometría Estación San Rafael

DATOS DE PLUVIOMETRÍA															
ESTACIÓN: SAN RAFAEL			LONGITUD: 76°10'35.70"			LATITUD: 10°19'45.03"			ELEVACIÓN: 2699 msnm						
HUANUCO-AMBO-SAN RAFAEL															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP PROM	PP MÍN	PP MÁX
1988	42.70	24.50	16.00	14.50	1.60	0.00	0.00	2.56	14.28	9.28	18.52	13.59	13.13	0.00	42.70
1989	17.35	16.68	15.45	11.29	5.80	7.96	2.71	9.93	13.72	17.38	38.47	22.35	14.92	2.71	38.47
1990	16.60	13.00	18.00	18.01	0.00	0.00	4.10	0.00	1.50	10.70	6.80	5.00	7.81	0.00	18.01
1991	14.00	12.00	13.00	11.27	5.65	4.94	4.45	4.21	9.03	14.26	20.04	18.58	10.95	4.21	20.04
1992	13.03	25.77	15.05	10.61	6.84	5.98	2.58	18.14	7.71	6.40	8.00	7.00	10.59	2.58	25.77
1993	8.00	10.00	12.20	7.00	2.00	1.00	3.50	4.20	11.13	17.05	19.47	40.00	11.30	1.00	40.00
1994	23.20	38.50	20.10	12.80	5.40	0.80	0.00	2.10	11.00	15.80	9.40	31.20	14.19	0.00	38.50
1995	25.50	30.00	36.80	16.00	18.50	13.00	1.50	3.50	18.00	22.00	26.30	31.70	20.23	1.50	36.80
1996	18.00	17.40	22.80	22.20	8.00	6.00	0.90	3.70	21.10	3.50	19.50	16.00	13.26	0.90	22.80
1997	13.00	18.60	10.20	12.20	4.50	0.00	0.00	7.00	8.70	22.40	14.30	56.70	13.97	0.00	56.70
1998	29.40	27.50	22.50	7.20	4.40	7.80	0.00	5.10	6.20	19.80	19.00	24.60	14.46	0.00	29.40
1999	17.30	21.00	21.60	9.00	7.90	9.70	2.40	12.80	14.30	6.60	19.20	14.70	13.04	2.40	21.60
2000	15.90	19.80	20.70	12.80	2.90	14.50	3.50	12.30	12.20	9.40	5.90	25.10	12.92	2.90	25.10
2001	24.40	18.80	17.60	16.00	5.10	5.60	5.30	7.90	9.20	16.20	41.80	26.10	16.17	5.10	41.80
2002	10.20	16.00	20.20	9.60	11.40	2.70	17.60	0.70	7.00	29.90	12.00	25.00	13.53	0.70	29.90
2003	7.50	8.60	15.20	52.90	1.90	7.20	0.00	22.80	9.40	6.70	27.30	18.60	14.84	0.00	52.90
2004	29.60	16.30	20.20	10.80	15.00	8.00	3.00	4.30	27.40	22.80	24.10	18.92	16.70	3.00	29.60
2005	9.90	32.00	25.90	4.26	1.30	0.00	1.90	9.30	10.60	16.10	10.10	16.10	11.20	0.00	32.00
2006	13.90	13.70	12.70	9.00	0.60	5.30	5.60	5.80	16.30	16.50	28.80	15.70	11.99	0.60	28.80
2007	22.50	11.10	25.80	6.80	6.80	0.70	31.90	3.50	12.00	17.10	12.00	22.60	14.40	0.70	31.90
2008	17.00	18.20	8.60	6.10	6.30	6.10	1.20	1.80	42.10	15.30	24.50	17.60	14.57	1.20	42.10
2009	16.10	17.60	25.50	14.70	14.70	3.60	7.10	4.90	9.30	12.70	16.30	22.90	13.78	3.60	25.50
2010	25.10	19.80	20.90	20.80	17.50	4.40	7.70	5.40	3.90	11.80	9.00	23.00	14.11	3.90	25.10
2011	16.40	18.20	10.40	21.80	14.40	0.80	1.40	4.50	10.30	20.10	12.20	16.10	12.22	0.80	21.80
2012	13.20	19.50	15.30	24.30	5.00	6.10	1.70	6.40	1.90	14.80	21.30	33.50	13.58	1.70	33.50
2013	15.60	24.80	15.90	12.20	4.70	9.90	10.80	11.18	9.10	24.60	27.00	41.10	17.24	4.70	41.10
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00			
DESV. ESTANDAR	7.82	7.24	6.16	9.45	5.26	4.06	6.80	5.30	8.26	6.30	9.08	11.25			
COEF. VARIACIÓN	0.43	0.36	0.33	0.66	0.77	0.80	1.46	0.79	0.68	0.41	0.47	0.49			
PRECIP. PROM	18.28	19.98	18.41	14.39	6.85	5.08	4.65	6.69	12.21	15.23	19.13	22.99			
PRECIP. MÁX	42.70	38.50	36.80	52.90	18.50	14.50	31.90	22.80	42.10	29.90	41.80	56.70			
PRECIP. MÍN	7.50	8.60	8.60	4.26	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	3.50	5.90	5.00			

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	851.89	38.92
VALOR MÁXIMO	56.70	1.75
VALOR MÍNIMO	18.01	1.26
MEDIA	32.76	1.50
VARIANZA	97.58	0.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	9.88	0.13
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.30	0.09
COEFICIENTE DE SESGO	0.68	0.07
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.82
PH	66.11 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.17
PH	14.91 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

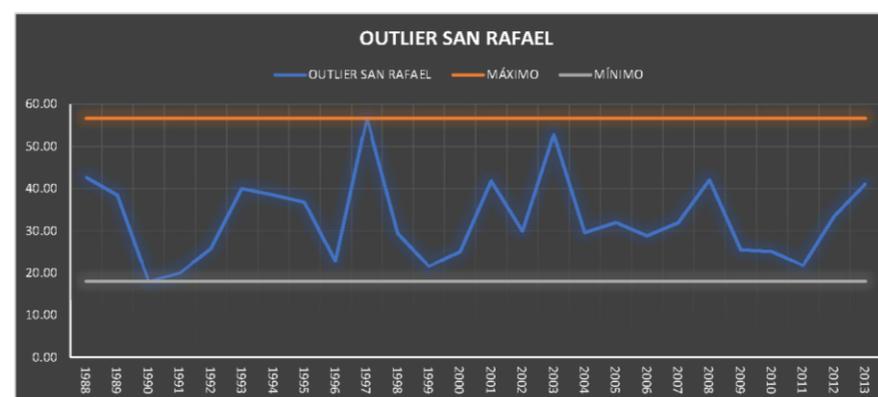


Figura 54
Ficha de pluviometría Estación Tingo María

DATOS DE PLUVIOMETRÍA															
ESTACIÓN: TINGO MARÍA		LONGITUD: 76°00'4.80"				LATITUD: 9°18'36.6"				ELEVACIÓN: 657 msnm					
HUÁNUCO-LEONCIO PRADO-RUPA RUPA															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	79.00	56.60	42.20	89.00	53.00	20.60	31.80	3.70	60.80	66.70	64.00	44.00	50.95	3.70	89.00
1989	58.40	94.40	85.00	84.80	18.70	35.00	36.80	52.00	43.00	58.20	67.00	34.00	55.61	18.70	94.40
1990	76.70	67.00	41.20	33.00	70.00	47.20	60.00	36.50	30.20	60.50	52.50	86.30	55.09	30.20	86.30
1991	98.40	21.30	58.40	67.80	32.40	33.20	27.90	16.50	20.50	42.70	68.80	72.50	46.70	16.50	98.40
1992	49.60	79.30	55.20	90.00	77.70	56.80	20.00	58.00	56.20	85.00	98.30	98.00	68.68	20.00	98.30
1993	104.00	25.00	27.50	62.00	43.40	36.30	48.30	40.50	55.90	90.50	80.70	97.40	59.29	25.00	104.00
1994	133.00	84.80	46.50	94.30	71.30	34.30	67.40	21.90	58.10	82.30	45.70	149.20	74.07	21.90	149.20
1995	82.30	98.40	83.70	36.20	36.30	45.30	44.20	16.90	44.50	75.30	51.30	70.70	57.09	16.90	98.40
1996	68.70	75.30	32.20	76.00	63.90	50.00	21.00	30.00	54.50	53.00	78.00	44.60	53.93	21.00	78.00
1997	55.00	39.70	60.40	51.00	50.00	33.70	51.30	23.70	76.20	33.60	68.00	99.80	53.53	23.70	99.80
1998	52.50	87.00	74.50	63.30	156.00	83.00	16.40	27.50	36.90	97.10	72.20	54.80	68.43	16.40	156.00
1999	57.10	79.30	82.60	66.30	116.50	52.20	48.00	22.30	22.70	26.10	71.80	94.00	61.49	22.30	116.50
2000	88.50	64.50	54.60	24.10	20.90	60.90	85.60	20.50	32.80	53.40	51.70	65.40	51.91	20.50	88.50
2001	95.90	45.80	71.80	38.70	67.70	28.30	43.30	7.40	88.30	35.50	79.00	43.90	53.80	7.40	95.90
2002	72.20	78.80	123.10	64.70	67.00	46.90	40.70	28.90	61.30	46.00	65.20	60.40	63.41	28.90	123.10
2003	33.80	106.00	51.70	54.60	149.70	94.60	23.50	57.10	58.40	111.20	86.00	103.30	77.49	23.50	149.70
2004	64.10	67.80	80.00	50.00	38.10	13.80	79.60	27.50	33.40	48.50	68.20	46.10	51.43	13.80	80.00
2005	43.80	92.60	94.70	23.30	37.50	43.70	37.50	25.70	54.30	53.70	66.80	97.50	56.76	23.30	97.50
2006	54.80	108.00	80.50	41.90	80.50	41.90	42.00	30.60	63.10	68.90	96.00	64.50	60.73	20.50	108.00
2007	70.50	35.00	69.80	51.50	35.80	4.90	35.50	29.10	27.80	48.30	61.80	60.90	44.24	4.90	70.50
2008	69.50	88.60	65.50	31.70	34.90	26.50	35.00	14.50	24.60	95.80	28.80	32.90	45.69	14.50	95.80
2009	78.20	53.00	48.50	55.50	65.60	27.40	34.80	36.53	34.40	41.80	56.70	47.33	47.33	27.40	78.20
2010	46.00	64.40	69.90	30.30	23.70	26.90	55.70	22.00	45.30	51.40	68.40	66.30	47.53	22.00	69.90
2011	105.00	66.30	85.30	64.00	44.00	37.60	21.70	26.00	79.60	47.20	60.50	38.80	56.33	21.70	105.00
2012	58.90	51.50	103.70	52.20	43.00	33.70	9.60	15.80	28.80	55.10	48.50	61.60	46.87	9.60	103.70
2013	98.00	104.50	65.30	115.00	32.40	59.70	18.80	37.80	121.00	69.20	44.20	53.00	68.24	18.80	121.00
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00			
DESV. ESTANDAR	22.84	24.48	22.23	23.63	35.25	19.85	18.90	13.41	23.23	21.87	16.43	27.29			
COEF. VARIACIÓN	0.31	0.35	0.33	0.39	0.62	0.49	0.47	0.48	0.46	0.36	0.25	0.39			
PRECIP. PROM	73.03	70.53	66.40	59.92	57.27	40.50	39.89	27.97	50.76	61.33	64.82	69.10			
PRECIP. MÁX	133.00	108.00	123.10	115.00	156.00	94.60	85.60	58.00	121.00	111.20	98.30	149.20			
PRECIP. MÍN	33.80	21.30	27.50	23.30	18.70	4.90	9.60	3.70	20.50	26.10	28.80	32.90			

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	2655.10	51.99
VALOR MÁXIMO	156.00	2.19
VALOR MÍNIMO	69.90	1.84
MEDIA	102.12	2.00
VARIANZA	517.28	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	22.74	0.09
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.22	0.05
COEFICIENTE DE SESGO	1.01	0.48
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)
xH	2.23
PH	169.45 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.77
PH	58.88 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

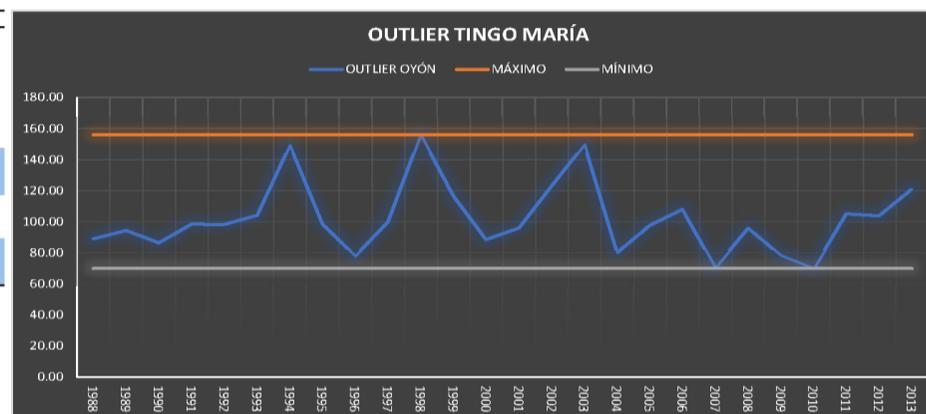


Figura 55
Ficha de pluviometría Estación Tulumayo

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN: TULUMAYO		LONGITUD: 76°00'33.97"				LATITUD: 9°8'49.4"				ELEVACIÓN: 612 msnm					
HUANUCO-LEONCIO PRADO-JOSÉ CRESCO Y CASTILLO															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP PROM	PP MÍN	PP MÁX
1988	34.00	43.50	57.30	54.40	50.00	23.00	25.00	10.60	58.79	62.23	59.98	41.95	43.40	10.60	62.23
1989	55.54	88.30	79.77	79.19	17.73	32.70	34.45	48.29	40.55	55.39	62.80	34.89	52.47	17.73	88.30
1990	71.27	61.80	38.74	32.79	64.75	43.47	54.83	33.51	27.86	56.62	49.16	79.48	51.19	27.86	79.48
1991	90.33	20.60	54.50	63.40	30.31	31.17	26.06	15.31	19.35	40.57	64.83	68.63	43.75	15.31	90.33
1992	46.64	75.07	52.21	83.96	72.19	52.92	19.25	55.47	52.33	80.46	92.10	91.27	64.49	19.25	92.10
1993	98.91	23.99	26.74	57.71	40.50	33.45	44.26	37.18	51.51	83.13	74.72	90.38	55.21	23.99	98.91
1994	53.50	53.00	53.50	72.00	66.05	31.34	61.48	20.74	55.87	76.46	42.56	137.32	60.24	20.74	137.32
1995	76.30	91.47	78.17	33.90	34.71	41.62	40.37	15.48	41.25	69.52	47.95	65.92	53.05	15.48	91.47
1996	63.74	36.00	28.30	102.90	95.70	43.60	4.20	19.20	25.20	55.20	65.30	71.10	50.87	4.20	102.90
1997	48.40	58.40	62.40	136.00	31.00	40.50	21.60	43.80	51.20	49.20	110.50	45.20	58.18	21.60	136.00
1998	63.70	109.00	82.00	67.20	113.30	35.80	23.20	60.80	37.00	65.70	27.20	65.60	62.54	23.20	113.30
1999	113.80	60.60	74.40	17.30	67.70	26.30	43.60	12.80	24.00	34.00	53.50	23.80	45.98	12.80	113.80
2000	47.40	57.80	63.20	34.00	40.90	49.60	26.10	96.60	21.20	35.40	28.30	58.10	46.54	21.20	96.60
2001	67.80	42.40	34.60	28.40	62.00	42.80	41.00	18.50	34.40	34.10	65.40	90.70	46.84	18.50	90.70
2002	56.30	103.50	50.50	43.30	58.00	31.30	72.50	35.00	12.00	40.30	79.00	56.20	53.16	12.00	103.50
2003	41.80	72.30	60.50	126.00	72.00	36.20	23.00	68.20	66.00	44.00	93.00	74.50	64.79	23.00	126.00
2004	70.80	31.30	60.00	40.20	32.30	21.30	102.40	22.70	22.10	32.20	50.20	45.70	44.27	21.30	102.40
2005	52.60	142.00	65.10	24.80	13.10	62.50	5.50	27.70	54.70	72.70	41.60	87.70	54.17	5.50	142.00
2006	46.40	118.60	40.80	38.00	38.00	51.40	30.40	60.00	35.50	55.30	63.20	62.30	53.33	30.40	118.60
2007	60.00	34.70	45.20	40.80	65.00	20.40	35.20	21.60	19.10	76.80	56.00	67.00	45.15	19.10	76.80
2008	34.80	43.40	45.50	68.30	37.80	36.40	61.00	22.80	47.80	57.40	26.20	43.00	43.71	22.80	68.30
2009	62.00	40.80	97.60	40.80	56.70	63.00	27.80	32.70	41.10	35.50	50.70	66.30	50.93	27.80	97.60
2010	36.30	70.90	108.50	56.70	26.30	11.30	40.30	14.40	12.50	39.60	78.60	43.60	44.92	11.30	108.50
2011	54.10	84.00	28.20	38.40	29.30	18.10	54.60	16.70	89.00	52.00	22.50	50.00	44.74	16.70	89.00
2012	80.00	73.00	69.00	43.00	52.60	54.60	13.80	31.10	36.40	22.70	61.80	52.70	49.23	13.80	80.00
2013	83.70	96.67	61.09	106.33	29.76	55.34	17.91	36.14	67.80	70.00	56.40	45.50	60.55	17.91	106.33
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00			
DESV. ESTANDAR	19.82	31.02	19.11	30.87	23.79	12.75	21.82	20.71	18.89	17.07	21.38	23.49			
COEF. VARIACIÓN	0.32	0.45	0.34	0.52	0.47	0.35	0.60	0.61	0.47	0.32	0.36	0.37			
PRECIP. PROM	61.93	68.80	56.19	59.45	50.31	36.92	36.53	33.74	40.18	53.71	58.60	63.80			
PRECIP. MÁX	113.80	142.00	108.50	136.00	113.30	62.50	102.40	96.60	89.00	83.13	110.50	137.32			
PRECIP. MÍN	34.00	20.60	26.74	17.30	13.10	11.30	4.20	10.60	12.00	22.70	22.50	23.80			

	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	2612.47	51.83
VALOR MÁXIMO	142.00	2.15
VALOR MÍNIMO	62.23	1.79
MEDIA	100.48	1.99
VARIANZA	414.27	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	20.35	0.09
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.20	0.04
COEFICIENTE DE SESGO	0.34	-0.18
CONCLUSIÓN	No existen datos dudosos altos y bajos.	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)
xH	2.22
PH	164.40 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.77
PH	59.01 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

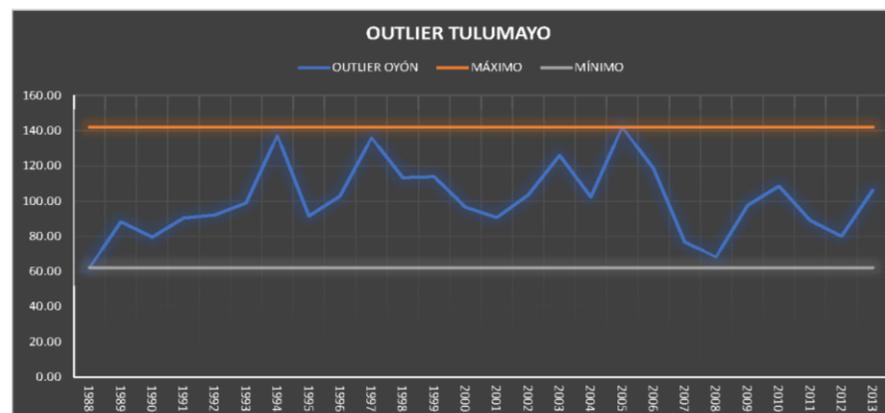


Figura 56
Factores de intensidad de 02 años a 25 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 2 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	10.2493	4.0943	2.3272	9.5284	16.7637
2	120	6.7102	4.7875	1.9036	9.1136	22.9201
3	180	5.2579	5.1930	1.6597	8.6190	26.9668
4	240	4.4317	5.4806	1.4888	8.1594	30.0374
5	300	3.8833	5.7038	1.3567	7.7383	32.5331
6	360	3.4850	5.8861	1.2485	7.3486	34.6462
7	480	2.9312	6.1738	1.0754	6.6393	38.1156
8	600	2.5535	6.3969	0.9375	5.9970	40.9207
9	720	2.2733	6.5793	0.8212	5.4031	43.2865
10	840	2.0545	6.7334	0.7200	4.8482	45.3387
11	960	1.8781	6.8669	0.6302	4.3278	47.1548
12	1080	1.7329	6.9847	0.5498	3.8403	48.7863
13	1200	1.6121	7.0901	0.4776	3.3859	50.2692
14	1320	1.5110	7.1854	0.4128	2.9660	51.6298
15	1440	1.4266	7.2724	0.3553	2.5840	52.8878
15	9900	51.9907	92.4282	15.9644	90.4989	582.2567
Ln(d)=	4.8759	d=	131.0938	n=	-0.6186	

PERIODO DE RETORNO PARA T = 5 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	12.5833	4.0943	2.5324	10.3684	16.7637
2	120	8.2383	4.7875	2.1088	10.0958	22.9201
3	180	6.4553	5.1930	1.8649	9.6843	26.9668
4	240	5.4409	5.4806	1.6939	9.2839	30.0374
5	300	4.7676	5.7038	1.5619	8.9085	32.5331
6	360	4.2786	5.8861	1.4536	8.5562	34.6462
7	480	3.5987	6.1738	1.2806	7.9060	38.1156
8	600	3.1350	6.3969	1.1426	7.3094	40.9207
9	720	2.7910	6.5793	1.0264	6.7529	43.2865
10	840	2.5223	6.7334	0.9252	6.2296	45.3387
11	960	2.3057	6.8669	0.8354	5.7366	47.1548
12	1080	2.1276	6.9847	0.7550	5.2733	48.7863
13	1200	1.9792	7.0901	0.6827	4.8405	50.2692
14	1320	1.8551	7.1854	0.6179	4.4402	51.6298
15	1440	1.7515	7.2724	0.5605	4.0760	52.8878
15	9900	63.8302	92.4282	19.0418	109.4616	582.2567
Ln(d)=	5.0811	d=	160.9469	n=	-0.6186	

PERIODO DE RETORNO PARA T = 10 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	13.9533	4.0943	2.6357	10.7915	16.7637
2	120	9.1352	4.7875	2.2121	10.5906	22.9201
3	180	7.1581	5.1930	1.9682	10.2210	26.9668
4	240	6.0332	5.4806	1.7973	9.8502	30.0374
5	300	5.2867	5.7038	1.6652	9.4979	32.5331
6	360	4.7444	5.8861	1.5570	9.1645	34.6462
7	480	3.9905	6.1738	1.3839	8.5440	38.1156
8	600	3.4764	6.3969	1.2460	7.9705	40.9207
9	720	3.0948	6.5793	1.1297	7.4328	43.2865
10	840	2.7969	6.7334	1.0285	6.9255	45.3387
11	960	2.5568	6.8669	0.9387	6.4463	47.1548
12	1080	2.3592	6.9847	0.8583	5.9951	48.7863
13	1200	2.1947	7.0901	0.7861	5.5732	50.2692
14	1320	2.0571	7.1854	0.7213	5.1827	51.6298
15	1440	1.9422	7.2724	0.6638	4.8275	52.8878
15	9900	70.7795	92.4282	20.5919	119.0133	582.2567
Ln(d)=	5.1844	d=	178.4693	n=	-0.6186	

PERIODO DE RETORNO PARA T = 25 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	15.5330	4.0943	2.7430	11.2306	16.7637
2	120	10.1694	4.7875	2.3194	11.1040	22.9201
3	180	7.9685	5.1930	2.0755	10.7779	26.9668
4	240	6.7162	5.4806	1.9045	10.4380	30.0374
5	300	5.8852	5.7038	1.7724	10.1096	32.5331
6	360	5.2815	5.8861	1.6642	9.7958	34.6462
7	480	4.4423	6.1738	1.4912	9.2061	38.1156
8	600	3.8699	6.3969	1.3532	8.6565	40.9207
9	720	3.4452	6.5793	1.2370	8.1385	43.2865
10	840	3.1136	6.7334	1.1358	7.6476	45.3387
11	960	2.8462	6.8669	1.0460	7.1827	47.1548
12	1080	2.6263	6.9847	0.9656	6.7442	48.7863
13	1200	2.4432	7.0901	0.8933	6.3336	50.2692
14	1320	2.2900	7.1854	0.8285	5.9534	51.6298
15	1440	2.1621	7.2724	0.7711	5.6075	52.8878
15	9900	78.7925	92.4282	22.2007	128.9262	582.2567
Ln(d)=	5.2917	d=	198.6742	n=	-0.6186	

Figura 57
Factores de intensidad de 50 años a 500 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 50 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	16.6188	4.0943	2.8105	11.5073	16.7637
2	120	10.8803	4.7875	2.3870	11.4275	22.9201
3	180	8.5255	5.1930	2.1431	11.1288	26.9668
4	240	7.1857	5.4806	1.9721	10.8084	30.0374
5	300	6.2966	5.7038	1.8400	10.4950	32.5331
6	360	5.6507	5.8861	1.7318	10.1935	34.6462
7	480	4.7528	6.1738	1.5587	9.6233	38.1156
8	600	4.1404	6.3969	1.4208	9.0888	40.9207
9	720	3.6861	6.5793	1.3046	8.5830	43.2865
10	840	3.3312	6.7334	1.2033	8.1026	45.3387
11	960	3.0452	6.8669	1.1136	7.6467	47.1548
12	1080	2.8099	6.9847	1.0331	7.2162	48.7863
13	1200	2.6140	7.0901	0.9609	6.8127	50.2692
14	1320	2.4500	7.1854	0.8961	6.4389	51.6298
15	1440	2.3132	7.2724	0.8386	6.0989	52.8878
15	9900	84.3005	92.4282	23.2142	135.1715	582.2567
Ln(d)=	5.3592	d=	212.5624	n=	-0.6186	

PERIODO DE RETORNO PARA T = 100 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	17.6404	4.0943	2.8702	11.7515	16.7637
2	120	11.5491	4.7875	2.4466	11.7131	22.9201
3	180	9.0496	5.1930	2.2027	11.4386	26.9668
4	240	7.6274	5.4806	2.0318	11.1353	30.0374
5	300	6.6837	5.7038	1.8997	10.8353	32.5331
6	360	5.9981	5.8861	1.7914	10.5446	34.6462
7	480	5.0449	6.1738	1.6184	9.9916	38.1156
8	600	4.3950	6.3969	1.4805	9.4704	40.9207
9	720	3.9126	6.5793	1.3642	8.9755	43.2865
10	840	3.5360	6.7334	1.2630	8.5043	45.3387
11	960	3.2324	6.8669	1.1732	8.0564	47.1548
12	1080	2.9826	6.9847	1.0928	7.6328	48.7863
13	1200	2.7747	7.0901	1.0205	7.2357	50.2692
14	1320	2.6006	7.1854	0.9558	6.8675	51.6298
15	1440	2.4554	7.2724	0.8983	6.5327	52.8878
15	9900	89.4824	92.4282	24.1090	140.6852	582.2567
Ln(d)=	5.4189	d=	225.6285	n=	-0.6186	

PERIODO DE RETORNO PARA T = 105 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	17.7114	4.0943	2.8742	11.7680	16.7637
2	120	11.5956	4.7875	2.4506	11.7323	22.9201
3	180	9.0860	5.1930	2.2067	11.4595	26.9668
4	240	7.6582	5.4806	2.0358	11.1573	30.0374
5	300	6.7106	5.7038	1.9037	10.8582	32.5331
6	360	6.0222	5.8861	1.7955	10.5683	34.6462
7	480	5.0653	6.1738	1.6224	10.0164	38.1156
8	600	4.4126	6.3969	1.4845	9.4961	40.9207
9	720	3.9284	6.5793	1.3682	9.0019	43.2865
10	840	3.5503	6.7334	1.2670	8.5313	45.3387
11	960	3.2454	6.8669	1.1772	8.0840	47.1548
12	1080	2.9946	6.9847	1.0968	7.6609	48.7863
13	1200	2.7858	7.0901	1.0246	7.2641	50.2692
14	1320	2.6111	7.1854	0.9598	6.8964	51.6298
15	1440	2.4653	7.2724	0.9023	6.5619	52.8878
15	9900	89.8427	92.4282	24.1693	141.0567	582.2567
Ln(d)=	5.4229	d=	226.5371	n=	-0.6186	

PERIODO DE RETORNO PARA T = 500 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	19.8188	4.0943	2.9866	12.2283	16.7637
2	120	12.9753	4.7875	2.5630	12.2706	22.9201
3	180	10.1671	5.1930	2.3192	12.0433	26.9668
4	240	8.5694	5.4806	2.1482	11.7735	30.0374
5	300	7.5090	5.7038	2.0161	11.4994	32.5331
6	360	6.7388	5.8861	1.9079	11.2300	34.6462
7	480	5.6679	6.1738	1.7348	10.7104	38.1156
8	600	4.9377	6.3969	1.5969	10.2152	40.9207
9	720	4.3958	6.5793	1.4807	9.7416	43.2865
10	840	3.9727	6.7334	1.3794	9.2883	45.3387
11	960	3.6315	6.8669	1.2897	8.8560	47.1548
12	1080	3.3509	6.9847	1.2092	8.4461	48.7863
13	1200	3.1173	7.0901	1.1370	8.0612	50.2692
14	1320	2.9218	7.1854	1.0722	7.7042	51.6298
15	1440	2.7586	7.2724	1.0147	7.3795	52.8878
15	9900	100.5326	92.4282	25.8556	151.4476	582.2567
Ln(d)=	5.5353	d=	253.4913	n=	-0.6186	

Figura 58
Factores de intensidad de 1000 años a 10000 años

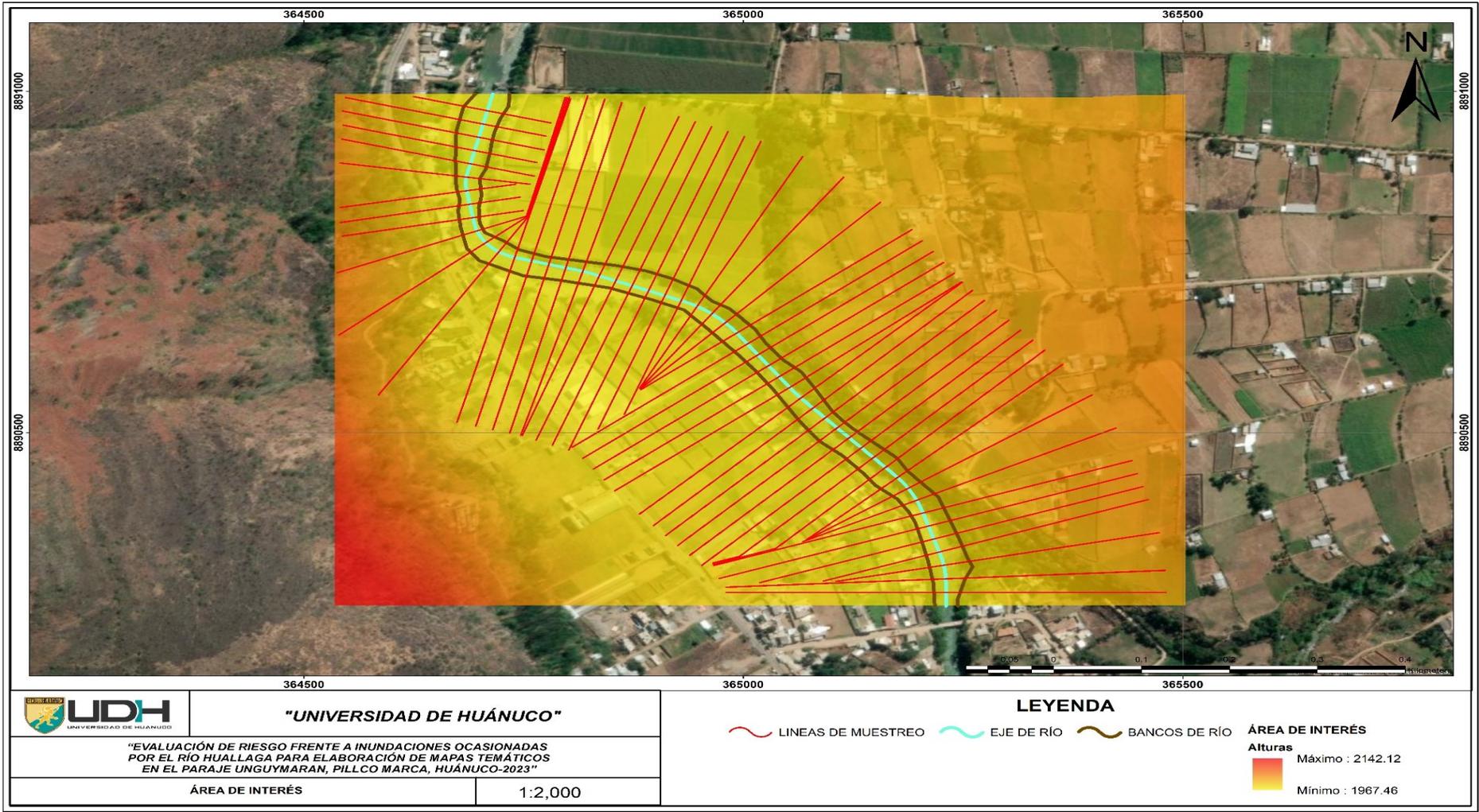
PERIODO DE RETORNO PARA T = 1000 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	20.6847	4.0943	3.0294	12.4034	16.7637
2	120	13.5422	4.7875	2.6058	12.4753	22.9201
3	180	10.6113	5.1930	2.3619	12.2654	26.9668
4	240	8.9438	5.4806	2.1910	12.0078	30.0374
5	300	7.8371	5.7038	2.0589	11.7434	32.5331
6	360	7.0332	5.8861	1.9506	11.4817	34.6462
7	480	5.9156	6.1738	1.7776	10.9745	38.1156
8	600	5.1534	6.3969	1.6397	10.4888	40.9207
9	720	4.5879	6.5793	1.5234	10.0229	43.2865
10	840	4.1463	6.7334	1.4222	9.5763	45.3387
11	960	3.7902	6.8669	1.3324	9.1496	47.1548
12	1080	3.4973	6.9847	1.2520	8.7448	48.7863
13	1200	3.2535	7.0901	1.1797	8.3644	50.2692
14	1320	3.0495	7.1854	1.1150	8.0115	51.6298
15	1440	2.8791	7.2724	1.0575	7.6905	52.8878
15	9900	104.9252	92.4282	26.4971	155.4003	582.2567
Ln(d)=	5.5781	d=	264.5673	n=	-0.6186	

PERIODO DE RETORNO PARA T = 10000 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	23.0999	4.0943	3.1398	12.8555	16.7637
2	120	15.1234	4.7875	2.7162	13.0040	22.9201
3	180	11.8503	5.1930	2.4724	12.8388	26.9668
4	240	9.9881	5.4806	2.3014	12.6131	30.0374
5	300	8.7522	5.7038	2.1693	12.3733	32.5331
6	360	7.8545	5.8861	2.0611	12.1317	34.6462
7	480	6.6063	6.1738	1.8880	11.6563	38.1156
8	600	5.7552	6.3969	1.7501	11.1952	40.9207
9	720	5.1236	6.5793	1.6338	10.7495	43.2865
10	840	4.6304	6.7334	1.5326	10.3199	45.3387
11	960	4.2328	6.8669	1.4429	9.9080	47.1548
12	1080	3.9057	6.9847	1.3624	9.5162	48.7863
13	1200	3.6334	7.0901	1.2902	9.1474	50.2692
14	1320	3.4055	7.1854	1.2254	8.8050	51.6298
15	1440	3.2153	7.2724	1.1679	8.4936	52.8878
15	9900	117.1765	92.4282	28.1536	165.6075	582.2567
Ln(d)=	5.6885	d=	295.4587	n=	-0.6186	

RESUMEN DE APLICACIÓN DE REGRESIÓN		
PR (AÑOS)	TERMINO CTE DE REGRESIÓN	COEFICIENTE DE REGRESIÓN
2	131.0938	-0.6186
5	160.9469	-0.6186
10	178.4693	-0.6186
25	198.6742	-0.6186
50	212.5624	-0.6186
100	225.6285	-0.6186
105	226.5371	-0.6186
500	253.4913	-0.6186
1000	264.5673	-0.6186
10000	295.4587	-0.6186
PROM	214.7429	-0.6186

REGRESIÓN POTENCIAL						
N°	T	d	ln T	ln d	ln T * ln d	(ln T)^2
1	2	131.0938	0.6931	4.8759	3.3797	0.4805
2	5	160.9469	1.6094	5.0811	8.1777	2.5903
3	10	178.4693	2.3026	5.1844	11.9376	5.3019
4	25	198.6742	3.2189	5.2917	17.0332	10.3612
5	50	212.5624	3.9120	5.3592	20.9655	15.3039
6	100	225.6285	4.6052	5.4189	24.9549	21.2076
7	105	226.5371	4.6540	5.4229	25.2380	21.6593
8	500	253.4913	6.2146	5.5353	34.3999	38.6214
9	1000	264.5673	6.9078	5.5781	38.5321	47.7171
10	10000	295.4587	9.2103	5.6885	52.3933	84.8304
10	11797	2147.4295	43.3279	53.4361	237.0119	248.0735
Ln(k)=	4.9498	K=	141.1459	m=	0.0909	

Figura 59
Ubicación de la zona de investigación



ANEXO 3

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 60

Tesista al lado del equipo topográfico, con la que realizó el levantamiento topográfico del área de estudio



Figura 61

Tesista armando el trípode para poder iniciar el levantamiento del área de estudio



Figura 62

Figura 1 Preparación de la estación a utilizar sobre el punto de control número uno



Figura 63

Toma de datos en el punto de control número uno, para el levantamiento correspondiente



Figura 64

Tesista indicando a su apoyo como y donde debe de colocar la mira



Figura 65

Tesista realizando el levantamiento topográfico de la zona de estudio



ANEXO 4
RESOLUCIONES
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2246-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 10 de noviembre de 2022

Visto, el Oficio N° 1472-2022-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 377641-0000008322, de la Bach. **Dida PUENTE ALBORNOZ**; 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° 377641-0000008322, presentado por el (la) Bach. **Dida PUENTE ALBORNOZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone a la Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza, 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. **Dida PUENTE ALBORNOZ**, a la Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza, 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



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
BLCR/EJML/nto.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1996-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 08 de setiembre de 2023

Visto, el Of. N° 1366-2023-C-PAIC-FI-UDH y el Exp. N° 435188-0000007857 presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, quien informa que el (la) Bach. **Dida PUENTE ALBORNOZ**, solicita Revisión del informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: **"EVALUACIÓN DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES OCASIONADAS POR EL RÍO HUALLAGA PARA ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN EL PARAJE UNGUYMARAN, PILLCO MARCA, HUÁNUCO-2023"**.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Art. N° 38 y 39 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, es necesaria la revisión del Trabajo de Investigación (Tesis) por la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Huánuco; y,

Que, para tal efecto es necesario nombrar al jurado Revisor y/o evaluador, compuesta por tres miembros docentes de la Especialidad, 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.- NOMBRAR, al Jurado Revisor que evaluará el informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: **"EVALUACIÓN DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES OCASIONADAS POR EL RÍO HUALLAGA PARA ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN EL PARAJE UNGUYMARAN, PILLCO MARCA, HUÁNUCO-2023"**, presentado por el (la) Bach. **Dida PUENTE ALBORNOZ**, del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, conformado por los siguientes docentes:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| ➤ Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas | PRESIDENTE |
| ➤ Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza | SECRETARIO |
| ➤ Mg. Karen Vanessa Bastidas Salazar | VOCAL |

Artículo Segundo.- Los miembros del Jurado Revisor tienen un plazo de siete (07) días hábiles como máximo, para emitir el informe y opinión acerca del Informe Final del Trabajo de Investigación (Tesis).

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVESE.



Distribución:
C PAIC -Mat. y Reg. Acad.- Interesado- Jurado (03)-Archivo
BCR/EJML/nto.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1122-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 18 de mayo de 2023

Visto, el Oficio N° 785-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **“EVALUACIÓN DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES OCASIONADAS POR EL RÍO HUALLAGA PARA ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN EL PARAJE UNGUYMARAN, PILLCO MARCA, HUÁNUCO-2023”**, presentado por el (la) Bach. **Dida PUENTE ALBORNOZ**.

CONSIDERANDO:

Que, 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° 2246-2022-D-FI-UDH, de fecha 10 de noviembre de 2022, perteneciente a la Bach. **Dida PUENTE ALBORNOZ** se le designó como ASESOR(A) a la Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 785-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **“EVALUACIÓN DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES OCASIONADAS POR EL RÍO HUALLAGA PARA ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN EL PARAJE UNGUYMARAN, PILLCO MARCA, HUÁNUCO-2023”**, presentado por el (la) Bach. **Dida PUENTE ALBORNOZ**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza (Secretario) y Mg. Jhon Elio Gomez Valles (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (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 Primero. - **APROBAR**, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **“EVALUACIÓN DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES OCASIONADAS POR EL RÍO HUALLAGA PARA ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN EL PARAJE UNGUYMARAN, PILLCO MARCA, HUÁNUCO-2023”**, presentado por el (la) Bach. **Dida PUENTE ALBORNOZ** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

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