

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“Evaluación hidráulica e hidrológica de la cuenca del río Huertas
para la estimación de estructuras de defensa ribereña en el caserío
de Uchucyacu-2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Ccosi Espinoza, Franz Walker

ASESOR: Leandro Quispe, David Roy

HUÁNUCO - PERÚ
2025

U

D

H



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

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería civil**Disciplina:** Ingeniería civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero(a) Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71539271

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47044890

Grado/Título: Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0009-0005-3098-4770

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Tuanama Lavi, José Wicley	Maestro en gerencia pública	05860064	0000-0002-5148-6384
2	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
3	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

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 16:30 horas del día **viernes 17 de octubre de 2025**, 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:

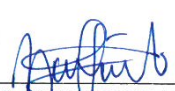
- | | |
|--|------------|
| ❖ MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI | PRESIDENTE |
| ❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA | SECRETARIA |
| ❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA | VOCAL |

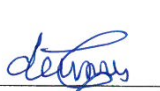
Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2059-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA E HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO HUERTAS PARA LA ESTIMACIÓN DE ESTRUCTURAS DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL CASERÍO DE UCHUCYACU- 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Franz Walker CCOSI ESPINOZA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

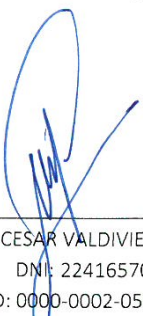
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

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 14 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 05:20 pm horas del día **17 del mes de octubre** del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI
DNI: 05860064
ORCID: 0000-0002-5148-6384
PRESIDENTE


MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433
SECRETARIO (A)


MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: FRANZ WALKER CCOSI ESPINOZA, de la investigación titulada "EVALUACIÓN HIDRÁULICA E HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO HUERTAS PARA LA ESTIMACIÓN DE ESTRUCTURAS DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL CASERÍO DE UCHUCYACU - 2024", con asesor(a) CARLOS ESTEBAN HUAMAN CUESPAN, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0093-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 14 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 27 de agosto de 2025



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



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

181. CCOSI ESPINOZA FRANZ WALKER.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

distancia.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

es.scribd.com

Fuente de Internet

1%

5

ateneo.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida, la fortaleza y la sabiduría para superar cada desafío en este largo camino. A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante a lo largo de mi vida. A mi madre, por su amor inmenso, su paciencia infinita y su lucha silenciosa. Gracias por ser el corazón de esta familia y por nunca dejar de creer en mí. A mi padre cuyo ejemplo de esfuerzo, humildad y entrega marcó profundamente mi vida. Aunque ya no estés físicamente, tu presencia me acompañó en cada paso. Esta victoria también es tuya. A mis hermanos, por ser mi fuente de inspiración y por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles. Y a todos mis amigos, que con su compañía y comprensión me han brindado la fuerza necesaria para alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, por su guía experta y sus valiosos consejos a lo largo de este proyecto. A mis profesores de la Universidad de Huánuco, quienes con su conocimiento y dedicación han contribuido de manera significativa a mi formación académica. A mis compañeros de clase, por compartir conmigo este camino y por su apoyo incondicional. Y, finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra manera, han influido positivamente en mi desarrollo personal y profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	16
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	16
1.3 OBJETIVO GENERAL	16
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	18
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	19
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	21
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	27
2.2 BASES TEÓRICAS.....	31
2.2.1 CUENCA HIDROLÓGICA	31
2.2.2 PRECIPITACIÓN.....	40
2.2.3 CAUDALES CRÍTICOS	47

2.2.4	MODELO HIDRÁULICO	52
2.2.5	INUNDACIÓN	53
2.2.6	DEFENSAS RIBEREÑAS	55
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES	56
2.4	HIPÓTESIS	58
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL	58
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	58
2.5	VARIABLES	58
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE	58
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE	58
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	59
CAPÍTULO III		62
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		62
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	62
3.1.1	ENFOQUE	62
3.1.2	ALCANCE O NIVEL	62
3.1.3	DISEÑO	62
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	63
3.2.1	POBLACIÓN	63
3.2.2	MUESTRA	63
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	63
3.3.1	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	63
3.3.2	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	66
3.3.3	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	68
CAPÍTULO IV		70
RESULTADOS		70
4.1	PROCESAMIENTO DE DATOS	70
4.1.1	DEL CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS	70
4.1.2	DE LA ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES	81
4.1.3	DE LA ESTIMACIÓN DE DIMENSIONES DE LA DEFENSA RIBEREÑA	103
4.2	CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	107

4.2.1 HIPÓTESIS GENERAL	107
4.2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	109
CAPÍTULO V	112
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	112
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de cuencas	32
Tabla 2 Estructuras y periodo de retorno	47
Tabla 3 Coeficientes de rugosidad de Manning.....	48
Tabla 4 Coeficiente de escorrentía.....	50
Tabla 5 Clasificación del número de curva	51
Tabla 6 Operacionalización de variables.....	59
Tabla 7 Ficha de áreas bajo cotas.....	64
Tabla 8 Ficha de red hídrica	64
Tabla 9 Ficha de pendiente promedio de la cuenca	65
Tabla 10 Ficha de precipitaciones por estación.....	65
Tabla 11 Ficha de parámetros geomorfológicos.....	67
Tabla 12 Ficha de coeficientes geomorfológicos.....	67
Tabla 13 Ficha de prueba de Kolmogorov – Smirnov.....	68
Tabla 14 Ficha de estaciones meteorológicas	69
Tabla 15 Ficha de precipitaciones reajustadas.....	69
Tabla 16 Área bajo la curva de la cuenca del río Huertas	71
Tabla 17 Estimación de la pendiente promedio de la cuenca del río Huertas	73
Tabla 18 Estimación de la pendiente media de la red hídrica	75
Tabla 19 Identificación de áreas para cada tipo de cobertura	76
Tabla 20 Identificación de áreas de uso de suelo.....	78
Tabla 21 Estimación de número de curva promedio	79
Tabla 22 Parámetros morfológicos y geométricos de la cuenca del río Huertas	80
Tabla 23 Coeficientes de caracterización geométrica y morfológica	81
Tabla 24 Estaciones hidrológicas cercanas a la cuenca del río Huertas	82
Tabla 25 Datos de lluvia Estación Oyón.....	82
Tabla 26 Datos de lluvia completados Estación Oyón.....	84
Tabla 27 Valores de precipitación en el centroide	88
Tabla 28 Prueba de Kolmogorov – Smirnov	95
Tabla 29 Estimación de precipitaciones en diferentes periodos de retorno..	95
Tabla 30 Valores de lluvias reajustadas	96

Tabla 31	Tormenta de diseño para un PR de 10 años	97
Tabla 32	Caudales estimados para la cuenca del río Huertas	99
Tabla 33	Áreas de inundación para diferentes periodos de retorno	103
Tabla 34	Caudales estimados para la cuenca del río Huertas	107
Tabla 35	Áreas de inundación para diferentes periodos de retorno	107
Tabla 36	Coeficientes de caracterización geométrica y morfológica	109
Tabla 37	Caudales estimados para la cuenca del río Huertas	110
Tabla 38	Matriz de Consistencia	119
Tabla 39	Registro histórico – Estación Carhuacayan	122
Tabla 40	Registro histórico – Estación Huánuco	123
Tabla 41	Registro histórico – Estación Oyón.....	124
Tabla 42	Registro histórico – San Rafael	125
Tabla 43	Registro histórico – Tingo María.....	126
Tabla 44	Registro histórico – Tulumayo	127
Tabla 45	Estación Carhuacayan – Datos completos	128
Tabla 46	Estación Huánuco – Datos completos	130
Tabla 47	Estación Huánuco – Tingo María	132
Tabla 48	Intensidades para la cuenca del río Huertas	137
Tabla 49	Tormenta de diseño para un PR de 25 años	137
Tabla 50	Tormenta de diseño para un PR de 50 años	138
Tabla 51	Tormenta de diseño para un PR de 100 años	139
Tabla 52	Tormenta de diseño para un PR de 500 años	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Divisoria de cuencas	31
Figura 2 Área de cuenca	33
Figura 3 Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.....	33
Figura 4 Perfil de cuenca	34
Figura 5 Rectángulo equivalente.....	36
Figura 6 Perfil longitudinal.....	37
Figura 7 Clasificación de corrientes	38
Figura 8 Clasificación de precipitaciones	41
Figura 9 Método de Thiessen.....	42
Figura 10 Isoyetas.....	43
Figura 11 Hietograma de tormenta	45
Figura 12 Curva masa.....	46
Figura 13 Recolección de datos de precipitación	63
Figura 14 Recolección de información DEM	64
Figura 15 Interfaz del software Hec-HMS	66
Figura 16 Delimitación de la cuenca del río Huertas.....	70
Figura 17 Altitudes que comprende la cuenca del río Huertas.....	70
Figura 18 Curva hipsométrica de la cuenca del río Huertas	72
Figura 19 Valores de pendiente de la cuenca del río Huertas	73
Figura 20 Red hídrica de la cuenca del río Huertas	74
Figura 21 Cobertura vegetal del río Huertas	75
Figura 22 Uso de suelo de la cuenca del río Huertas	77
Figura 23 Rangos de número de curva de la cuenca del río Huertas	78
Figura 24 Análisis de precipitaciones promedio mensuales.....	86
Figura 25 Análisis de precipitaciones promedio anuales	87
Figura 26 Análisis de doble masa	88
Figura 27 Análisis de precipitaciones promedio mensuales.....	91
Figura 28 Análisis de precipitaciones promedio anuales	92
Figura 29 Análisis de doble masa	92
Figura 30 Análisis de los valores en distribución Normal	93
Figura 31 Curva IDF para la cuenca del río Huertas.....	96
Figura 32 Intensidades para un PR de 10 años	98

Figura 33 Modelo Hec-HMS del río Huertas	98
Figura 34 Área de investigación.....	100
Figura 35 Modelo Hec-RAS	100
Figura 36 Zonas de inundación para un PR de 500 años	102
Figura 37 Ingreso de datos en el software RIVER	104
Figura 38 Diseño final de defensa ribereña	105
Figura 39 Cartografía con la inclusión de los diques de protección	105
Figura 40 Cartografía con la inclusión de los diques de protección	108
Figura 41 Cartografía con la inclusión de los diques de protección	110
Figura 42 Ubicación de la zona de investigación	121
Figura 43 Distribución Log-Normal 2P	134
Figura 44 Distribución Log-Normal 3P	134
Figura 45 Distribución Gamma 2P	135
Figura 46 Distribución Gamma 3P	135
Figura 47 Distribución Log-Pearson TIII.....	136
Figura 48 Distribución Gumbel.....	136
Figura 49 Distribución Log-Gumbel.....	137
Figura 50 Intensidades para un PR de 25 años	138
Figura 51 Intensidades para un PR de 50 años	139
Figura 52 Intensidades para un PR de 100 años	140
Figura 53 Intensidades para un PR de 500 años	141
Figura 54 Valores de caudal PR 25 años.....	141
Figura 55 Valores de caudal PR 50 años.....	142
Figura 56 Valores de caudal PR 100 años.....	142
Figura 57 Valores de caudal PR 500 años.....	143
Figura 58 Zonas de inundación para un PR de 10 años	143
Figura 59 Zonas de inundación para un PR de 25 años	144
Figura 60 Zonas de inundación para un PR de 50 años	144
Figura 61 Zonas de inundación para un PR de 100 años	145
Figura 62 Cartografía con la inclusión de los diques de protección PR10 .	145
Figura 63 Cartografía con la inclusión de los diques de protección PR25 .	146
Figura 64 Cartografía con la inclusión de los diques de protección PR50 .	146
Figura 65 Cartografía con la inclusión de los diques de protección PR100	147

RESUMEN

La presente investigación se centró en la evaluación hidráulica e hidrológica de la cuenca del río Huertas, con el fin de proponer defensas ribereñas en el caserío de Uchucyacu. Para ello, se calcularon diversos parámetros geomorfológicos de la cuenca, entre ellos, un factor de forma de 0.71 y un coeficiente de compacidad de 2.31. Además, se determinó que el rectángulo equivalente de la cuenca tenía lados de 166.50 km y 11.19 km, con una densidad de drenaje de 0.52 u/km² y un índice de pendiente de 0.22. La cuenca del río Huertas abarcó una superficie de 1863.41 km² y un perímetro de 355.38 km. El ancho y el largo de la cuenca fueron 40.32 km y 56.46 km, respectivamente. El centroide de la cuenca se localizó en las coordenadas 336675.73E, 8843609.70N, con una elevación de 4209.13 msnm. La altura media de la cuenca fue de 4171 msnm y la cota de frecuencia media fue de 4065.15 msnm. Se estimó una pendiente de la cuenca de 6.63%, mientras que la longitud del río principal fue de 54.46 km y la longitud total de la red hídrica fue de 973.22 km, con una pendiente promedio de 15.32%. Utilizando el software Hec-HMS, se obtuvieron valores de caudal para diferentes periodos de retorno: 145.70 m³/s para 10 años, 155.50 m³/s para 25 años, 163.50 m³/s para 50 años, 172.30 m³/s para 100 años y 198.80 m³/s para 500 años. Con base en estos datos, se realizó el predimensionamiento del dique de encauzamiento, determinando las siguientes dimensiones: una altura de 2.80 m, un ancho de base de 10.43 m, una corona de 3.50 m, una profundidad de uña de 1.50 m, un talud de 1.50 y un ancho de uña de 2.20 m.

Palabras clave: Evaluación hidráulica, Evaluación hidrológica, Cuenca del río Huertas, Defensas ribereñas, Uchucyacu, Parámetros geomorfológicos, Hec-HMS, Periodos de retorno, Hec-RAS.

ABSTRACT

The present research focused on the hydraulic and hydrological evaluation of the Huertas River basin, in order to propose riverside defenses in the Uchucyacu hamlet. To this end, various geomorphological parameters of the basin were calculated, including a shape factor of 0.71 and a compactness coefficient of 2.31. Furthermore, it was determined that the equivalent rectangle of the basin had sides of 166.50 km and 11.19 km, with a drainage density of 0.52 u/km² and a slope index of 0.22. The Huertas River basin covered an area of 1863.41 km² and a perimeter of 355.38 km. The width and length of the basin were 40.32 km and 56.46 km, respectively. The centroid of the basin was located at coordinates 336675.73E, 8843609.70N, with an elevation of 4209.13 meters above sea level. The average height of the basin was 4171 meters above sea level and the average frequency elevation was 4065.15 meters above sea level. A basin slope of 6.63% was estimated, while the length of the main river was 54.46 km and the total length of the water network was 973.22 km, with an average slope of 15.32%. Using the Hec-HMS software, flow values were obtained for different return periods: 145.70 m³/s for 10 years, 155.50 m³/s for 25 years, 163.50 m³/s for 50 years, 172.30 m³/s for 100 years and 198.80 m³/s for 500 years. Based on these data, the pre-sizing of the channeling dike was carried out, determining the following dimensions: a height of 2.80 m, a base width of 10.43 m, a crown of 3.50 m, a depth of 1.50 m, a slope of 1.50 and a nail width of 2.20 m.

Keywords: Hydraulic evaluation, Hydrological evaluation, Huertas River Basin, Riverside defenses, Uchucyacu, Geomorphological parameters, Hec-HMS, Return periods, Hec-RAS.

INTRODUCCIÓN

La gestión adecuada de los recursos hídricos y la protección contra inundaciones han sido aspectos cruciales en el desarrollo sostenible de las comunidades rurales. La cuenca del río Huertas, ubicada en el caserío de Uchucyacu, presentaba desafíos significativos en términos de manejo de caudales y prevención de desbordes que afectaban la seguridad y el bienestar de sus habitantes. Este estudio tuvo como objetivo general evaluar hidráulica e hidrológicamente la cuenca del río Huertas para el planteamiento de defensas ribereñas en el caserío de Uchucyacu. Para alcanzar este objetivo, se plantearon los siguientes objetivos específicos: calcular los parámetros geomorfológicos que componían la cuenca, estimar los valores de caudal para diferentes periodos de retorno, y determinar las dimensiones adecuadas para el diseño de defensas ribereñas. Este enfoque integral permitió desarrollar una estrategia efectiva para la mitigación de riesgos asociados a eventos hidrológicos extremos, contribuyendo al fortalecimiento de las infraestructuras de protección y al mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de Uchucyacu. A partir de lo presentado la investigación se estructuró de la siguiente manera:

Capítulo I (Problema de Investigación): En este apartado de la investigación se plantearon las problemáticas identificadas en la zona de interés y los objetivos de la investigación.

Capítulo II (Marco Teórico): En este apartado se elaboran las condiciones conceptuales que rigen los procedimientos ejecutados en la investigación.

Capítulo III (Metodología de la investigación): En este apartado de la investigación se plantean los lineamientos metodológicos que rigen el desarrollo de la investigación.

Capítulo IV (Resultados): En este apartado de la investigación se presentan los resultados más relevantes obtenidos de la ejecución de la investigación.

Capítulo V (Discusión de resultados): En este apartado de la investigación se presentan las discusiones de los resultados, así como las conclusiones y recomendaciones que se plantearon.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Mundialmente uno de los eventos naturales más peligrosos y comunes son los de inundaciones, ya que estos alteran las actividades humanas y los medios con los cuales subsiste la población dentro de la zona de influencia. Se pudo identificar que, si bien el riesgo de inundaciones afecta a todos los países sin diferenciar los niveles económicos en los que se encuentran, alrededor del 89% de los países se encuentra en un estado de ingresos económicos bajos a medios. A partir de análisis planteado por la Base de Datos de Seguimiento Mundial del Banco Mundial se pudo estimar que alrededor de 1470 millones de personas se encuentran en un estado de alto peligro frente a inundaciones y dentro de ese grupo de análisis alrededor de 600 millones de personas se encuentran clasificados como pobres. Se pudo identificar que el grado de exposición frente al riesgo de inundaciones, se pudo determinar que alrededor del 30% de la población vive en zonas donde se caracterizan el anegamiento que se estimó en un periodo de retorno de 100 años, dicho evento de inundación posee una probabilidad de ocurrencia del 1% o lo que equivale a una probabilidad del 50% en un periodo de 68 años. Las investigaciones del Banco Mundial indican que alrededor de un 20% de la población se encuentra en un riesgo de inundación debido al incremento del tirante hidráulico con 0.15 m y de ese grupo de investigación se estimó que la mitad de ellos se encuentran en un estado de peligro mortal especialmente por la vulnerabilidad que presentan los niños y personas con discapacidades. (Rentschler, 2020)

En el análisis elaborado por la Organización de Naciones Unidas para los años del 2000 al 2022 la zona de América Latina y El Caribe fueron las zonas más afectadas por desastres naturales. Del mismo informe se pudo determinar que las zonas con alto grado de inundaciones son los países de Colombia, Perú y Brasil dentro de los cuales se lograron cuantificar alrededor de 681 eventos de inundaciones con un total aproximado de 49 millones de personas damnificadas y un costo por daños de alrededor a los 28 billones de dólares. De la caracterización se pudo determinar que entre el 2019 al 2022

se cuantificaron un total de 133 inundaciones en la región, la cuantificación total de pérdidas por eventos de inundación para el Perú dejó alrededor de 4.5 millones de personas damnificadas. (UNDRR, 2023)

La región de Huánuco al ser una zona en la cual confluyen una gran cantidad de cauces hídricos presenta un alto riesgo frente a inundaciones ocasionadas por una tormenta anómala la cual puede ser originada por el denominado Fenómeno del Niño generando así un incremento crítico de los caudales y sobrepasando la capacidad de transporte de los cauces, partiendo de ello nace la necesidad de caracterizar la zona y mitigar posibles efectos generados por inundación en las zonas habitadas por personas a partir de un planteamiento estructural en los márgenes del cauce incrementando así la capacidad de transporte de caudal de los ríos que componen a la región de Huánuco, para la presente investigación se plantea una evaluación del río Huertas en el tramo que comprende el Caserío de Uchucyacu a fin de plantear defensas ribereñas mitigando efectos de inundación en la zona.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influyen la hidráulica e hidrología de la cuenca del río Huertas en el planteamiento de defensas ribereñas en el caserío de Uchucyacu?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Qué valores de parámetros geomorfológicos componen a la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu?

¿De qué manera afectan los valores de caudal para diferentes periodos de retorno para la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu?

¿Cuáles son las dimensiones adecuadas para el planteamiento de defensas ribereñas en el río Huertas en el caserío de Uchucyacu?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Evaluar hidráulica e hidrológicamente a la cuenca del río Huertas para el planteamiento de defensas ribereñas en el caserío de Uchucyacu.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Calcular los parámetros geomorfológicos que componen a la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu.

Estimar los valores de caudal para diferentes periodos de retorno para la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu.

Determinar las dimensiones adecuadas para el planteamiento de defensas ribereñas en el río Huertas en el caserío de Uchucyacu.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación se basó en la evaluación hidráulica e hidrológica de la cuenca que conforma el río Huertas a fin de determinar una defensa ribereña en los márgenes del cauce del río en el caserío de Uchucyacu, con ello se estimaron las dimensiones adecuadas de la defensa ribereña con la cual se controlaron los posibles desbordes del río Huertas. Dicho objetivo presentó una alta relevancia desde el punto de vista de la protección de la población que vive cerca a la faja marginal de río de interés planteando así una medida de protección y encauzamiento de las aguas del río Huertas y que no afecten en las actividades y accesos para la población cercana a las zonas marginales. En la actualidad para la zona del caserío de Uchucyacu no existía una caracterización completa ni hidráulica ni hidrológica con lo cual se generó la necesidad de una caracterización completa a fin de estimar un diseño estructural adecuado para la zona de interés. En la elaboración de la investigación teóricamente se basó en los parámetros planteados para el análisis hidrológico completo solo a nivel superficial ya que la caracterización de hidrología subterránea comprende un estudio con un periodo de realización demasiado alto, así mismo se pretendió aplicar la metodología del Número de Curva ya que con ella se estimaron los valores característicos de infiltración de acuerdo con las características del terreno en el que se ubica la cuenca. Esta investigación tomó en cuenta los registros de pluviometría y caudales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), adicionalmente a ello se tomó en cuenta la información de caracterización hidrológica de Huánuco elaborada por

la Autoridad Nacional del Agua, tomando dichas informaciones como punto de partida y calibración de los modelos que se generaron en la investigación. Los resultados que se obtuvieron en la investigación podrán ser tomados en cuenta para la ejecución de un expediente técnico que requiera de información preliminar para los estudios de ejecución de alguna obra hidráulica en la zona, si bien los resultados obtenidos son para la zona de interés, dicha información podrá ser extrapolada a zonas cercanas que presenten características similares de suelo e hidrología en la zona dando así paso a la estimación de más estructuras de control en diferentes zonas de la región.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La investigación se justificó desde la perspectiva práctica debido a la necesidad de establecer los parámetros de dimensiones de una defensa ribereña adecuada en el cauce del río Huertas a fin de controlar el caudal excedente a la capacidad de transporte con la que cuenta la zona de investigación. La investigación relacionó el planteamiento de la defensa ribereña con la mitigación de efectos negativos de las inundaciones en la zona de investigación, se sabe que en la zona en la que se llevó a cabo la presente investigación se encuentran asentamiento de poblaciones y actividades agrícolas que sustentan la economía de la población cercana a la zona, con el establecimiento de las estructuras de defensas ribereñas se pretendió proteger tanto a la población como a las actividades económicas que realizan en la zona. Si se aborda a la investigación desde la perspectiva de la solución de problemas específicos, la presente investigación pretendió mitigar de manera eficiente los efectos negativos de las inundaciones ya que con ello se asegura un mejoramiento de la calidad de vida de la población dando así una seguridad adecuada tanto para las personas vulnerables como para las actividades económicas que sustentan a la población. Los resultados y métodos aplicados en la investigación servirán de base para la ejecución de investigaciones similares en diferentes cauces que compone la región y el país debido a que se pretende para la investigación recolectar información libre de las instituciones nacionales e internacionales que estén de libre acceso para los investigadores, con dichos modelos ejecutados en la investigación se

obtuvieron una serie de procesos que podrán ser aplicados a diferentes zonas de interés. Los resultados obtenidos al finalizar la investigación sirvieron de punto de partida para que las autoridades locales ejecuten el proyecto o tomen en consideración medidas de control en la zona de interés pretendiendo así una mejora en la calidad de vida de la población.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La investigación presentó un tipo de estructura cuantitativa debido a que el proceso se basa en la cuantificación de lluvias y a partir ello estimar los valores de caudal que transcurran en diferentes periodos de retorno en el cauce del río Huertas, tuvo un alcance correlacional debido a que en la investigación se presentó una relación entre la evaluación hidráulica e hidrológica con la estimación del diseño de defensas ribereñas en el cauce del río Huertas y la investigación se basó en un diseño no experimental debido a que para la realización de la investigación no se realizó una manipulación de datos y se plateó solo con la información recolectada y validez en su correlación. La investigación planteó la estimación de los valores de los parámetros geomorfológicos que caracterizan a la cuenca, adicionalmente a ello se determinaron los valores de caudal en diferentes periodos de retorno y a partir de la información recolectada del proceso hidrológico e hidráulico se estimaron los valores de dimensionamiento de la defensa ribereña. La investigación se basó en el análisis de 870 m de cauce del río Huertas en el caserío Uchucyacu, esta longitud se determinó por la presencia de infraestructuras habitadas y zonas agrícolas en ambos márgenes del río. Los datos recolectados fueron obtenidos de los servidores hidrometeorológicos del país a fin de agilizar el proceso de recolección de datos, los modelos de elevación digital fueron obtenidos de los servidores satelitales internacionales y nacionales, dicha información sirvió para la delimitación precisa de la cuenca del río Huertas. La información recolectada de los sistemas hidrometeorológicos fue validada a partir de procesos estadísticos que generaron una caracterización correlacional entre los datos y que tuvieron una mínima dispersión entre los valores estimados, se tomaron un tiempo de 25 años de tiempo de análisis en la investigación a fin de determinar un alto valor de confiabilidad en los resultados que se obtuvieron.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la recolección de información no se presentó alguna limitante, este proceso de obtención de información se realizó a partir de la aplicación de interpolaciones con las estaciones más cercanas al área de interés a fin de mitigar el error y tener un parámetro claro de información pluviométrica, en la presente investigación no se tomaron en cuenta los afluentes subterráneos ya que una caracterización de cuencas subterráneas requiere de un análisis completamente distinto a una hidrología superficial. La información de caracterización de suelo fue obtenida a partir de una caracterización no supervisada a partir de la información satelital obtenida a fin de obtener los valores del número de curva adecuado para toda la cuenca.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para la realización de la presente investigación se contó con información pluviométrica de zonas cercanas al área de estudio así como la información satelital que requiere el modelo hidrológico de la zona, para la elaboración del modelo hidráulico se pudo contar con un modelo topográfico obtenido de la zona de investigación, obteniendo así los parámetros necesarios para el diseño adecuado de una defensa ribereña para la zona de interés, el periodo temporal de análisis de los registros pluviométricos se encontraron de libre acceso en el SENAMHI y los cuales sirvieron de punto de partida para la estimación de los caudales críticos para el diseño de la estructura adecuada. El financiamiento de la investigación se encontró dentro de las posibilidades del investigador y el tiempo de ejecución planeado para la investigación se encontró dentro de los límites establecidos por la casa de estudios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según Gómez (2021), en la investigación que titula “*Modelación de un sistema para el control de inundaciones, en la planicie aluvial del río Lodana, Manabí – Ecuador*”, para la revista de la Universidad Técnica de Manabí-Ecuador. En la investigación el autor plantea los siguientes objetivos:

Elaborar un modelo de control matemático para el diseño de estructuras de control de aluviones, aplicar modelos matemáticos para representar el avance de metodologías en el estudio de cuencas con aluviones característicos, estimar los valores del número de curva aplicable al modelo matemático de la cuenca a fin de representar los suelos con bajos umbrales de escorrentía.

A partir de la aplicación de los modelos matemáticos se pueden obtener los hidrogramas de crecidas a fin de plantear distintas medidas de protección en el área de interés, determinar si las estructuras planteadas serán adecuadas y que nivel de resultados favorables presenta en el cauce analizado y determinar el nivel de ausencia que presenta la región en material de información meteorológicas específicamente en las tormentas generadas y a su vez determinar las limitaciones que presentan los modelos matemáticos frente a este tipo de circunstancias.

Con dichos objetivos planteados el autor concluye: El valor del CN (número de curva) determinado para la zona de interés fue de en promedio 80 ya que hubo zonas en la cual se determinó valores de 75 y otras áreas se determinó un valor de 85, dichos valores calculados por el número de curva coinciden con el valor estimado por INAHMI, el valor de laminación en el cauce calibrado se determinó en un valor de 0.40 a 0.

Del modelo calibrado para el HEC-1, se pudo determinar que para una tormenta con un diseño de 80 mm distribuido en un tiempo de 6 hrs sobre una superficie de 65 km² se encuentra dentro de los registros

recolectados con anterioridad para la cuenca por ello se estima que el modelo HEC-1 se encuentra calibrado en el diseño.

Con respecto a los diseños de encauzamiento planteados se logró determinar que para un planteamiento de terraplenes la altura va desde los 0.60 a 0.80 m en las zonas de meseta de la cuenca de análisis, característicamente se pudo estimar una pendiente de 0.15% de manera perpendicular al flujo con espaciados cada 1000 m.

Otra opción tomada en cuenta fue la de los diques de tierra con derivación a cuencas favorables con cauces mayores y con un control adecuado y finalmente se tomaron en cuenta los planteamientos de diques de tierra para almacenamiento adosado a un vertedero lateral con desagüe direccionado a cauces principales.

Para Tovar (2020), en la tesis que titula “*Caracterización del cambio en la regulación hídrica y la oferta potencial de servicios ecosistémicos, asociado al establecimiento de infraestructura hidráulica. Caso de estudio: Complejo de Humedales de Ayapel*” elaborada para la Universidad de Antioquia-Colombia. En dicha investigación se plantean los siguientes objetivos:

Elaborar la caracterización de la variabilidad en los atributos biofísicos que están ligados a la regulación hídrica a partir de la ejecución de infraestructura hídricas que generan efectos en el potencial de los servicios ecosistémicos que se presentan, calcular la incidencia de las funciones hidrológicas que se ven influenciadas por los ecosistemas características de humedales a partir de la implementación de medidas estructurales.

Determinar los valores incidentes en las variaciones hídricas y los servicios de aprovisionamiento ecosistémico y caracterizar las variaciones en los servicios de alta potencialidad de aprovisionamiento identificando las alteraciones en el funcionamiento hidrológico.

De la investigación el autor pudo concluir lo siguiente: A partir del análisis que se elaboró para la determinación de las infraestructuras hidráulicas para el caso de la ejecución de los canales alrededor del 45% del análisis determina que este tipo de estructuras alteran las capacidades de almacenamiento de agua del cauce de interés, en el caso de la

aplicación de diques se determina que alrededor del 40% de aplicación de diques alteran los comportamientos frente a las inundaciones generadas en los márgenes del cauce analizado, los valores de almacenamiento de agua se ven alterados en un 34% de los casos analizados.

En el análisis de las represas planteadas en humedales se pudo determinar en un 30% de los planteamientos estos tuvieron un efecto específico de control de caudales dando así soluciones al control de las cantidades de agua que se pueda recorrer por determinados cauces, adicionalmente a ello se estimó que la aplicación de represas es en un 20% utilizado para el acopio de agua.

Finalmente, para la aplicación de terraplenes se pudo identificar que en un 40% la aplicación de dichas infraestructuras hidrológicas se aplica para el almacenamiento de agua con fines de distribución en redes, un 35% se aplica para la conectividad hidrológica con fines de encauzamiento adecuado del recorrido de los cauces.

Según Plazas (2020), en la tesis que titula “*Modelo de inundación para las microcuencas hidrológicas La Negreña y La Naranjera en el Municipio del Playón, Santander*”, elaborada para la Universidad Industrial de Santander-Chile. En dicha investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Generar un modelo de inundación para la quebrada de interés a partir de un análisis hidrológico e hidráulico partiendo de modelos SIG bajo la aplicación de los softwares HEC-HMS y HEC-RAS, determinar los valores de caudal para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años estimados con el software HEC-HMS y elaborar un modelo de zonificación para la determinación de amenazas por inundaciones en los periodos de retorno planteados con anterioridad.

Partiendo de estos objetivos se pudo concluir lo siguiente: De la caracterización geomorfológica de la cuenca se pudo identificar que las microcuencas formadas influyen en los análisis de inundación debido al incremento en los valores de caudal e infiltración en la cuenca.

La caracterización geomorfométrica de las microcuencas se pudo identificar que tienen forma oval oblonga a rectangular oblonga característico de relieves montañosos a moderadamente montañoso lo

cual caracterizan de manera positiva en circunstancias de lluvia ya que el tiempo en que las aguas se evacuan son menores, caracterizando las curvas hipsométricas.

La geomorfología en la microcuenca presenta características de suelos denudacionales, estructurales y fluviales, presentado laderas con un alto grado de erosiones agrestes, ello lleva a que el cauce del río transporte material no consolidado el cual frente a inundaciones puede ser trasladado de manera agresiva generando daños a la población circundante.

Al elaborar un modelo hidráulico superan los grados de peligrosidad a partir de un periodo de retorno de 2 años, los valores de las isobaras e isotacas van desde los 2.18 m hasta los 3.45 m y de 3.80 m/s a 6.35 m/s, los valores de velocidad estimado fue desde los 3.28 m/s a 5.65 m/s.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Para Rios (2022), en la tesis que se titula “*Obras de protección ribereña y control de inundación del río Mantaro, tramo barrio Mantaro, distrito de Huayucachi – Huancaayo*”, la cual se realizó para la Universidad Continental-Perú, en dicha investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Identificar la relación entre las estructuras de protección en las riberas de los ríos y el control de inundaciones para el río Mantaro, determinar la relación entre los encauzamientos con diques y/o enrocado con el control de inundaciones.

En la investigación se pudo concluir: Para la actualidad la estimación del caudal fue de 619 m³/s, siendo así se pudo estimar que para un periodo de retorno de 140 el valor de caudal fue de 1485 m³/s dicho valor sirvió de base para el diseño de las estructuras de defensa ribereña.

Los valores de profundidad de socavación para un periodo de retorno de 500 años la profundidad estimada fue de 0.40 m, con fines de logros de encauzamiento se tomó como profundidad de 1.00 m para los diseños estructurales.

Para el planteamiento del diseño de encauzamiento con diques se pudo estimar que el ancho de base es de 20 m con una altura de 5.30 m

y el ancho de la corona es de 4 m la cual facilite el acceso a los vehículos y maquinarias para obras civiles.

Adicionalmente al enrocado se tomaron en cuenta el relleno con material granular para el control de agua que infiltra y para uniformar la base de los 300 m del río Mantaro.

Para el diseño del encauzamiento por el enrocado se tuvieron en cuenta las disminuciones de los tirantes entre los 0.01 m a 0.12 m de la misma forma se pudo identificar que los valores de velocidad decrecieron entre 0.00 m/s a 0.14 m/s.

Finalmente, para el diseño de los encauzamientos con enrocado con un ancho de base de 4 m, con un valor de altura aproximada de 4.50 m, el valor de la socavación tener en cuenta de 1 m de profundidad el cual sirvió de base para el enrocado.

El espesor del encauzamiento con enrocado fue estimado de 1.05 m el cual se conforma de piedras con diámetro de 35 cm y en 3 capas de rocas. Para el análisis de los costos se pudo determinar que con la colocación del dique el costo fue estimado de S/. 3,873,727.85 mientras que para la implementación del encauzamiento con enrocado el costo estimado fue de S/. 735,784.73 los costos fueron estimados para el año 2019 con lo cual se pueden reajustar para que los costos sean actualizados, siendo así el investigador logró cumplir con los planteamientos de los objetivos presentados.

Para García (2022), en la investigación que titula "*Diseño de un dique y mitigación de daños mediante modelación hidráulica en la quebrada del Diablo, Tacna*" para la obtención del grado de ingeniera civil en Perú. En la tesis se plantearon los siguientes objetivos:

Aminorar los efectos dañinos a partir del planteamiento de un dique generando un modelo hidráulico aplicado en la quebrada del Diablo, estimar los valores de caudal en máximas avenidas a partir de métodos hidrológicos y diferentes periodos de retorno, identificar los factores más sensibles en el modelo hidráulico para la estimación de los parámetros de diseño del dique y elaborar información cartográfica.

De la investigación se pudo concluir lo siguiente: La mitigación completa de los daños se logra a partir de un diseño adecuado de los

diques de encauzamiento, en la investigación se plantearon los diques en ambos márgenes del cauce dando así una mitigación completa en un periodo de retorno de 500 años.

De la misma se estimaron los valores de caudal crítico los cuales fueron de 0.06, 0.18, 0.95 m³/s para los periodos de retorno de 25, 50 y 100 años respectivamente se identificaron de los registros de precipitación que para el año 2020 las precipitaciones máximas en 24 hrs son de 21.10 mm los cuales a su vez lograron generar un caudal de 7.78 m³/s.

Se pudo identificar en el desarrollo de la investigación que la relación que existe entre la precipitación y esorrentía es relevante a partir de un análisis temporal ya que ello incrementa los valores del modelo hidráulico que son tomados en cuenta para el diseño de estructuras de mitigación de inundaciones.

Finalmente, se pudo concluir que partiendo de un modelo hidráulico se lograron generar los mapas de inundación sin los diques de encauzamiento identificando así las zonas más vulnerables a inundaciones y con ello mitigando completamente los efectos de inundaciones generadas en el cauce de la quebrada el Diablo.

Los valores determinados en la investigación se validaron a partir de los informes que el INGEMET elaboran anualmente dando así una fuente de información y validando los resultados obtenidos en la presente investigación.

Según Ramos (2019), en la tesis que titula *“Identificación de zonas con riesgo a inundaciones por máximas avenidas probables del río Majes en el tramo Dique-Punta Colorada”* elaborada para la obtención del grado de ingeniero civil, en dicha investigación se plantean los siguientes objetivos:

Determinar las zonas con un alto riesgo frente a inundaciones causadas por avenidas máximas probables, elaborar un modelo hidráulico con la aplicación del modelo establecido en el software Hec-GEORAS aplicado en ArcGIS, obtener el modelo digital de elevación (DEM), con una resolución de 12.5 m y determinar los valores de caudal máximo en diferentes periodos de retorno.

Del desarrollo de la investigación se pudo concluir: Los valores de caudal máximos estimados fueron de 305.8, 637.7, 1007, 1415.9, 1565.6, 2083.6 y 2702.6 m³/s para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años respectivamente.

Se identifico que el margen izquierdo del cauce presenta características gramíneas medias con un valor de rugosidad que va desde los 0.030 a 0.085, la zona del margen derecho del cauce se caracteriza por presentar características similares a las del margen izquierdo y la zona central de cauce se pudo determinar que el coeficiente de rugosidad es de 0.03 dicho valor se estima por la presencia de rocas dispersas en gran cantidad.

La pendiente del cauce se estimó a 0.01 él se determinó a partir de la variación de cotas entre la distancia total del cauce principal analizado.

A partir del modelo bidimensional del software Hec-RAS se logró identificar las zonas más críticas frente a inundaciones las cuales se evidenciaron en la parte central del cauce analizado en la investigación, dicha zona si se incrementa el valor de caudal o se toma un periodo de retorno mayor evidencia el desplazamiento del agua a la parte central superior, teniendo en consideración un periodo de retorno de 50 años el valor de caudal se aproxima a 1992 m³/h el cual genera en la zona de investigación un estado crítico de inundación ya que la capacidad de transporte del cauce analizado es altamente superado llegando a chocar en las zonas rocosas del valle de Majes.

De la caracterización topográfica de la zona de interés se puede evidenciar el desnivel que se genera en el cauce del río Majes esto a su vez genera un efecto de inundación del cual se estima que llega a tener alrededor de 6 km en longitud en el recorrido de aguas abajo hacia aguas arriba perjudicando la capacidad de transporte del cauce de interés.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Para Saromo (2022), en la tesis que titula *“Diseño de defensas ribereñas para el modelamiento hidráulico del Río Bella, localidad de Bella, Huánuco”* para la obtención del grado de ingeniero civil. En la investigación se plantean los siguientes objetivos:

Identificar el nivel de importancia que genera el modelo hidráulico y el diseño de estructuras de defensa ribereña en la localidad de interés, estimar el nivel de influencia que presenta el modelo topográfico en el modelo hidráulico y en el diseño de defensas ribereñas y calcular las dimensiones del diseño hidráulico para la edificación del modelo de defensa ribereña.

A partir de los objetivos planteados el autor pudo concluir: El área de la cuenca que forma el río Bella se estima en 27 km² con presencia de un lecho de inicio de 8.12 km, caracterizando así que la pendiente de la cuenca es de 0.01, el caudal obtenido para un periodo de retorno de 50 años es de 167.32 m³/s.

En la investigación topográfica de la cuenca se elaboró a partir del levantamiento topográfico, el proceso se desarrolló en los softwares CAD con la finalidad de obtener la información de secciones, y pendientes de la cuenca elaborando los perfiles estratigráficos y con ello se logró determinar que el nivel freático en la zona de investigación no existe hasta una profundidad de 1.95 m, dicho valor de nivel freático puede ser perjudicial para la estabilidad y conservación de la defensa ribereña planteada.

Con el modelo hidráulico elaborado y estimando los valores característicos del caudal que recorre el cauce de interés se pudo estimar que la defensa ribereña adecuada para el cauce del río es un enrocado y dique con un ancho de base de 2.50 m, una altura aproximada de 3 m, un ancho de uña de 1.20 m.

Dentro del diseño también se está tomando en cuenta un modelo hidráulico aplicado en la zona de estudio con la topografía modificada a fin de estimar así el comportamiento del caudal con los diques y enrocados planteados y se pudo verificar que las edificaciones de las estructuras de encauzamiento minimizan el desplazamiento del agua en los márgenes del río y mitigan los efectos negativos en los caudales.

Según Cajaleón (2022), en la tesis que titula *“Análisis de la vulnerabilidad socioambiental ante la ocurrencia de inundación en el área de influencia del centro poblado de Yanag, Distrito de Pillco Marca,*

Huánuco” elaborada para la Universidad de Huánuco-Perú. En la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Determinar el nivel de vulnerabilidad ante la presencia de inundaciones en la zona del centro poblado de Yanag, Estimar el nivel de exposición socioambiental frente a eventos de inundación, estimar los valores de fragilidad frente a inundaciones en la población y estimar el valor de resiliencia frente a inundaciones en la zona de investigación.

Con dichos objetivos se lograron determinar las siguientes conclusiones:

Se pudo identificar en la zona de interés un grupo etario de entre los 13 a 18 y 40 a 54 años, no presenta un alto grado de presencia de personas con discapacidad en sus extremidades, un nivel educativo de secundaria incompleta, el acceso a la electricidad es por medio de petróleo, gas, lámparas improvisadas u otro parecido, el acceso al agua potable es mediante camiones cisterna, se evidencia el uso de pozos sépticos, de las características actitudinales frente a eventos de peligro son indiferentes la población no tiene una conciencia sobre los peligros que se presentan en la zona, los puntos de entrega de residuos sólidos se encuentran entre los 50 y 100 metros.

El porcentaje de exposición socioambiental se encuentra en un 53.86% con factores de exposición socioambiental de 45.21% que presenta el grupo etario de 13 a 18 años y para el grupo de 40 a 55 años el valor estimado es de 4.11% y para alrededor de 36.99% de viviendas el punto de entrega de residuo es mayores a 200 m.

La fragilidad característica se estima en alrededor de los 29.7%, de los factores de fragilidad se estimó que un 92% de hogares presentan un acceso a electricidad, un 80% de hogares acceden a agua potable por medio de red domiciliaria, solo un 55% de hogares acceden a la red pública de desagüe, alrededor de un 27% coloca sus residuos en la vía pública y un 30% dispone de sus aguas residuales en la vía pública.

En la caracterización de la resiliencia de la población frente a inundaciones se pudo caracterizar un 16%, con ello se pudo determinar que alrededor de un 40% de personas presentan secundaria completa y nivel superior incompleta, el 37% de las viviendas no están previstas para

enfrentar los riesgos frente a las inundaciones, alrededor del 36% no tienen conocimiento de reciclaje, un 40% de hogares no presenta capacitaciones para conservación del ambiente.

Según Berrospi (2021), en la investigación que titula *“Propuesta de construcción de defensa ribereña para inundaciones en el centro poblado Los Laureles, Distrito de Catillo Grande, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco”* elaborado para la obtención del grado de ingeniero civil, en dicha investigación se plantean los siguientes objetivos:

Elaborar el diseño y la aplicación de defensas ribereñas aplicado en el cauce del río Huallaga, estimado a partir de diferentes métodos de diseño, identificar los beneficios de la aplicación de defensas ribereñas en el control del desbordamiento del río Huallaga, controlando así los factores negativos que afectan las inundaciones, con la elaboración de esta investigación se pretende también seleccionar el diseño más adecuado para de defensa ribereña, teniendo en cuenta también los factores económicos y planteamiento técnico mejora el control de las inundaciones.

De la investigación se pudo concluir: Para la construcción de una defensa ribereña con gaviones se pudo identificar que la construcción de este tipo de infraestructuras es de fácil construcción y su ejecución comprende un periodo menor en comparación con el resto, dichas estructuras presentan una alta capacidad al soporte de movimientos diferenciales sin perder su estabilidad, al tener una cimentación flexible permite adaptarse a los terrenos cambiantes por efectos del ambiente.

Para estructuras de defensa ribereña con enrocado la construcción de este tipo de estructuras en su ejecución presentan un mayor tiempo, con este tipo de estructuras se controla de mejor manera los efectos erosivos que presentan los caudales que transporta el río Huallaga, a diferencia de los muros gavión este tipo de estructuras no presenta una cimentación flexible sino una cimentación dura lo cual genera un bajo grado de libertad a movimientos diferenciales, en el aspecto de integración con el entorno las estructuras con enrocado presentan un mayor grado de adaptabilidad debido a que no se requieren de estructuras de confinamiento.

El análisis de costos se pudo determinar que el presupuesto para la edificación de una defensa ribereña con muros gaviones es de 623,373.58 mientras que para la edificación de una defensa ribereña con enrocado es de 1'199,881.41 siendo el enrocado el tipo de construcción más cara de financiar debido a la complejidad en su construcción y la necesidad de más mano de obra que se especialicen en la construcción de este tipo de estructuras.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CUENCA HIDROLÓGICA

Se define a una cuenca como un área de un terreno en el cual todas las aguas que se caen en la cuenca a causa de las precipitaciones confluyen en un solo curso en cada punto de su recorrido. La división de una cuenca se realiza a partir de la delimitación a partir de la línea imaginaria que se denomina como divisoria la cual secciona las cuencas cercanas y genera una distribución de escurrimiento el cual es originado por precipitaciones (Chereque, 2002). La línea divisoria se compone a partir de puntos con cotas de valores altos el cual se caracteriza por que en un punto cruza a las corrientes en el punto de salida, el cual se denomina estación de aforo. (Gutiérrez, 2014)

Figura 1

Divisoria de cuencas



Nota. Figura referencial de los límites de una cuenca. Villón, 2002.

Cabe indicar que no siempre la divisoria de la cuenca topográfica y su correspondiente cuenca subterránea cuenta con una misma divisoria ya

que para modelos de hidrología subterránea se requiere de un análisis complementario que no se tratará en la presente investigación (Gutiérrez, 2014). Las cuencas pueden ser clasificadas a partir de la extensión que posea de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1

Clasificación de cuencas

Tipo	Características
Cuenca Grande	Aquella cuenca en la que generalmente resaltan las características fisiográficas de pendiente, elevación, área, cauce, etc. La cuenca para fines prácticos se considera cuando la superficie es mayor a los 250 km ² .
Cuenca Pequeña	Es la cuenca que tienen una reacción a las lluvias de altas intensidades y con una pequeña duración, en dicha cuenta son más importantes las características del suelo en comparación a los parámetros del cauce. Con fines prácticos una cuenca pequeña se considera a aquellas que poseen una extensión menor a los 250 km ² .

Nota. Clasificación generalizada para cada cuenca de acuerdo al área. Villón, 2002.

El tratamiento de una cuenca depende de las dimensiones que presente su área ya que para una cuenca pequeña los valores de suelo como la cobertura vegetal o el tipo de uso son más relevantes al momento de caracterizar una cuenca en comparación con las características que presenta el cauce o la topografía de la cuenca. (Chereque, 2002)

Con la finalidad de agrupar las cuencas hidrológicamente similares se aplican una caracterización a partir de los siguientes parámetros:

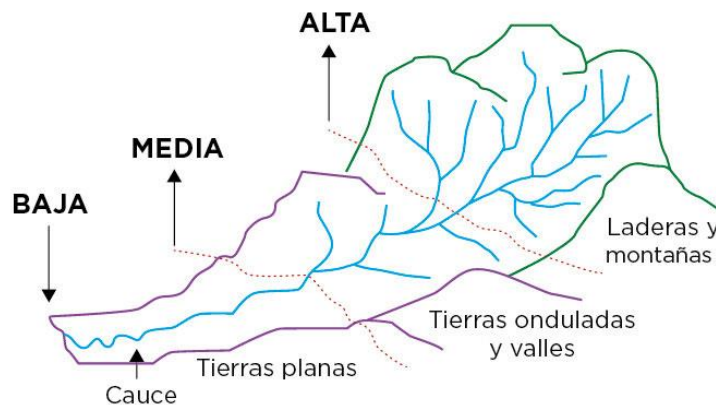
2.2.1.1. Área de la cuenca

Se define como el valor de la superficie proyectada en un plano característicamente horizontal, generalmente son de forma irregular, dicha área se encuentra delimitada por la divisoria es por ello que se generan los límites irregulares (Villón, 2002, pág. 48)

Para la presente investigación se estimará el área a partir de la aplicación de software GIS, en específico con el programa ArcGIS.

Figura 2

Área de cuenca



Nota. Clasificación de una cuenca de acuerdo a la ubicación. Villón, 2002.

2.2.1.2. Perímetro de cuenca

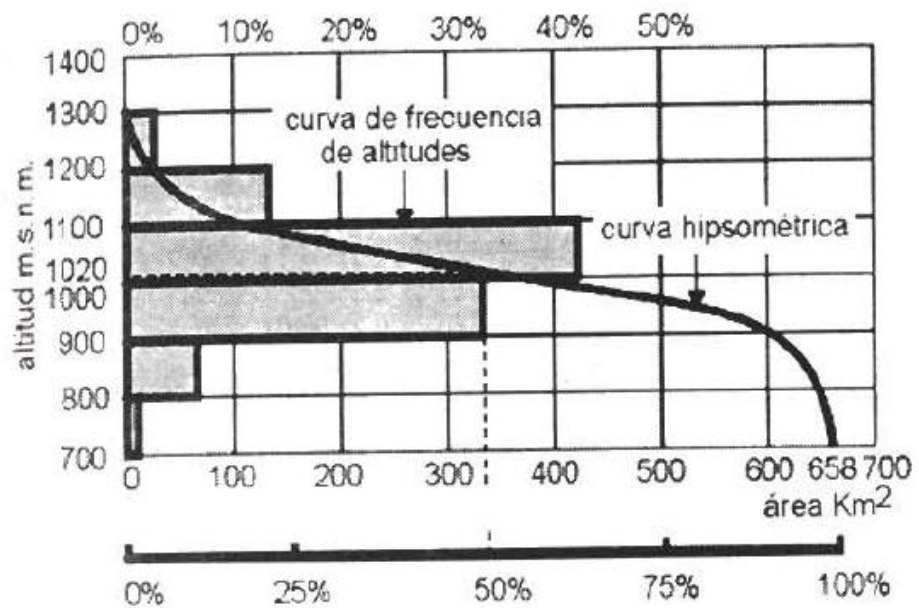
Se define al perímetro de la cuenca como el borde que delimita la cuenca, generalmente de forma irregular la estimación de la longitud no se puede determinar a partir de aplicaciones geométricas (Villón, 2002). Al igual que el área en la presente investigación se estimará el valor a partir de la utilización del software ArcGIS.

2.2.1.3. Curva Hipsométrica

Si la curva se coloca en un sistema de coordenadas rectangulares se genera una relación entre las alturas y la superficie de la cuenca. La curva hipsométrica se elabora a partir de la utilización de un mapa con curvas de nivel. (Chereque, 2002)

Figura 3

Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes



Nota. Representación referencial de una curva hipsométrica de una cuenca idealizada. Villón, 2002.

2.2.1.4. Curva de frecuencia de altitudes

La gráfica representa a la distribución en porcentajes de las superficies que se encuentran en diferentes altitudes. Los valores de altitud media es el valor de la ordenada media en la curva hipsométrica, lo cual determina que el 50% del área se encuentra por encima de la cota y el resto se encuentra por debajo. El valor de la altitud más frecuente es el porcentaje mayor en la curva de frecuencia de altitudes. (Villón, 2002)

2.2.1.5. Factor de Forma

Según Villón (2002), este índice representa el valor del ancho promedio de la cuenca y la longitud transversal.

$$F = \frac{B}{L}$$

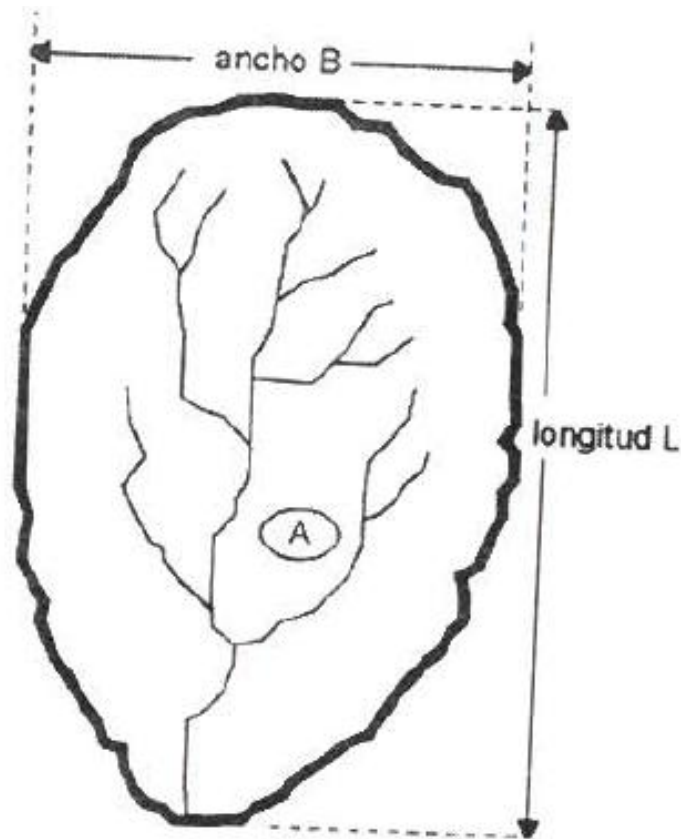
De la fórmula:

B=Ancho

L=Longitud

Figura 4

Perfil de cuenca



Nota. Representación de una cuenca para la identificación de longitud y ancho.
Villón, 2002.

2.2.1.6. Índice de compacidad

Según Villón (2002), dicho índice relaciona el perímetro de la cuenca con el valor del perímetro de un círculo que posee la misma área de la cuenca.

$$K = \frac{\text{perímetro de la cuenca}}{\text{perímetro de un círculo de igual área}}$$

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

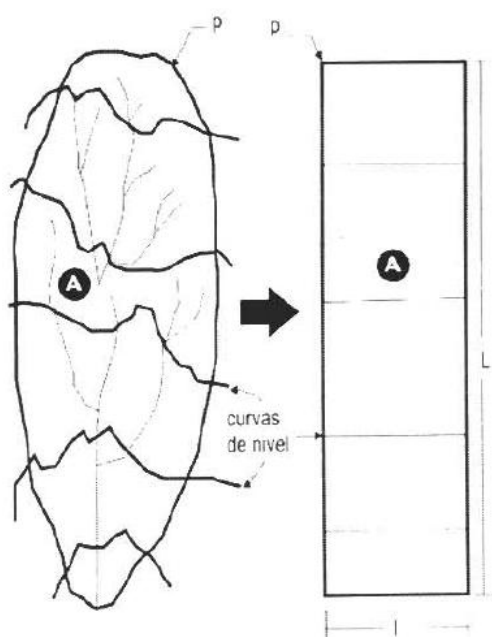
El valor del índice de compacidad caracteriza la influencia del perímetro y el área de una cuenca con la escorrentía, si el valor es 1 la cuenca presenta una forma circular, las cuencas alargadas presentan un valor de compacidad mayor a 1, las cuencas alargadas presentan poca probabilidad de que la tormenta cubra en su totalidad la cuenca de análisis. (Gutiérrez, 2014)

2.2.1.7. Rectángulo equivalente

Según Villón (2002), este parámetro genera una transformación geométrica el cual facilita representar la cuenca a partir de su formación heterogénea representándolo en forma de rectángulo que posea área y perímetro. Para este tipo de representación las curvas de nivel se transforman a rectas paralelas al lado menor, representando la primera y la última curva de nivel.

Figura 5

Rectángulo equivalente



Nota. Comparación con rectángulo equivalente para la cuenca de misma área.

Villón, 2002.

2.2.1.8. Índice de pendiente

Es el valor ponderado con el que se determina pendiente y tramos recorridos por el cauce (Chereque, 2002). Dicho valor puede establecer el tipo de granulometría, el valor se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$I_p = \sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})} \frac{1}{\sqrt{L}}$$

2.2.1.9. Pendiente de cuenca

El valor estimado de la pendiente de la cuenca se relaciona con la caracterización de la infiltración de la cuenca, así como también la caracterización de la escorrentía superficial (Gutiérrez, 2014). Los valores de la pendiente de la cuenca se pueden estimar a partir de los siguientes criterios:

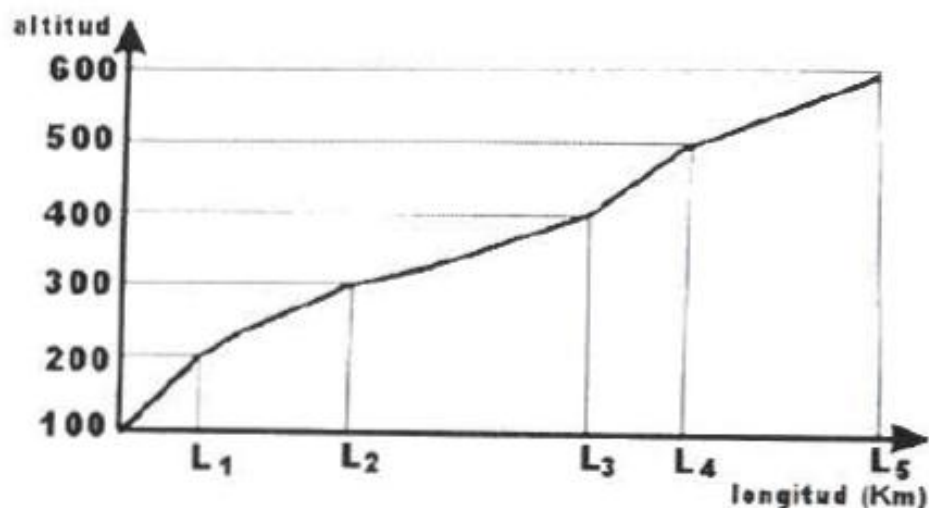
- Criterio de Alvord
- Criterio de Horton
- Criterio de Nash
- Criterio del rectángulo equivalente

2.2.1.10. Perfil longitudinal de cauce

La relevancia de caracterizar el perfil longitudinal de la cuenca de análisis nace a partir de la importancia de la caracterización de a captación de agua en diferentes infraestructuras hidráulicas. (Villón, 2002)

Figura 6

Perfil longitudinal



Nota. Identificación de un perfil longitud del cauce de una cuenca en el que se relaciona entre alturas y longitudes. Villón, 2002.

2.2.1.11. Pendiente del cauce

El valor de la pendiente del cauce es parte importante de la caracterización de una cuenca ya que a partir de ella nace la caracterización de la capacidad energética de la cuenca y con ello también se puede caracterizar las posibles soluciones para el

control de inundaciones. El valor de la pendiente del cauce se puede estimar como la división entre el desnivel de los extremos con la longitud del tramo analizado (Villón, 2002). Para la determinación de la pendiente del cauce se pueden aplicar los siguientes métodos:

- Pendiente Uniforme
- Compensación de áreas
- Ecuación Taylor y Schwarz

2.2.1.12. Red de drenaje

Este parámetro se define a partir de los arreglos que componen la cuenca entre cada uno de los cauces, dicha característica evidencia la capacidad de escurrimiento con el que cuenta la cuenca de interés, esta característica también genera indicios de la condición de suelo y las características de la superficie de la cuenca (Villón, 2002). Una red de drenaje se puede caracterizar a partir de los siguientes parámetros:

- **Orden de corrientes**

Según Villón (2002), es un tipo de clasificación la cual proporciona los valores de bifurcación dentro de los cauces de la cuenca, dentro de esta clasificación se tienen que tener en cuenta los cauces perennes como intermitentes.

Figura 7

Clasificación de corrientes



Nota. Clasificación de la orden de las corrientes que compone una cuenca determinada. Villón, 2002.

- **Longitud de cauces que tributan**

Según Villón (2002), esta característica caracteriza a las pendientes de la cuenca y de la misma forma el grado de drenaje que presentan, las zonas escarpadas y con un alto grado de drenaje en gran parte de las veces presenta un alto grado de tributarios menores, más por el contrario las zonas planas con características de suelo profundo y con capacidad permeable presentan tributarios largos con corrientes perennes.

- **Densidad de las corrientes**

Según Villón (2002), es la relación que se genera entre el número de corrientes y la superficie que es drenada, se puede representar a partir de la siguiente expresión:

$$D_c = \frac{N_c}{A}$$

Este parámetro genera información de la eficiencia del drenaje con respecto a la superficie analizada, pues se pudo identificar la existencia de 2 cuencas con la misma densidad, pero con diferente capacidad de drenaje. (Chereque, 2002)

- **Densidad del drenaje**

Según Villón (2002), este parámetro genera información más confiable a comparación de la densidad de corriente ya que este parámetro se expresa a partir de la longitud de las corrientes por unidades de área, y la cual se expresa de la siguiente manera:

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

Este parámetro caracteriza a la posible naturaleza de los suelos que comprende la cuenca y da indicios de que tipo de cobertura presenta la cuenca, los valores muy altos caracterizan a zonas con poca presencia de cobertura de tipo vegetal, suelos con una capacidad alta de erosión o muy impermeables, y si se tiene valores bajos dan indicios de la presencia de suelos duros, bajo nivel erosionable con cobertura vegetal densa. (Chereque, 2002)

2.2.2 PRECIPITACIÓN

Se define a la precipitación como la forma de humedad que se origina en las nubes y llega a nivel del suelo, desde la perspectiva hidrológica se denomina a la precipitación como la fuente primaria del agua en la superficie terrestre, generalmente los estudios de uso y control se basan en los análisis de las precipitaciones generadas en la zona de interés. (Gutiérrez, 2014)

2.2.2.1. Clasificación de precipitaciones

- **Precipitación de convección**

En temporadas de calor intenso se genera una evaporación generando así grandes volúmenes de vapor de agua, que al presentar una alta temperatura los volúmenes se elevan y llegan a enfriarse. (Gutiérrez, 2014)

- **Precipitación orográfica**

Se genera a partir del vapor de agua que es empujada por acción de los vientos dirigidas a las montañas cercanas, llegan a elevarse hasta encontrarse en un entorno adecuado para la condensación y así se genera la condensación. (Gutiérrez, 2014)

- **Precipitación ciclónica**

Este tipo de precipitación se genera a partir del encuentro de dos volúmenes de aire con diferentes temperaturas los cuales se elevan y generan la condensación y por consiguiente la precipitación. (Gutiérrez, 2014)

Figura 8

Clasificación de precipitaciones



Nota. Formación idealizada de precipitaciones en diferentes condiciones. Gómez, 2021.

2.2.2.2. Registros de precipitación

Según Villón (2002), en general los valores de precipitación se miden en altura de lámina de agua (hp) y con las unidades en mm. De acuerdo con el tipo de registro que se generan los instrumentos se clasifican en:

- **Pluviómetro**

Al presentarse la necesidad de conocer los valores de pluviometría mensualmente o de manera estacional en zonas con difícil acceso se aplican pluviómetros totalizadores. (Villón, 2002)

- **Pluviógrafo**

Esta herramienta toma los registros de la lluvia en función del tiempo en que se miden, dichas lecturas facilitan el cálculo de la intensidad de la precipitación lo que es relevante para el diseño de estructuras hidráulicas. (Villón, 2002)

2.2.2.3. Estimación de precipitaciones en determinadas zonas

Según Villón (2002), en el análisis de las lluvias se puede definir que las lecturas con respecto a los niveles de precipitación varían de acuerdo con la localización de la zona de interés. A partir de ello se genera la necesidad de estimar los valores para puntos alejados a la localización de los instrumentos de medición, esto se logra a partir de la aplicación de los siguientes métodos:

- **Promedio aritmético**

Se estima a partir de la ponderación aritmética a partir de las alturas de medición que arrojan cada una de las estaciones consideradas. (Villón, 2002)

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

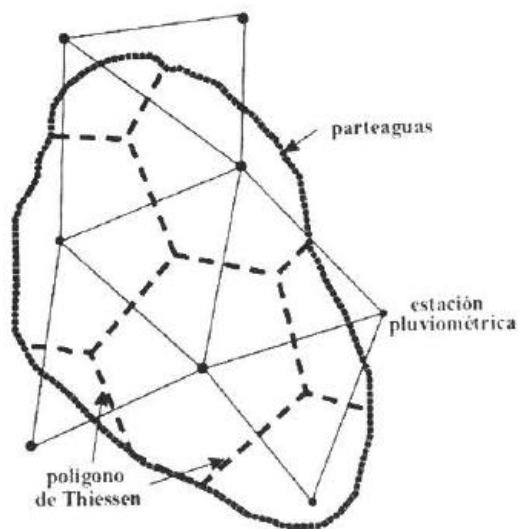
Este tipo de métodos se aplican de acuerdo con la cantidad de estaciones con las que se cuenta dentro del análisis de la zona de interés, la aplicación de este método es simplificado pero los valores presentan un alto grado de confiabilidad si es que se cuentan con un gran número de estaciones. (Chereque, 2002)

- **Polígono de Thiessen**

Según Villón (2002), este método basa su interpolación en la ubicación de las estaciones que se encuentran cercanas a la cuenca de interés.

Figura 9

Método de Thiessen



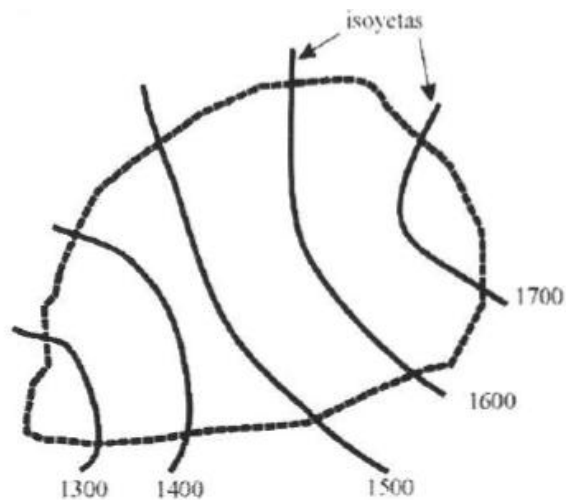
Nota. Formación de triángulos de Thiessen en similitud a las curvas de nivel.
Villón, 2002.

- Isoyetas

Según Villón (2002), para la formación de las isoyetas se generan de manera similar a curvas de nivel teniendo en cuenta los valores registrados en cada una de las estaciones.

Figura 10

Isoyetas



Nota. Representación de isoyetas con la variación de precipitaciones. Villón, 2002.

2.2.2.4. Estudio de tormenta

Se define como tormenta a los eventos de conjunto de lluvias que se caracterizan a una misma perturbación

meteorológica. Una tormenta por definición puede durar desde pocos minutos hasta horas o días, este tipo de tormentas pueden abarcar amplias áreas de terrenos (Gutiérrez, 2014). El análisis de las tormentas sirve para la estimación de los parámetros de diseño de obras hidráulicas, como pueden ser:

- Análisis del drenaje de cuencas
- Estimación de caudales máximos
- Estimación de luz de puente
- Acondicionamiento de suelos
- Estimación de diámetros de alcantarillas

En la estimación de los parámetros de diseño de una determinada tormenta se evidencia que lo ideal sería generar un diseño para condiciones de máxima intensidad y de una duración indefinida, lo cual traería complicaciones en la ejecución de la obra debido a las altas dimensiones que se generarían, es por ello por lo que se diseña solo para una tormenta bien definida y en un tiempo determinado el cual ajusta las dimensiones del diseño planteado. (Gutiérrez, 2014)

2.2.2.5. Elementos de tormentas

Según Villón (2002), para la caracterización de una tormenta se consideran los siguientes parámetros:

- **Intensidad**

Valor de agua que cae por unidad de tiempo, se estima a partir de la siguiente expresión:

$$i_{max} = P/t$$

- **Duración**

Representa al periodo temporal que se genera entre el inicio y el fin de la tormenta caracterizada. Un valor importante en cuanto a la caracterización es el tiempo de retorno ya

que en ella se estiman las variaciones en las intensidades.

- **Frecuencia**

Este parámetro cuantifica la cantidad de veces que puede repetirse la tormenta de análisis con características de intensidad y duración definidas para determinados periodos de retorno.

- **Periodo de retorno**

Intervalo de tiempo promedio, en el cual un evento de magnitud X puede ser igualado o superado al menos una vez en promedio, se representa por la siguiente expresión matemática:

$$T = \frac{1}{f}$$

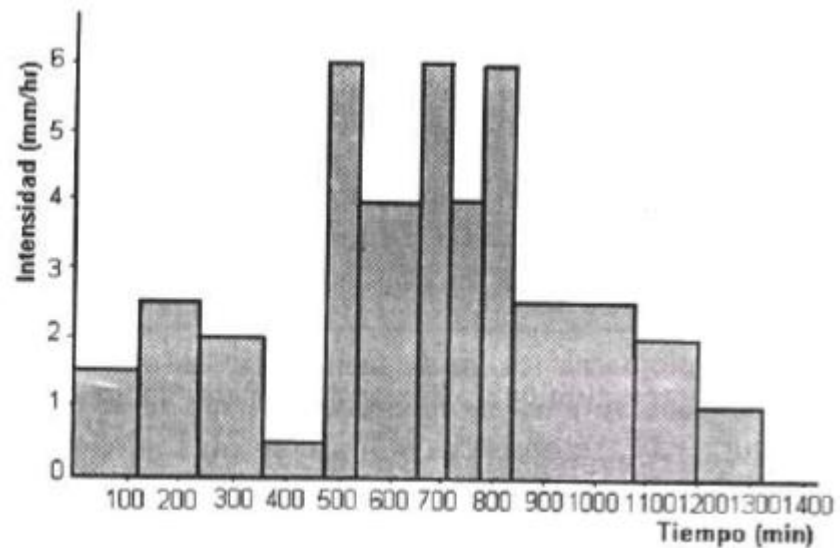
2.2.2.6. Hietograma

Según Villón (2002), es un gráfico escalonado como un histograma, dicha gráfica representa la variación de intensidad que se expresa en mm/h de la tormenta de análisis, el hietograma se define a partir de la siguiente expresión matemática:

$$i = \frac{dP}{dt}$$

Figura 11

Hietograma de tormenta



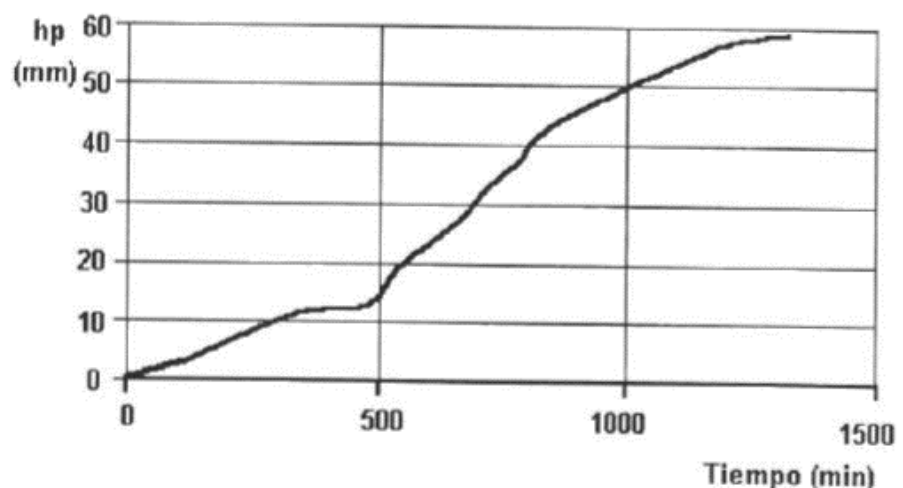
Nota. Hietograma de una cuenca simulada, relación entre intensidad y tiempo.
Villón, 2002.

2.2.2.7. Curva masa

Según Villón (2002), este tipo de gráfico representa al valor de la precipitación acumulada en comparación con un tiempo determinado, los valores que componen a la gráfica son directamente calculados del pluviograma de la estación considerada. Esta gráfica se caracteriza por que en su figura no decrece y representa a la intensidad en ese tiempo.

Figura 12

Curva masa



Nota. Elaboración de curva masa a partir de valores acumulados. Villón, 2002.

2.2.3 CAUDALES CRÍTICOS

Los valores de caudal crítico sirven para la estimación de las dimensiones de las estructuras hidráulicas, estimación de los sistemas de drenaje, luz de puentes, etc. (Maidment, 1994)

2.2.3.1. Periodo de retorno

Un caudal de diseño se basa en la determinación del valor temporal en que se generen los valores, es así que el periodo de retorno se define como el intervalo de tiempo en el cual un evento de dimensiones Q puede ser igualado o superado al menos una vez (Maidment, 1994). El periodo de retorno se puede expresar con la siguiente fórmula matemática:

$$P = \frac{1}{T}$$

Siendo:

P=Probabilidad

T=Periodo de retorno

Tabla 2

Estructuras y periodo de retorno

Estructura	PR (años)
Puente en carretera relevante	50-100
Puente o alcantarillas sobre carreteras intermedias	25
Alcantarillas en zonas secundarias	5-10
Drenaje lateral en pavimentos	1 – 2
Drenaje en aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 – 10
Drenaje Agrícola	5 – 10
Muros de encauzamiento	2 - 100

Nota. Determinación de periodos de retorno de acuerdo a estructura requerida.

Villón, 2002.

2.2.3.2. Método directo

También denominado Sección y Pendiente, el caudal máximo se determinan a partir del paso de una avenida (Maidment, 1994). Este tipo de método se puede expresar a partir de la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Tabla 3

Coeficientes de rugosidad de Manning

Tipo de canal y descripción	Míni mo	Nor mal	Máxi mo
D. Corrientes naturales			
D.1 Corrientes menores (ancho superior en nivel de crecida < 100 pies <> 30.5m)			
a. Corrientes en planicie			
1. Limpio, recto, nivel lleno, sin montículos ni pozos profundos	0.02 5	0.03	0.03 3
2. Limpio, recto, nivel lleno, sin montículos ni pozos profundos, pero más piedras y pastos	0.03	0.03 5	0.04
3. Limpio, serpenteante o curvado, algunos pozos y bancos de arena	0.03 3	0.04	0.04 5
4. Limpio, serpenteante o curvado, algunos pozos y bancos de arena, pero algunos matorrales y piedras	0.03 5	0.04 5	0.05
5. Limpio, serpenteante, algunos pastos y piedras, niveles bajos, pendiente y sección inefectivas	0.04	0.04 8	0.05 5
6. Limpio, serpenteante, pozos, bancos de arena, matorrales, pero más piedras	0.04 5	0.05	0.06
7. Tramos lentos, con pastos y pozos profundos	0.05	0.07	0.08
8. Tramos con mucho pasto, pozos profundos o canales de la crecida con mucha madera y arbustos bajos o matorrales	0.07 5	0.1	0.15
b. Corrientes en montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendiente usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas sumergidos para niveles altos			
1. Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.03	0.04	0.05
2. Fondo: cantos rodados y grandes rocas	0.04	0.05	0.07
D.2 Planicie de inundación			
a. Pastizales sin arbustos			
1. Pastos cortos	0.02 5	0.03	0.03 5
2. Pastos altos	0.03	0.03 5	0.05
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.02	0.03	0.04
2. Cultivos maduros alineados	0.02 5	0.03 5	0.04 5
3. Campo de cultivos maduros	0.03	0.04	0.05
c. Arbustos o matorrales			
1. Arbustos escasos, mucha maleza	0.03 5	0.05	0.07
2. Pequeños matorrales y árboles, en invierno	0.03 5	0.05	0.06
3. Pequeños matorrales y árboles, en verano	0.04	0.06	0.08

4. Matorrales medianos a densos, en invierno	0.04 5	0.07	0.11
5. Matorrales medianos a densos, en verano	0.07	0.1	0.16
d. Árboles			
1. Sauces densos, rectos en verano	0.11	0.15	0.2
2. Terreno limpio, con troncos, sin brotes	0.03	0.04	0.05
3. Terreno limpio, con troncos y gran crecimiento de brotes	0.05	0.06	0.08
4. Gran cantidad de madera, algunos árboles caídos, poco crecimiento de arbustos y nivel de inundación por debajo de las ramas	0.08	0.1	0.12
5. Gran cantidad de madera, algunos árboles caídos, poco crecimiento de arbustos y nivel de inundación por encima de las ramas	0.1	0.12	0.16
D.3 Cursos de agua importantes (ancho superficial de inundación > 100 pies <= 30.5m). Los valores de n son menores que lo de cursos menores con descripción similar, debido a que los bancos ofrecen menor resistencia efectiva			
a. Sección regular sin cantos rodados ni arbustos	0.02 5		0.06
b. Sección irregular y áspera o rugosa	0.03 5		0.1

Nota. Coeficientes de Manning de suelo de acuerdo a características reales.

Maidment, 1994.

2.2.3.3. Método empírico

Según Villón (2002), este método se basa en la estimación por el método racional, este tipo de métodos se pueden estimar a partir de los siguientes métodos:

2.2.3.4. Método racional

Según Villón (2002), este tipo de metodologías es aplicado generalmente para cuencas que poseen un área menor a 1300 has, se estima a partir de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

2.2.3.5. Tiempo de concentración

- Fórmula empírica

$$tc = 0.0195K^{0.77}$$

- Fórmula Australiana

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

- Fórmula George Rivero

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

- Fórmula SCS

$$tc = \frac{0.02872L^{0.80} \left(\frac{100}{N} - 9 \right)^{1.67}}{S^{0.50}}$$

Tabla 4

Coeficiente de escorrentía

Vegetación		Suelo		Topografía	
Cobertura (%)	C ₁	Textura	C ₂	Pendiente (%)	C ₃
100	0.08	Arenoso	0.08	0.0 – 0.2	0.04
80 – 100	0.12	Ligera	0.12	0.2 – 0.5	0.06
50 – 80	0.16	Media	0.16	0.5 – 2.0	0.06
20 – 50	0.22	Fina	0.22	2.0 – 5.0	0.10
0 – 20	0.30	Rocosa	0.30	5.0 – 10.0	0.15

Nota. Valores de escorrentía de acuerdo con las características del entorno.

Villón, 2002.

2.2.3.6. Método Mac Math

Se define a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = 0.0091CIA^{4/5}S^{1/5}$$

2.2.3.7. Fórmula de Burkli – Zieger

Se define a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = 0.022CIA^4 \sqrt{\frac{S}{A}}$$

2.2.3.8. Fórmula de Kresnik

Se define a partir de la siguiente ecuación:

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

2.2.3.9. Método del número de curva

Tabla 5*Clasificación del número de curva*

Uso de la tierra	Cobertura		Número de curva			
	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	A	B	C	D
Descuidado en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	---	77	86	91	94
	Surcos rectos	Pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
Cultivos	Curvas de nivel	Pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	62	71	78	81
	Surcos rectos	Pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	Buena	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	59	70	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	Pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	51	67	76	80
		Pobre	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Pobre	47	67	81	88
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
		Buena	30	58	71	78
Pastizales o similares						
Pradera						

		Pobre	45	66	77	83
Bosques		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Patios		---	59	74	82	86
Caminos,	Cieno	---	72	82	87	89
incluyendo						
derecho de	Superficie firme	---	74	84	90	92
vía						

Nota. Valores del número de curva teniendo en cuenta las características de suelo. Villón, 2002.

$$Q = \frac{[N - (P + 50.8) - 5080]^2}{N[N(P - 203.2) + 20320]}$$

Con dicha ecuación e identificando el valor del número de curva que caracteriza a la cuenca se puede determinar el valor de caudal crítico para la cuenca de interés. (Villón, 2002)

2.2.4 MODELO HIDRÁULICO

2.2.4.1. Definición de Modelos Hidráulico

Los modelos hidráulicos son representaciones simplificadas de sistemas hidráulicos del mundo real. Buscan simular el comportamiento de fluidos en tuberías, canales, ríos u otros elementos hidráulicos. Utilizan ecuaciones matemáticas para describir las interacciones entre variables como caudal, presión, velocidad y geometría del sistema. (MTC, 2020)

2.2.4.2. Principios Hidráulicos:

Leyes fundamentales de la hidráulica, como la ley de continuidad, la ecuación de Bernoulli y la ley de conservación de la energía. Comprensión de cómo factores como la viscosidad del fluido, la fricción y la turbulencia afectan el comportamiento hidráulico. (MTC, 2020)

2.2.4.3. Tipos de Modelos Hidráulicos:

Modelos en escala reducida: Utilizan modelos físicos a escala para replicar condiciones hidráulicas y estudiar fenómenos específicos. (MTC, 2020)

Modelos numéricos: Emplean simulaciones computarizadas basadas en métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales que describen el flujo del fluido. (MTC, 2020)

2.2.4.4. Ecuaciones Matemáticas:

Ecuaciones de continuidad y momento para describir el flujo en tuberías y canales. Ecuaciones de Manning, Darcy-Weisbach u otras ecuaciones que modelan la resistencia al flujo en diferentes situaciones. (MTC, 2020)

2.2.4.5. Instrumentación y Medición:

Descripción de los instrumentos utilizados para medir variables hidráulicas, como caudalímetros, manómetros y anemómetros. Importancia de la recopilación de datos precisos para validar y calibrar modelos hidráulicos. (MTC, 2020)

2.2.4.6. Aplicaciones de Modelos Hidráulicos:

Diseño y optimización de sistemas hidráulicos, como redes de abastecimiento de agua, sistemas de drenaje y presas. Evaluación de riesgos de inundación, pronóstico de eventos hidrológicos y planificación del uso sostenible del agua. (MTC, 2020)

2.2.4.7. Desarrollos Recientes y Tendencias:

Tecnologías emergentes en modelado hidráulico, como la simulación por elementos finitos (FEA) y la integración de modelos hidráulicos con sistemas de información geográfica (SIG). Enfoques innovadores para abordar desafíos actuales, como el cambio climático y la gestión sostenible de los recursos hídricos. (MTC, 2020)

2.2.5 INUNDACIÓN

Una inundación se produce cuando el agua cubre terrenos que normalmente están secos, ya sea por lluvias intensas, deshielo, tormentas tropicales u otros eventos meteorológicos. (UNDRR, 2023)

2.2.5.1. Factores Climáticos:

La precipitación intensa es uno de los principales desencadenantes de inundaciones. Deshielo rápido, tormentas

tropicales, ciclones y otros eventos climáticos extremos pueden contribuir significativamente a la inundación. (UNDRR, 2023)

2.2.5.2. Topografía y Geografía:

Características topográficas, como la pendiente del terreno y la presencia de ríos, lagos o zonas bajas, influyen en la magnitud y extensión de las inundaciones. La topografía también puede afectar la velocidad de escorrentía y la acumulación de agua. (UNDRR, 2023)

2.2.5.3. Hidrología de Cuencas:

El estudio de las cuencas hidrográficas es esencial para comprender cómo se acumula y fluye el agua en una región determinada. Análisis de la capacidad de retención del suelo y la velocidad de escorrentía. (UNDRR, 2023)

2.2.5.4. Infraestructura Urbana y Manejo del Agua:

La urbanización y la alteración del paisaje pueden aumentar la susceptibilidad a las inundaciones. La calidad y capacidad de los sistemas de drenaje, diques, embalses y otros elementos de infraestructura afectan la capacidad de mitigar o gestionar inundaciones. (UNDRR, 2023)

2.2.5.5. Cambio Climático:

El cambio climático puede tener impactos significativos en los patrones de precipitación y aumentar la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, contribuyendo a la ocurrencia de inundaciones. (UNDRR, 2023)

2.2.5.6. Impactos Socioeconómicos y Ambientales:

Evaluación de los efectos de las inundaciones en la vida humana, la propiedad, la agricultura, la biodiversidad y otros aspectos ambientales y económicos. La planificación y gestión adecuadas pueden reducir los riesgos y minimizar los impactos. (UNDRR, 2023)

2.2.5.7. Modelado Hidráulico y Pronóstico de Inundaciones:

Utilización de modelos hidráulicos para simular y prever la propagación de inundaciones. Integración de tecnologías de monitoreo y sistemas de alerta temprana para mejorar la

capacidad de respuesta ante eventos de inundación. (UNDRR, 2023)

2.2.6 DEFENSAS RIBEREÑAS

2.2.6.1. Erosión Fluvial y Costera:

La erosión es el proceso natural por el cual el agua desgasta y transporta sedimentos, afectando las áreas ribereñas. Comprender los mecanismos de erosión fluvial y costera es crucial para diseñar defensas eficaces. (Terán, 1998)

2.2.6.2. Dinámica Fluvial y Marítima:

Estudio de la hidrodinámica y comportamiento de los cuerpos de agua que fluyen a lo largo de las riberas. Análisis de la acción de las olas, mareas y corrientes que afectan las áreas ribereñas. (Terán, 1998)

2.2.6.3. Tipos de Defensas Ribereñas:

Según Terán (1998), las defensas ribereñas se pueden clasificar de la siguiente manera:

Diques y diques: Estructuras lineales que interceptan y desvían el flujo del agua.

Enrocados: Paredes o montículos de rocas que protegen contra la erosión.

Muros de contención: Estructuras verticales que proporcionan estabilidad a las riberas.

Vegetación ribereña: Uso de plantas para estabilizar los suelos y reducir la erosión.

2.2.6.4. Ingeniería Hidráulica y Geotécnica:

Aplicación de principios de ingeniería para el diseño de estructuras que resisten las fuerzas hidráulicas. Estudio de las características geotécnicas del suelo para garantizar una cimentación adecuada. (Terán, 1998)

2.2.6.5. Impacto Ambiental y Ecología Fluvial:

Evaluación de los posibles efectos de las defensas ribereñas en el hábitat acuático y en la biodiversidad. Consideración de enfoques sostenibles que minimicen impactos negativos en el entorno natural. (Terán, 1998)

2.2.6.6. Normativas y Legislación:

Cumplimiento de regulaciones y códigos de construcción relacionados con las defensas ribereñas. Consideración de normativas ambientales y requisitos de seguridad. (Terán, 1998)

2.2.6.7. Gestión de Riesgos y Planificación Urbana:

Integración de defensas ribereñas en estrategias de gestión de riesgos y planificación urbana. Evaluación de riesgos y desarrollo de medidas preventivas para reducir la vulnerabilidad de las áreas ribereñas. (Terán, 1998)

2.2.6.8. Monitoreo y Mantenimiento:

Establecimiento de sistemas de monitoreo para evaluar la eficacia de las defensas ribereñas. Implementación de programas de mantenimiento para garantizar la integridad a largo plazo de las estructuras. (Terán, 1998)

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Altura libre: Es la distancia vertical entre la cota de aguas máximas o de diseño y el fondo de vigas o cota inferior de la estructura del puente (MTC, 2020)

Caudal: Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado (MTC, 2020)

Cota de Aguas Máximas: Es la cota de aguas máximas esperada para el caudal de diseño (MTC, 2020)

Cuenca Hidrográfica: La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura (MTC, 2020)

Curva Intensidad – Duración – Frecuencia: Es un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno (MTC, 2020)

Divisoria: Es una línea imaginaria que representa el límite entre las cuencas hidrográficas vecinas de dos cursos de agua (MTC, 2020)

Estación Pluviométrica: Estaciones de registro y medición de la cantidad de precipitación en un lugar determinado (MTC, 2020)

Estación Hidrológica: Puesto de observación situados sobre cuerpos de agua (ríos, quebradas, embalses, etc.) en donde se miden variables tales como los niveles y caudales. Adicionalmente en algunas estaciones se miden los sedimentos en corrientes y puntos estratégicos (MTC, 2020)

HEC-HMS: Sistema de modelamiento desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), que permite simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos (MTC, 2020)

HEC- RAS: Es un Sistema de modelamiento desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), que permite simular la respuesta que tendrá el flujo de agua a través de los ríos naturales y de otros canales (MTC, 2020)

Método Racional: Método que estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca (MTC, 2020)

Número de Curva: Son números que han sido determinados y tabulados por el Soil Conservation Service, con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra (MTC, 2020)

Periodo de retorno: Es el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico o precipitación, es igualado o superado una vez cada t años (MTC, 2020)

Precipitación: Caída de un conjunto de partículas, con formas de lluvia, llovizna, nieve, nieve granulada, granizo y gránulos de hielo (MTC, 2020)

Tiempo de Concentración: Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida (MTC, 2020)

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

H_g: A partir de la evaluación hidráulica e hidrológica se pueden estimar de manera óptima las dimensiones de una defensa ribereña en el río Huertas.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H_{e1}: Los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu presentan valores característicos que reflejan un alto riesgo de inundación.

H_{e2}: Los valores de caudal correspondientes a los diferentes periodos de retorno, incrementan significativamente el riesgo de inundación en el caserío de Uchucyacu.

H_{e3}: Las dimensiones adecuadas de las defensas ribereñas en el río Huertas deben ajustarse a los caudales máximos esperados en los periodos de retorno y a las características geomorfológicas de la cuenca.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Diseño de defensa ribereña

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Evaluación hidráulica e hidrológica

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 6

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIONES CONCEPTUAL	DEFINICIONES OPERACIONALES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	INSTRUMENTOS O TÉCNICAS
<u>V.</u> <u>Independiente</u> Evaluación hidráulica e hidrológica	Analizar de manera sistemática las condiciones y comportamientos del flujo del agua en una región específica. En ingeniería hidráulica e hidrología, esta variable abarca el estudio detallado de factores como topografía, precipitación, caudal de ríos y características del suelo. La evaluación busca comprender la dinámica del agua y aspectos más amplios del ciclo hidrológico, siendo esencial en la planificación de infraestructuras, gestión del	Recopilación de datos específicos, como caudal, precipitación y características del suelo, mediante el uso de instrumentos y modelos especializados. Esta evaluación permitirá comprender cuantitativa y cualitativamente los factores hidráulicos e hidrológicos, esenciales para la planificación de medidas de gestión del agua y defensas ribereñas.	Precipitación	Máxima precipitación	mm	Ficha de estaciones pluviométricas
				Precipitación promedio	mm	Ficha de estaciones pluviométricas
				Intensidad de precipitación	mm/s	Ficha de estaciones pluviométricas
			Geomorfología	Área	km ²	Ficha de geomorfológica
				Perímetro	km	Ficha de geomorfológica
				Pendiente	m/m	Ficha de geomorfológica

VARIABLES	DEFINICIONES CONCEPTUAL	DEFINICIONES OPERACIONALES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	INSTRUMENTOS O TÉCNICAS
	agua y evaluación de riesgos climáticos.			Red hídrica	Adim.	Ficha de geomorfológica
				Coeficientes característicos	Adim.	Ficha de geomorfológica
				Tirante hidrológico	m	Modelo hidráulico
			Hidráulica	Velocidad de caudal	m3/s	Modelo hidráulico
				Área de inundación	m2	Modelo hidráulico
<u>V. Dependiente</u>	Planificación y desarrollo de medidas de protección a lo largo de las riberas de cuerpos de agua para prevenir o mitigar la erosión, inundaciones y eventos extremos. Incluye la consideración de factores como topografía, hidrología y las	Planificación estructurada que incluye la identificación de áreas vulnerables a lo largo de las riberas de cuerpos de agua. Se realizan mediciones detalladas y se aplican técnicas de ingeniería para determinar las características óptimas		Tipo de enrocado	Pulg	Ficha de diseño
Diseño de defensa ribereña			Dique enrocado	Pendiente	%	Ficha de diseño
				Ancho de corona	m	Ficha de diseño
				Altura de dique	m	Ficha de diseño
				Erosión de caudal	m	Ficha de diseño

VARIABLES	DEFINICIONES CONCEPTUAL	DEFINICIONES OPERACIONALES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	INSTRUMENTOS O TÉCNICAS
	características del suelo, de las defensas, como muros junto con la implementación de contención o diques. La de estructuras como muros implementación sigue de contención. Este proceso estándares específicos, no solo busca proteger áreas utilizando materiales habitables y agrícolas, sino adecuados para garantizar la también preservar el eficacia y considerando la equilibrio ambiental de los preservación del equilibrio ecosistemas fluviales.	ambiental en los ecosistemas fluviales.	Muro gavión	Tipo de enrocado	Pulg	Ficha de diseño
				Pendiente	%	Ficha de diseño
				Ancho de corona	m	Ficha de diseño
				Altura de dique	m	Ficha de diseño
				Erosión de caudal	m	Ficha de diseño

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

En un enfoque cuantitativo, se consideró que el proceso es secuencial, lo que implica que no fue posible realizar saltos entre los diferentes procesos que se llevan a cabo en la investigación. (Hernández, 2014)

Dada la naturaleza de esta investigación se consideró que se tiene un enfoque **cuantitativo**, debido a que en la presente investigación en la elaboración del modelo hidrológico se siguieron pasos secuenciales en la caracterización de la cuenca y la estimación de sus características hidrológicas e hidráulicas.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

En el contexto de un alcance correlacional, se entiende que este se desarrolló mediante la asociación de variables, permitiendo la formulación de predicciones y la cuantificación de las relaciones existentes entre dichas variables. (Hernández, 2014)

Dada la naturaleza de esta investigación se consideró que se tiene un alcance **correlacional**, debido a que la presente investigación tomando en cuenta a las variables de Evaluación hidráulica e hidrológica y Diseño de defensa ribereña, se pudo identificar que ambas presentan una correlación entre ellas ya que para un diseño adecuado se requiere de una evaluación hidrológica e hidráulica óptima.

3.1.3 DISEÑO

En el contexto de un diseño no experimental, se estableció que, en una investigación de esta índole, las variables no se manipularon de manera intencionada. (Hernández, 2014)

Dada la naturaleza de esta investigación se consideró que se tiene un diseño **no experimental**, debido a que en la presente investigación se tomaron en cuenta los registros históricos de precipitación de las estaciones meteorológicas que no fueron manipulados de manera intencionada.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población se define como el conjunto al cual se busca extender o generalizar los resultados derivados de la investigación. (Hernández, 2014)

La población en la presente investigación fue el cauce del río Huertas en el caserío Uchucyacu, debido a que el caudal del río mencionado en épocas de precipitaciones anómalas presenta un incremento considerable llegando a generar un riesgo por inundación en la población.

3.2.2 MUESTRA

La muestra se define como una porción de la población seleccionada con el propósito de facilitar la ejecución de la investigación. (Hernández, 2014)

La muestra para la investigación fue un tramo de cauce de 870 m aguas abajo desde el centro de Uchucyacu.

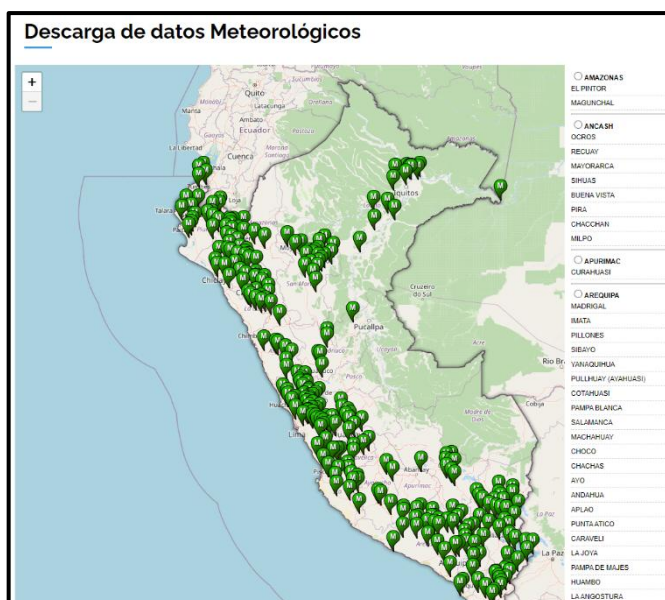
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1.1. Técnicas

Figura 13

Recolección de datos de precipitación



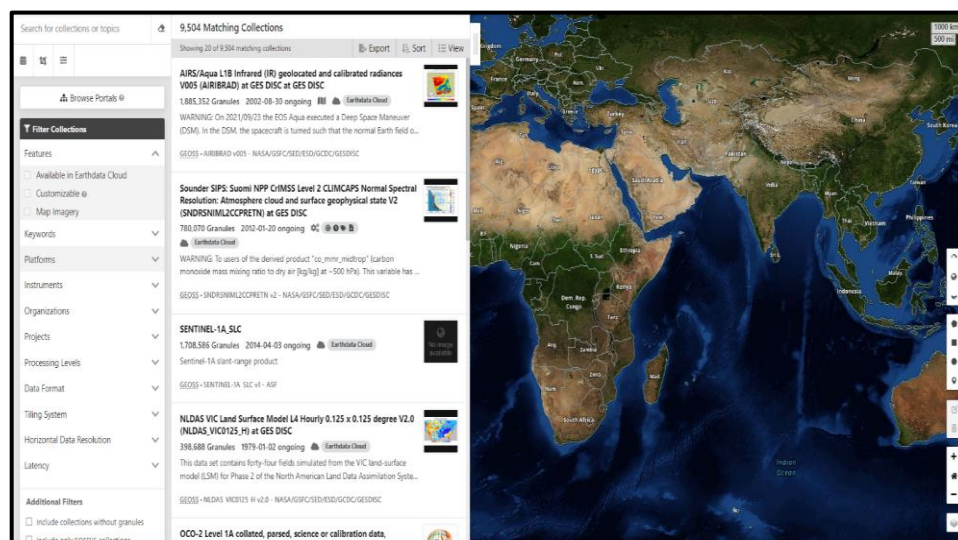
Nota. Estaciones identificadas a nivel nacional. SENAMHI, 2024.

La recolección de información pluviométrica se obtuvo de la base de registros históricos del Servicio Nacional de Meteorología

e Hidrología del Perú, de ella se identificaron las estaciones más cercanas a la cuenca del río Huertas.

Figura 14

Recolección de información DEM



Nota. Sistema de información satelital. NASA, 2024.

Interfaz del servicio EarthData en la cual se encuentran imágenes de elevación digital (DEM) con la cual se identificó la zona de influencia de la cuenca del río Huertas.

3.3.1.2. Instrumentos

Tabla 7

Ficha de áreas bajo cotas

ÁREA BAJO LA CURVA						
RANGO	PROM EDIO	SUPER FICIE	SUPER FICIE ACUMU LADA	SUPER FICIE SOBRE LA COTA	% DE SUPER FICIE	% ACUMU LADO DE SUPERF ICIE
INFER IOR	SUPE RIOR					

Nota. Ficha de clasificación de alturas.

La ficha tuvo por finalidad clasificar los rangos altitudinales de la cuenca, a fin de estimar las áreas bajo las curvas que compongan la cuenca, con dicha información recolectada se elaboraron el polígono de frecuencias y la curva hipsométrica de la cuenca.

Tabla 8

Ficha de red hídrica

RED HÍDRICA DE LA CUENCA					
# ORDEN	# DE ELEMENTOS	LONGITUD	REPETICIONES	PENDIENTE	PRODUCTO
LONGITUD TOTAL					
PENDIENTE MEDIA DE LA RED HÍDRICA					
Nota. Ficha de clasificación de red hídrica.					

La ficha de caracterización de red hídrica se rellena a partir de la identificación de las órdenes de red identificando longitudes y repeticiones como su pendiente, con ello se determinó a partir de un promedio la pendiente media de la red hídrica de la cuenca.

Tabla 9

Ficha de pendiente promedio de la cuenca

PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA							
RANGO		PROMEDIO	REPETICIONES	PRODUCTO			
INFERIOR	SUPERIOR						
SUMA							
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA							

Nota. Ficha de clasificación de pendientes.

Con dicha ficha se planteó la distribución de las pendientes topográficas de la cuenca, se determinó la pendiente promedio de cada rango y a partir de las repeticiones se estimó un promedio ponderado con el cual finalmente se puede obtener la pendiente promedio de la cuenca.

Tabla 10

Ficha de precipitaciones por estación

REGISTRO DE LLUVIAS CARHUACAYAN																
REGISTRO HISTÓRICO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA																
ESTE					NORTE					OCCIDENTAL						
#	AÑO	1 ENE.	2 FEB.	3 MAR.	4 ABR.	5 MAY.	6 JUN.	7 JUL.	8 AGO.	9 SEPT.	10 OCT.	11 NOV.	12 DIC.	MÍNIMO ANUAL	MÁXIMO ANUAL	PROMEDIO ANUAL
01																
02																
MÍNIMO ANUAL																

MÁXI
MO
MEN
SUAL
PRO
MEDI
O
MEN
SUAL

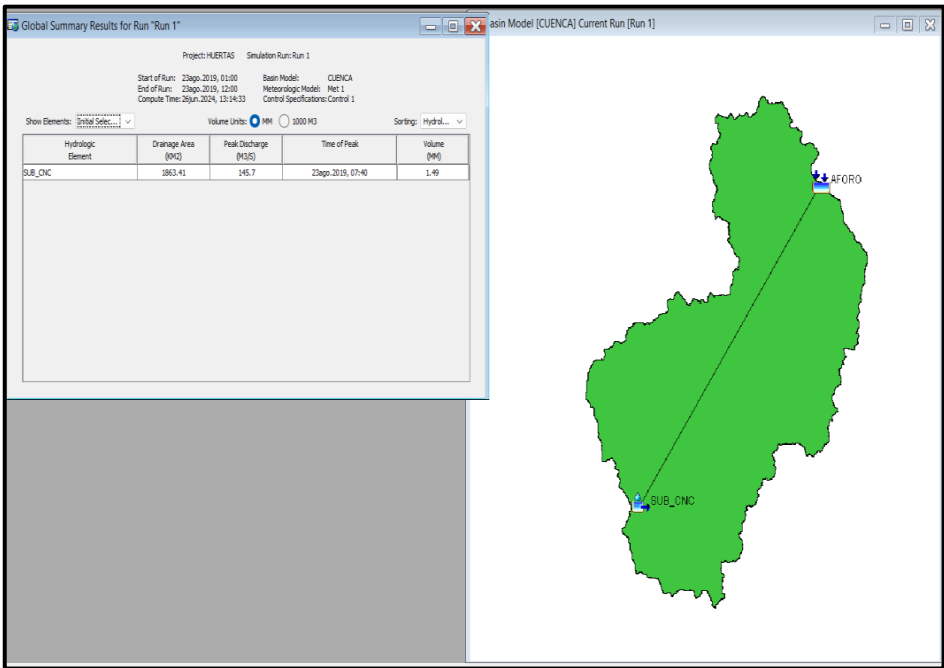
Nota. Ficha de registro histórico de precipitación.

La ficha de precipitaciones se rellenó identificando el periodo de tiempo en el cual se defina el análisis de precipitaciones, de ello se pudo obtener los valores promedio para el análisis de consistencia y relación de valores entre las estaciones y se obtuvieron las precipitaciones máximas en 24 hrs para cada una de las estaciones.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

3.3.2.1. Técnicas

Figura 15
Interfaz del software Hec-HMS



Nota. Modelo de interfaz de estimación de caudales HEC-HMS.

La determinación de valores de caudal se elaboró en el software Hec-HMS a ello se le incluyeron los valores de intensidad determinados por la metodología del bloque alterno.

3.3.2.2. Instrumentos

Tabla 11

Ficha de parámetros geomorfológicos

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS Y GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA		
ÍTEM	=>	VALOR
SUPERFICIE DE CUENCA	=>	
LONGITUD DE DIVISORIA	=>	
LONGITUD A LO ANCHO	=>	
LONGITUD A LO LARGO	=>	
ALTURA MENOR	=>	
ALTURA MAYOR	=>	
COORDENADA ESTE (CENTROIDE)	=>	
COORDENADA NORTE (CENTROIDE)	=>	
ALTURA (CENTROIDE)	=>	
ALTURA MEDIA	=>	
ALTURA COMÚN	=>	
ALTURA DE FRECUENCIA MEDIA	=>	
PENDIENTE EN CUENCA	=>	
LONGITUD DE RÍO PRINCIPAL	=>	
ORDEN DE RED	=>	
LONGITUD TOTAL DE LOS RÍOS	=>	
PENDIENTE PROMEDIO DE RÍOS	=>	

Nota. Ficha de identificación de parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Dicha ficha se rellenó a partir del modelo GIS ejecutado para la cuenca del río Huertas, con ello se obtuvo los valores principales para la estimación de coeficientes característicos de la cuenca.

Tabla 12

Ficha de coeficientes geomorfológicos

COEFICIENTES GEOMÉTRICOS Y MORFOLÓGICOS		
ÍTEM	=>	VALOR
FACTOR DE FORMA	=>	
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	=>	
LADO MAYOR DE RECTÁNGULO EQUIVALENTE	=>	
LADO MENOR DE RECTÁNGULO EQUIVALENTE	=>	

DENSIDAD DE DRENAJE	=>
ÍNDICE DE PENDIENTE	=>

Nota. Ficha de determinación de los valores de coeficientes geomorfológicos.

Con los valores obtenidos a partir de una relación matemática con los valores geométricos de la cuenca se logró estimar los coeficientes característicos para la cuenca del río Huertas.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

3.3.3.1. Técnicas

Tabla 13

Ficha de prueba de Kolmogorov – Smirnov

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN / PRUEBA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV		
DISTRIBUCIÓN	DELTA TEÓRICO	DELTA PRÁCTICO
NORMAL		
LOG-NORMAL		
2		
PARÁMETROS		
LOG-NORMAL		
3		
PARÁMETROS		
GAMMA 2		
PARÁMETROS		
GAMMA 3		
PARÁMETROS		
LOG-PEARSON		
TIPO III		
GUMBEL		
LOG-GUMBEL		
DISTRIBUCIÓN		
QUE MEJOR SE AJUSTA		

Nota. Ficha de distribuciones de ajuste según la prueba Kolmogorov Smirnov.

De los valores de precipitación de la estación seleccionada como la más adecuada para el modelo hidrológico se determinó la confiabilidad a partir de la aplicación de la prueba Kolmogorov – Smirnov, dicha distribución óptima sirvió para la proyección de valores de precipitación en diferentes periodos de retorno.

3.3.3.2. Instrumentos

Tabla 14*Ficha de estaciones meteorológicas*

ESTACIONES HIDROLÓGICAS CERCANAS							
#	ESTA CIÓN	COORDEN ADA		DISTANCIA A CENTROIDE DE CUENCA	PERIODO DE REGISTRO DE DATOS		PORCENTA JE DE DATOS FALTANTES DESDE A
		ESTE	NO RT E		INFERIO R	SUPER IOR	
		PERIODO SELECCIONADO					

Nota. Ficha de identificación de estaciones meteorológicas.

Con la ficha se obtuvo información completa de las estaciones cercanas a la cuenca con la finalidad de identificar las estaciones más adecuadas para el análisis de la cuenca del río Huertas.

Tabla 15*Ficha de precipitaciones reajustadas*

PRECIPITACIONES MÁXIMAS			
PERIODO DE RETORNO	PP	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PP AJUSTADA (1.13)
2			
5			

Nota. Ficha de estimación de precipitaciones en diferentes periodos de retorno.

La determinación de los valores de precipitaciones en diferentes periodos de retorno a partir de la identificación de la estación más adecuada sirvió para la estimación de los valores de precipitación reajustada con la finalidad de incluir un factor de riesgo a los valores identificados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

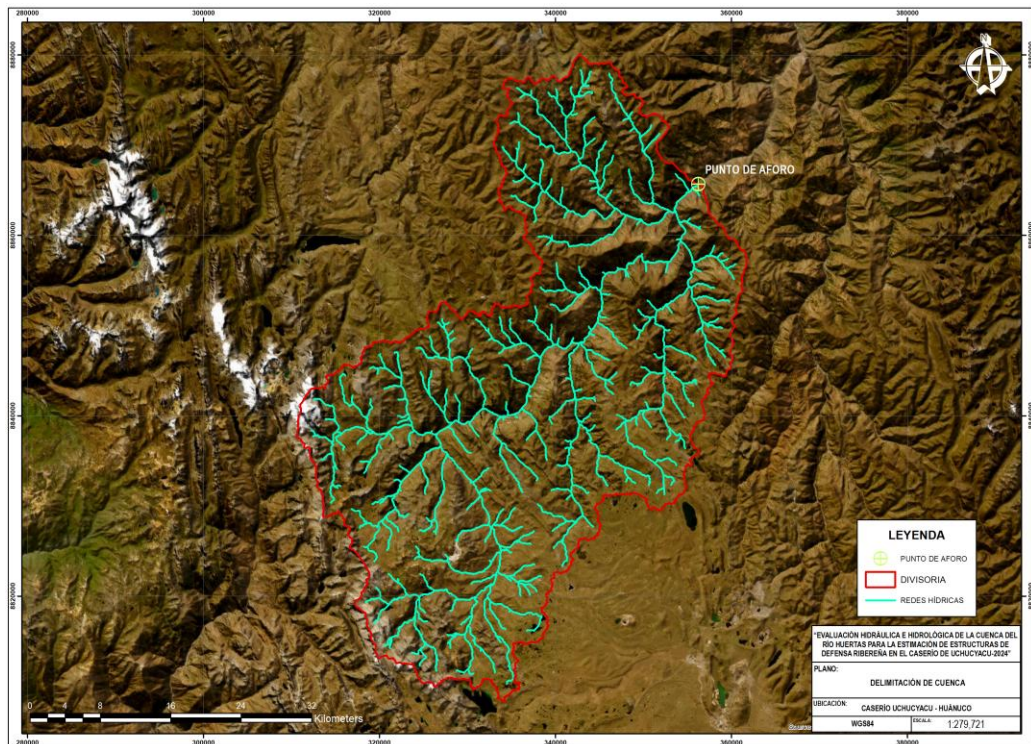
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1 Del cálculo de los parámetros geomorfológicos

Inicialmente para la identificación del comportamiento de la cuenca que comprende a la cuenca del río Huertas se planteó la delimitación y caracterización completa a partir de imágenes de elevación digital que comprenda la cuenca.

Figura 16

Delimitación de la cuenca del río Huertas

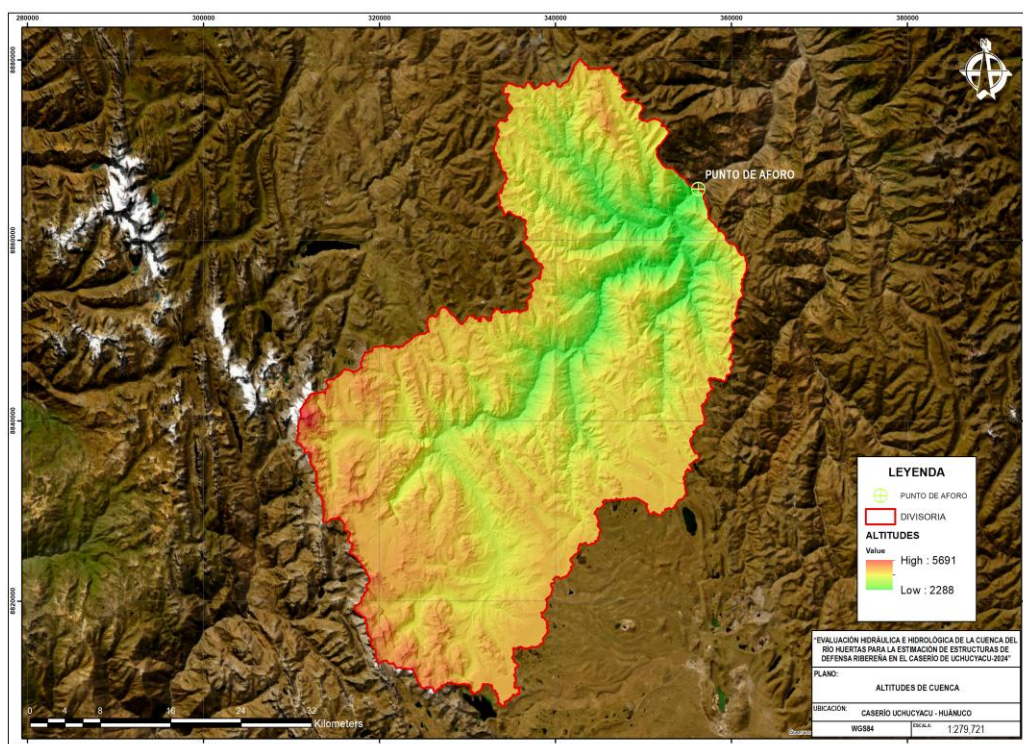


Nota. Delimitación geográfica de la cuenca.

La figura muestra la delimitación de la cuenca a partir de la identificación del punto de aforo con coordenadas 356198.16 E y 8865707.32 N, con dicho punto se identificó a partir de las cotas y depresiones los límites que componen la cuenca de interés.

Figura 17

Altitudes que comprende la cuenca del río Huertas



Nota. Clasificación altitudinal de la cuenca.

La figura presenta como se puede observar en la figura anterior la cuenca comprende unas altitudes que van desde los 2288 msnm hasta los 5691 msnm, lo valores altitudinales no sirvieron para determinar las áreas bajo la curva que se formen en la cuenca del río Huertas.

Tabla 16

Área bajo la curva de la cuenca del río Huertas

ÁREA BAJO LA CURVA							
RANGO		PRO MEDIO	SUPE RFICI E	SUPERFI CIE ACUMUL ADA	SUPERFI CIE SOBRE LA COTA	% DE SUPERFI CIE	% ACUMULAD O DE SUPERFI CIE
INFERI OR	SUPERI OR						
2288.00 msnm	2887.00 msnm	2587.50 msnm	60.47 km2	60.47 km2	1805.18 km2	3.24 %	96.76 %
2887.00 msnm	3244.00 msnm	3065.50 msnm	111.41 km2	171.88 km2	1693.77 km2	5.97 %	90.79 %
3244.00 msnm	3559.00 msnm	3401.50 msnm	141.45 km2	313.33 km2	1552.32 km2	7.58 %	83.21 %
3559.00 msnm	3843.00 msnm	3701.00 msnm	169.68 km2	483.00 km2	1382.65 km2	9.09 %	74.11 %
3843.00 msnm	4077.00 msnm	3960.00 msnm	253.90 km2	736.90 km2	726.90 km2	13.61 %	60.50 %

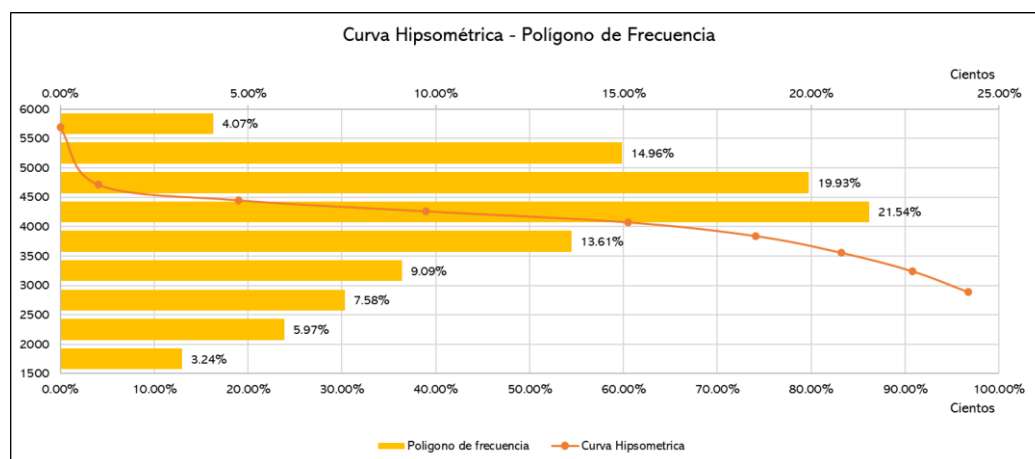
4077.00 msnm	4265.00 msnm	4171. 00 msnm	401.8 4 km2	1138.75 km2	726.90 km2	21.54 %	38.96 %
4265.00 msnm	4452.00 msnm	4358. 50 msnm	371.8 8 km2	1510.63 km2	355.02 km2	19.93 %	19.03 %
4452.00 msnm	4717.00 msnm	4584. 50 msnm	279.0 2 km2	1789.65 km2	76.00 km2	14.96 %	4.07 %
4717.00 msnm	5691.00 msnm	5204. 00 msnm	76.00 km2	1865.65 km2	0.00 km2	4.07 %	0.00 %

Nota. Elaboración de reclasificación de los valores altitudinales de la cuenca.

En la tabla se observa las cotas identificadas del modelo de elevación digital se tomaron rangos los cuales comprendan la totalidad de las cotas identificadas en la cuenca, en la caracterización de la cuenca se tomaron en cuenta 9 rangos de alturas en la cual se estimaron los promedios y las áreas que comprende entre esas altitudes, de ello se pudo determinar por ejemplo que para una altitud promedio de 4171.00 msnm existe una superficie de 401.84 km², el cual representa un 21.54% de la superficie total de la cuenca, dicho valor también caracteriza a la altura más frecuente en la cuenca del río Huertas.

Figura 18

Curva hipsométrica de la cuenca del río Huertas



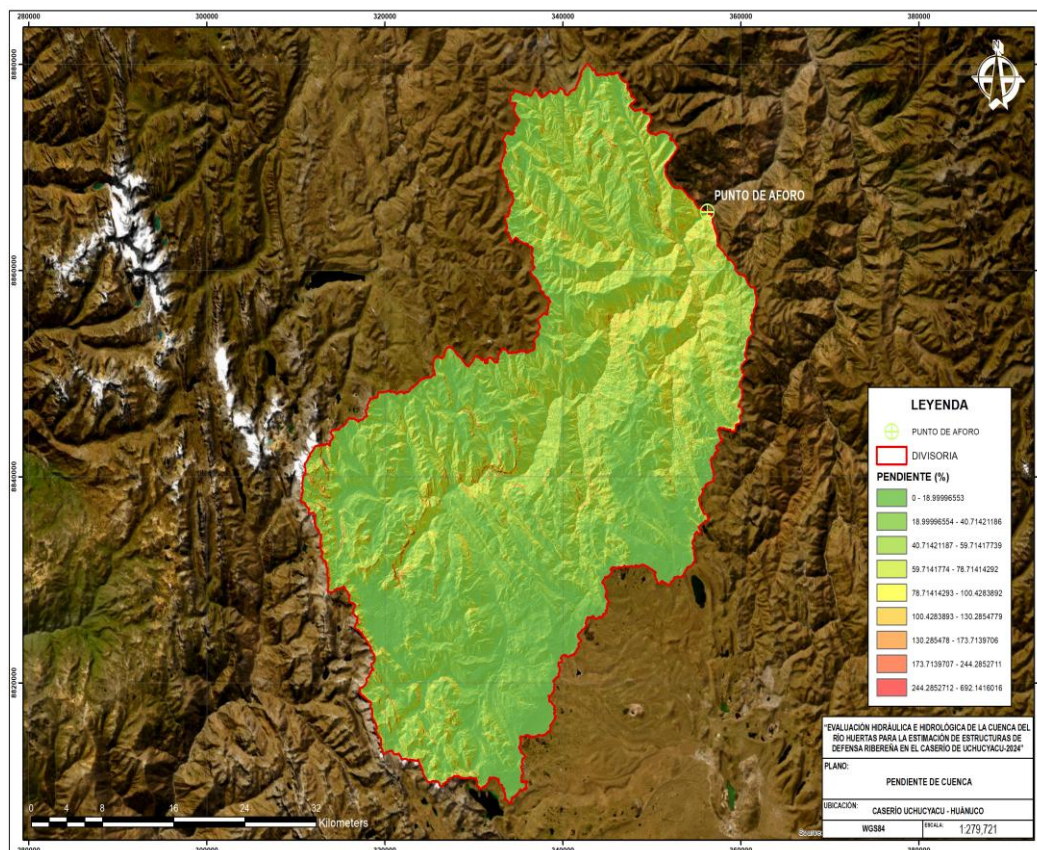
Nota. Gráfica de polígono de frecuencias y curva hipsométrica de la cuenca.

En la figura se muestra la categorización de las alturas y el cálculo de las áreas bajo las curvas se pudo graficar el polígono de frecuencia de la cuenca, en la cual se pudo determinar que la cota máxima solo representa el 4.07% de la superficie total de la cuenca, adicionalmente a ello se pudo graficar la curva hipsométrica con la cual se pudo caracterizar que la cuenca se encuentra en un estado de equilibrio o dicho de otra manera

que está en un estado maduro de acuerdo con las altitudes que la caracterizan.

Figura 19

Valores de pendiente de la cuenca del río Huertas



Nota. Identificación y determinación de las pendientes de la cuenca.

En la figura cartográfica se puede identificar que las pendientes de la cuenca predominantemente van desde el 0% a 18.99%, siendo unas pendientes altas, las zonas críticas evidenciadas con un código de color rojo evidencia un alto grado de pendiente de cuenca, pero es un porcentaje menor de la cuenca.

Tabla 17

Estimación de la pendiente promedio de la cuenca del río Huertas

PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA				
RANGO		PROMEDIO	REPETICIONES	PRODUCTO
INFERIOR	SUPERIOR			
0.00 %	10.00 %	5.00 %	10121887	50609435
10.00 %	20.00 %	15.00 %	1711835	25677525
20.00 %	30.00 %	25.00 %	90183	2254575
30.00 %	40.00 %	35.00 %	13244	463540
40.00 %	50.00 %	45.00 %	2325	104625
50.00 %	60.00 %	55.00 %	513	28215
60.00 %	70.00 %	65.00 %	128	8320
70.00 %	80.00 %	75.00 %	41	3075

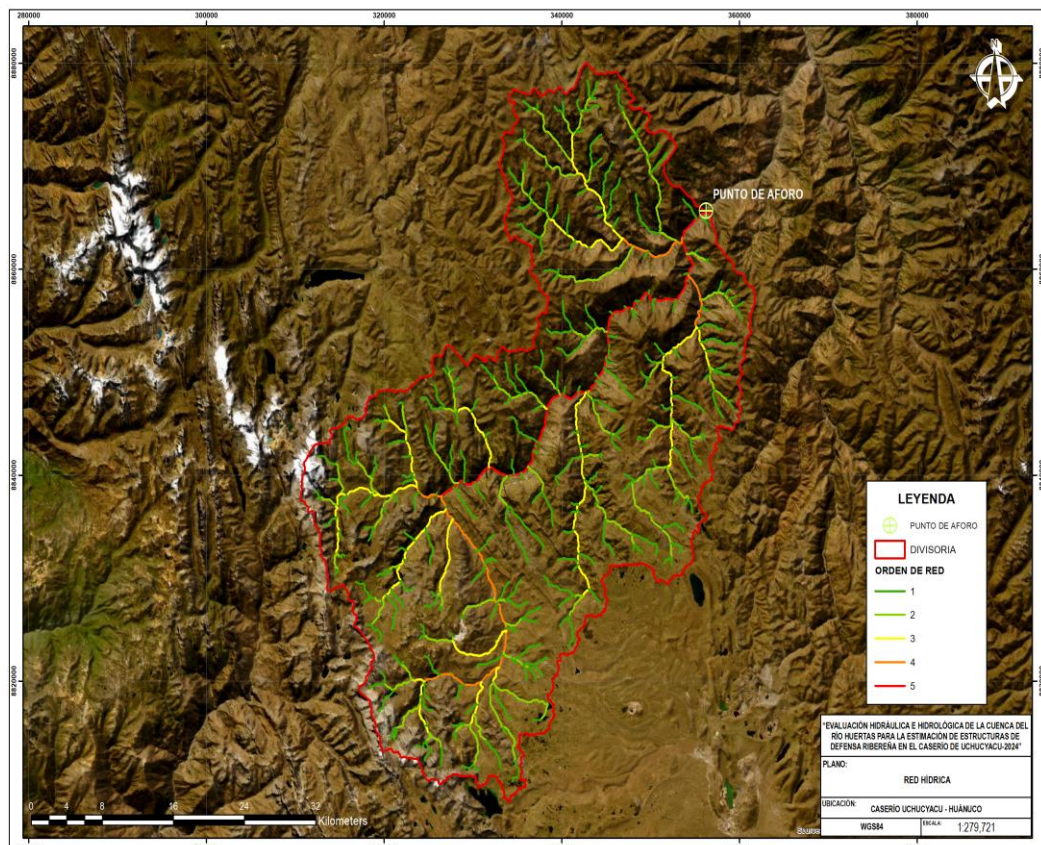
80.00 %	90.00 %	85.00 %	15	1275
90.00 %	100.00 %	95.00 %	5	475
SUMA			11940176	79151060
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA			6.63 %	

Nota. Reclasificación de las pendientes de la cuenca.

En la tabla se muestra la estimación de la pendiente promedio de la cuenca se plantearon rangos de agrupación a cada 10% de pendiente, obteniendo así los valores promedio de las pendientes, en la caracterización GIS de la cuenca se identificaron las repeticiones en las que se puede identificar una determinada pendiente, siendo así por ejemplo para una pendiente promedio de 65% en la caracterización de la cuenca se pudo identificar que esta presenta un total de 128 repeticiones, con ello a partir de una ponderación con respecto a las repeticiones se determinó que la cuenca presenta una pendiente promedio de 6.63%.

Figura 20

Red hídrica de la cuenca del río Huertas



Nota. Determinación de los ríos de la cuenca.

En la figura se muestra la determinación de las redes hídricas que comprende a la cuenca del río Huertas se determinó a partir de las

direcciones de flujo que presentó la imagen de elevación digital de la cuenca, con ello se pudo determinar que la cuenca presenta una red hídrica de orden 5, adicionalmente a ello se pudo interpolar dicha red hídrica con el modelo de pendientes determinado con lo cual se estimó la pendiente media de la red hídrica completa.

Tabla 18

Estimación de la pendiente media de la red hídrica

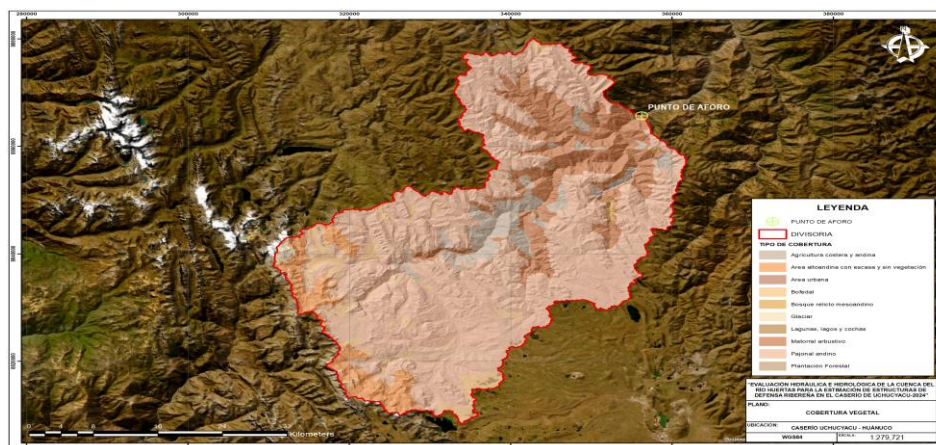
# ORDEN	# DE ELEMENTOS	RED HÍDRICA DE LA CUENCA			
		LONGITUD	REPETICIONES	PENDIENTE	PRODUCTO
01	297	472.26 km	38469	17.80 %	684849.0
02	68	249.10 km	20673	15.61 %	322646.2
03	17	148.33 km	11844	11.36 %	134607.0
04	3	49.07 km	3956	8.67 %	34283.1
05	1	54.46 km	4338	8.77 %	38022.7
LONGITUD TOTAL		973.22 km	79280		1214408.0
PENDIENTE MEDIA DE LA RED HÍDRICA				15.32 %	

Nota. Tabla de red hídrica de la cuenca.

En la tabla se muestra la determinación de la red hídrica de la cuenca del río Huertas se pudo calcular que la red comprende en total una longitud de 973.20 km hasta el punto de aforo que se encuentra en la localidad de Uchucyacu, sin embargo solo la río principal de la cuenca presenta una longitud de 54.46 km, de la interpolación de la red hídrica con la capa de pendientes de la cuenca se pudo identificar que para una pendiente promedio de 17.80% se tiene un total de 38469 repeticiones, al igual que para la estimación de la pendiente promedio de la cuenca se realiza una ponderación con respecto a las repeticiones determinadas en el modelo GIS de la cuenca, finalmente de ello se pudo determinar que la red hídrica en toda su extensión presenta un pendiente promedio de 15.32%.

Figura 21

Cobertura vegetal del río Huertas



Nota. Cobertura vegetal del suelo de la cuenca.

En la figura se muestra un parámetro necesario en la caracterización de la cuenca es la identificación del tipo de cobertura vegetal que presenta el suelo de la cuenca, en ello se pudo identificar un total de 10 tipos de suelo en los cuales se lograron identificar una agricultura andina, zonas altoandinas sin vegetación, zonas urbanas, bofedales, bosques mesoandinos, glaciares, lagunas o cuerpos de agua, matorrales arbustivos, zonas de pajonal andinos y plantaciones forestales.

Tabla 19

Identificación de áreas para cada tipo de cobertura

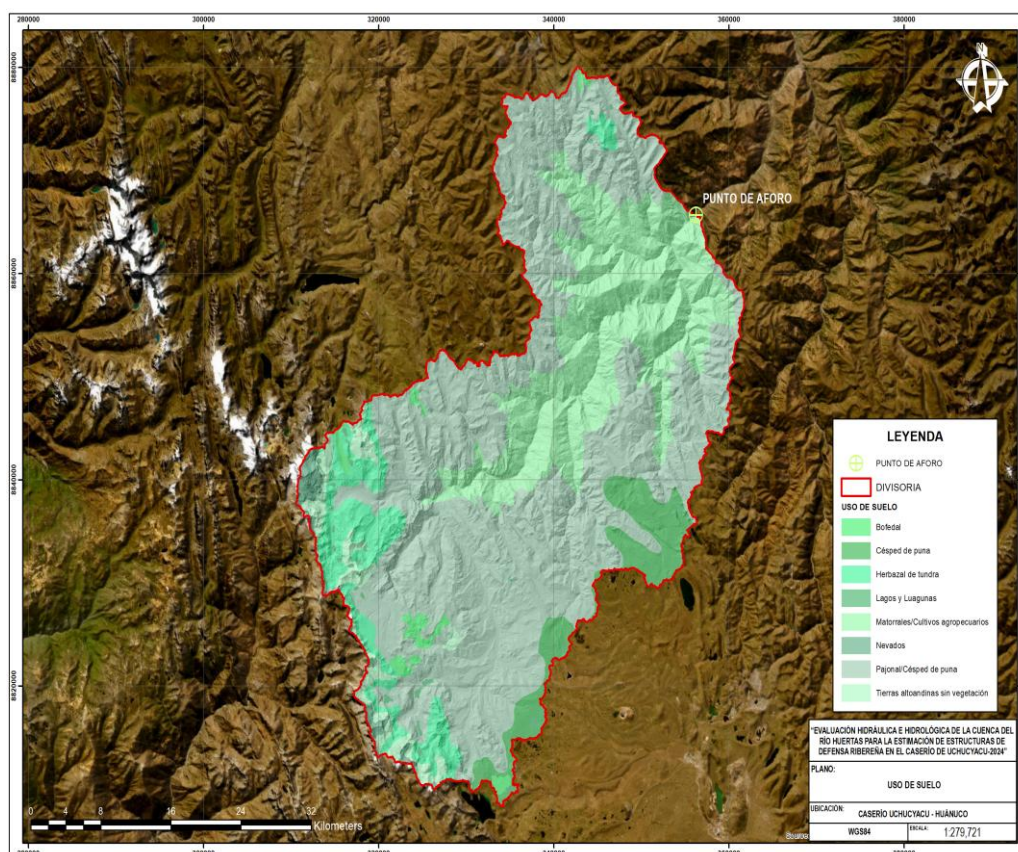
COBERTURA VEGETAL		
#	TIPO	ÁREA (km ²)
1	Agricultura costera y andina	113.17 km ²
2	Área altoandina con escasa y sin vegetación	119.41 km ²
3	Área urbana	2.29 km ²
4	Bofedal	77.35 km ²
5	Bosque relicto mesoandino	3.90 km ²
6	Glaciar	10.09 km ²
7	Lagunas, lagos y cochas	11.64 km ²
8	Matorral arbustivo	311.78 km ²
9	Pajonal andino	1210.23 km ²
10	Plantación Forestal	5.80 km ²

Nota. Tabla de cobertura vegetal identificada en la cuenca.

En la tabla se muestra la identificación del suelo como se pudo determinar en la figura anterior se calcularon las áreas que cada una de ellas representa en la cuenca, con lo cual se determinó que la cobertura de pajonal andino es la que más predomina en la cuenca con una superficie de 1210.23 km².

Figura 22

Uso de suelo de la cuenca del río Huertas



Nota. Determinación de los usos de suelo de la cuenca.

En la figura se muestra la identificación de los usos de suelo de la cuenca pudo dar como resultados que dentro de la divisoria se identificaron usos de suelo de tipo bofedal, césped de puno, herbazal de tundra, cuerpos de agua, cultivos, nevados y tierras sin vegetación. En total se identificaron 08 tipos de uso de suelo.

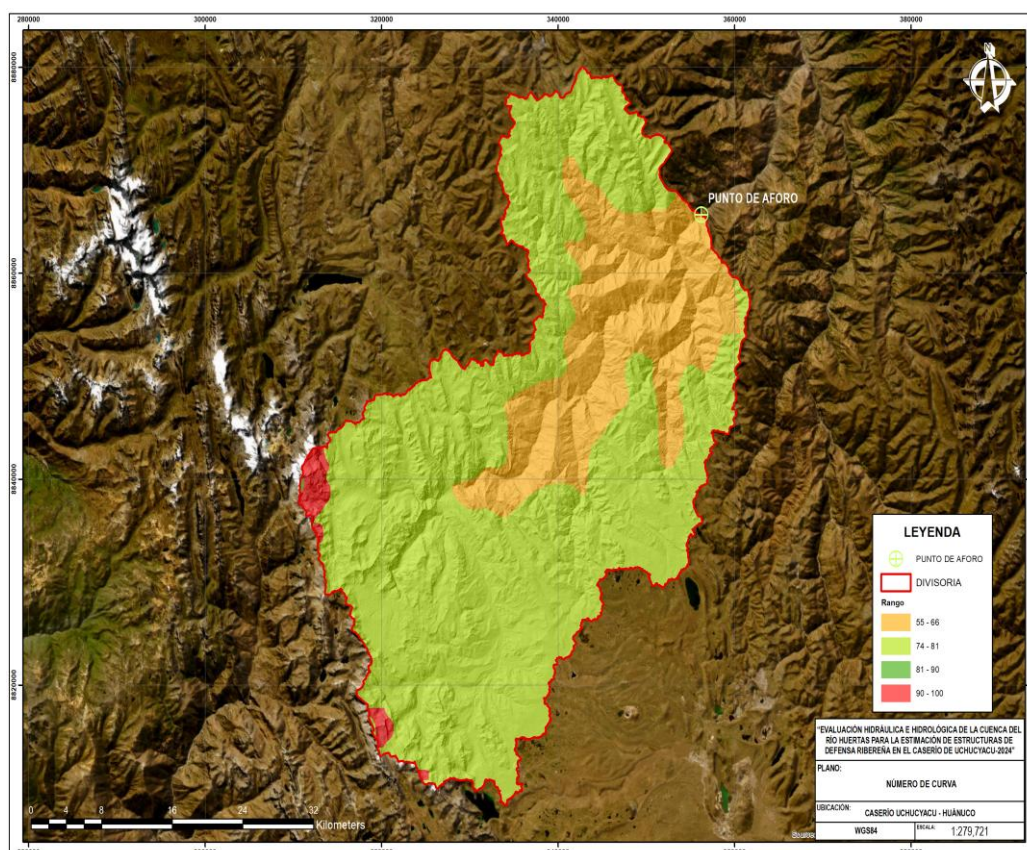
Tabla 20*Identificación de áreas de uso de suelo*

USO DE SUELO		
#	TIPO	ÁREA (km ²)
1	Bofedal	23.14 km ²
2	Césped de puna	103.04 km ²
3	Herbazal de tundra	125.64 km ²
4	Lagos y Lagunas	10.47 km ²
5	Matorrales/Cultivos agropecuarios	445.63 km ²
6	Nevados	20.05 km ²
7	Pajonal/Césped de puna	1078.87 km ²
8	Tierras altoandinas sin vegetación	55.84 km ²

Nota. Determinación de las áreas de uso de suelo en cuenca.

En la tabla se presentó la estimación de los tipos de uso de suelo se pudo determinar que el uso predominante en la cuenca es de césped de puno con una superficie de 1078.87 km² y los cuerpos de agua superficial solo presenta un área de 10.47 km².

Figura 23*Rangos de número de curva de la cuenca del río Huertas*



Nota. Identificación de los rangos del número de curva de la cuenca.

En la figura se muestra la identificación de los rangos de número de curva elaborada para condiciones normales por el Ministerio del Ambiente del Perú, de ello se logró identificar un total de 4 rangos de número de curva en donde visualmente se puede identificar que en la cuenca se identifica un rango predominante de entre 74 a 81.

Tabla 21

Estimación de número de curva promedio

#	NUMERO DE CURVA		PROMEDIO	ÁREA (km2)
	INFERIOR	SUPERIOR		
1	55	66	60.5	447.60 km2
2	74	81	77.5	1390.92 km2
3	81	90	85.5	0.59 km2
4	90	100	95	26.54 km2
NÚMERO DE CURVA PROMEDIO				73.67

Nota. Determinación de las áreas por número de curva..

En la figura se muestra la determinación del número de curva presentada en la figura anterior se determinó las áreas que comprenden cada uno de los rangos, de la clasificación se pudo determinar que el área predominante en la cuenca es de 1390.92 km2 el cual corresponde entre

74 a 81 con lo cual se determinó un número de curva promedio para el rango de 77.5, con ello y con la identificación de las pareas se realizó una ponderación con respecto a las áreas con lo cual se determinó que para la cuenca en número de curva promedio es de 73.67.

Tabla 22

Parámetros morfológicos y geométricos de la cuenca del río Huertas

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS Y GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA		
ÍTEM	=>	VALOR
SUPERFICIE DE CUENCA	=>	1863.41 km ²
LONGITUD DE DIVISORIA	=>	355.38 km
LONGITUD A LO ANCHO	=>	40.32 km
LONGITUD A LO LARGO	=>	56.46 km
ALTURA MENOR	=>	2288.00 msnm
ALTURA MAYOR	=>	5602.00 msnm
COORDENADA ESTE (CENTROIDE)	=>	336675.73
COORDENADA NORTE (CENTROIDE)	=>	8843609.70
ALTURA (CENTROIDE)	=>	4209.13 msnm
ALTURA MEDIA	=>	3960.00 msnm
ALTURA COMÚN	=>	4171.00 msnm
ALTURA DE FRECUENCIA MEDIA	=>	4065.15 msnm
PENDIENTE EN CUENCA	=>	6.63 %
LONGITUD DE RÍO PRINCIPAL	=>	54.46 km
ORDEN DE RED	=>	05
LONGITUD TOTAL DE LOS RÍOS	=>	973.22 km
PENDIENTE PROMEDIO DE RÍOS	=>	15.32 %

Nota. Estimación de los valores de las características geomorfológicas.

En la tabla se muestra para la cuenca del río Huertas comprende una superficie de 1863.41 km², el perímetro de la cuenca es de 355.38 km, el ancho de la cuenca es de 40.32 km y el largo en dirección del río principal es de 56.46 km, para el centroide se pudo determinar que las coordenadas del centroide son de 336675.73E, 8843609.70N y 4209.13 msnm. El valor de la altura media es de 4171 msnm, la cota de frecuencia media es de 4065.15, se estimó que la cuenca presenta una pendiente de 6.63%, el

río principal presenta una longitud de 54.46 km, en total los ríos presentan una longitud de 973.22 km y la pendiente que presenta la red hídrica es de 15.32% en promedio.

Tabla 23

Coefficientes de caracterización geométrica y morfológica

COEFICIENTES GEOMÉTRICOS Y MORFOLÓGICOS		
ÍTEM	=>	VALOR
FACTOR DE FORMA	=>	0.71
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	=>	2.31
LADO MAYOR DE RECTÁNGULO EQUIVALENTE	=>	166.50 km
LADO MENOR DE RECTÁNGULO EQUIVALENTE	=>	11.19 km
DENSIDAD DE DRENAJE	=>	0.52 u/km ²
ÍNDICE DE PENDIENTE	=>	0.22

Nota. Estimación de los valores de factor de forma para la cuenca.

En la tabla se muestra la identificación de los valores geométricos y morfométricos de la cuenca se pudo determinar que el factor de forma para la cuenca es de 0.71, el coeficiente de compacidad de la cuenca es de 2.31, con respecto al rectángulo equivalente los lados son de longitud de 166.50 y 11.19 km, el valor de la densidad de drenaje es de 0.52 u/km² y el valor del índice de pendiente es de 0.22.

4.1.2 De la estimación de los caudales

Tabla 24

Estaciones hidrológicas cercanas a la cuenca del río Huertas

ESTACIONES HIDROLÓGICAS CERCANAS							
#	ESTACIÓN	COORDENADA		DISTANCIA A CENTROID E DE CUENCA	PERIODO DE REGISTRO DE DATOS		PORCENTAJ E DE DATOS FALTANTES DESDE 1999 A 2024
		ESTE	NORTE		INFER IOR	SUPERIO R	
1	HUÁNUCO	36313 4	889963 6	61.96 km	1999	2024	2.56%
2	TINGO MARÍA	39012 1	897070 1	137.87 km	1999	2024	8.01%
3	OYÓN	30653 8	882021 1	38.15 km	1999	2024	21.47%
4	CANCHÁN	35642 6	890304 4	62.63 km	1999	2024	7.69%
5	SAN RAFAEL	37052 1	885672 7	36.30 km	1999	2024	9.29%
6	TULUMAY O	38908 9	898873 4	154.30 km	1999	2024	2.24%
PERIODO SELECCIONADO					1999	2024	26 AÑOS

Nota. Identificación de las estaciones cercanas a la cuenca.

En la tabla se muestran los registros históricos disponibles por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se identificó que las 06 estaciones cuentan con registros pluviométricos entre los años 1999 a 2024 los cuales comprenden 26 años de información, adicionalmente a ello se pudo determinar que en ese periodo de tiempo las estaciones de Canchán, San Rafael y Tulumayo presentan un porcentaje de falta de datos de 7.69%, 9.29% y 2.24% respectivamente.

Tabla 25

Datos de lluvia Estación Oyón

REGISTRO DE LLUVIAS OYÓN																
REGISTRO HISTÓRICO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA																
ES 306							N O R T E	88						CO		
TE 538								20						TA	-	
								21								
								1								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
#	AÑO	EN E.	FE B.	MA R.	AB R.	M A Y.	JU N.	J U L.	A G O.	S E T.	OC T.	NO V.	DI C.	MÍN IMO AN UAL	MÁ XIM O ANU AL	PR OM EDI O ANU AL
01	1999	10 1.6 0	19 3.2 0	85. 70	52. 60	3 8. 5 0		4. 2 0		31 .9 0	57. 10	50. 30	76. 90	4.20	193. 20	69.2 0

02	200 0	12 0.6 0	12 4.0 0	10 4.9 0	63. 40	3 5. 9 0	0.6 0	2. 7 0	4. 50	26 .4 0	60. 10	29. 50	13 5.1 0	0.60	135. 10	58.9 8
03	200 1	14 3.3 0	87. 00	14 9.9 0	33. 90		7.5 0			26 .4 0	35. 60	10 4.9 0	66. 00	7.50	149. 90	72.7 2
04	200 2	92. 00	65. 10	96. 90	45. 50	8. 6 0	2.1 0		2. 10	17 .2 0	73. 50	73. 90	93. 10	2.10	96.9 0	51.8 2
05	200 3	89. 70	96. 30	12 1.7 0	37. 00				1. 30	11 .3 0	15. 80	8.7 0	87. 70	1.30	121. 70	52.1 7
06	200 4	36. 30	78. 70				6.8 0			22 .3 0	56. 40	95. 60		6.80	95.6 0	49.3 5
07	200 5			10 5.6 0	9.5 0	4. 1 0			3. 90	0. 50	28. 00	23. 80	80. 30	0.50	105. 60	31.9 6
08	200 6	70. 90	12 4.3 0			0. 3 0	11. 50		6. 00		35. 00	80. 80	92. 30	0.30	124. 30	52.6 4
09	200 7	10 6.3 0	77. 40	14 8.5 0	55. 20	3 6 0				6. 70	52. 20	44. 90	39. 50	6.70	148. 50	63.0 3
10	200 8	10 8.8 0	13 6.0 0	10 0.7 0	49. 90		5.2 0			2. 80	59. 60	17. 40	83. 40	2.80	136. 00	62.6 4
11	200 9	10 1.0 0	10 4.5 0	16 5.3 0	78. 10	1 6. 8 0		1. 5 0	7. 50	8. 20	54. 20	86. 90	92. 40	1.50	165. 30	65.1 3
12	201 0	60. 10	57. 30	11 7.0 0	29. 90		2.9 0			13 .7 0	20. 70	45. 70	12 3.2 0	2.90	123. 20	52.2 8
13	201 1	14 5.6 0	60. 90	13 3.4 0	63. 40	5. 6 0				6. 40	22. 40	79. 70	12 9.9 0	5.60	145. 60	71.9 2
14	201 2	80. 40	13 4.6 0	91. 50	11 3.9 0	1. 8 0	2.7 0			34 .1 0	35. 20	46. 50	89. 30	1.80	134. 60	63.0 0
15	201 3	55. 80	88. 40	11 5.0 0	21. 60	1 7. 5 0	0.4 0	2. 6 0	8. 50	1. 40	80. 60	49. 00	75. 50	0.40	115. 00	43.0 3
16	201 4	95. 10	12 5.3 0	13 3.5 0	29. 00	1 9. 6 0			1. 80	15 .5 0	50. 60	37. 90	13 5.1 0	1.80	135. 10	64.3 4
17	201 5	10 2.0 0	62. 50	69. 50	48. 90	6. 6 0	3.4 0		7. 70	2. 80	22. 60	50. 00	82. 80	2.80	102. 00	41.7 1
18	201 6	25. 80	94. 40	88. 30	36. 70	1. 1 0	1.0 0	1. 6 0	4. 00	15 .0 0	29. 40	5.6 0	84. 90	1.00	94.4 0	32.3 2
19	201 7	13 0.0 0	12 8.3 0	18 1.4 0	60. 50	3 2. 6 0	0.4 0		2. 70	6. 40		20. 10	52. 30	0.40	181. 40	61.4 7

20	201 8	10 8.5 0	82. 00	12 0.3 0	65. 00	8. 6 0	3.3 0	1. 0		10 .0 0	35. 10	33. 60	88. 20	1.00	120. 30	50.5 1
21	201 9	15 3.7 0	11 5.2 0	98. 60	38. 00	1 3. 6 0	3.3 0	1. 8 0		12 .6 0	30. 60	31. 40	11 5.3 0	1.80	153. 70	55.8 3
22	202 0	47. 20	78. 20								14. 10	29. 70	16 4.0 0	14.1 0	164. 00	66.6 4
23	202 1		33. 10	11 2.0 0	53. 70	4. 9 0	1.1 0	1. 7 0	6. 40	4. 90	10 0.6 0			1.10	112. 00	35.3 8
24	202 2	45. 40	14 0.0 0	15 0.4 0	31. 10	1. 1 0	0.7 0	1. 7 0	1. 60	11 .0 0	1.3 0	8.7 0	99. 30	0.70	150. 40	42.6 9
25	202 3	82. 10	13 2.8 0	11 5.1 0	32. 70	5. 9 0					39. 00	87. 40	16 0.0 0	15.9 0	160. 00	83.1 3
26	202 4	15 4.7 0	72. 10	80. 70									23 7.1 0	72.1 0	237. 10	136. 15
MÍNIMO		25. 80	33. 10	69. 50	9.5 0	0. 3 0	0.4 0	1. 0 0	1. 30	0. 50	1.3 0	5.6 0	39. 50			
MÁXIM		15 4.7 0	19 3.2 0	18 1.4 0	11 3.9 0	3 8. 5 0	11. 50	4. 2 0	8. 50	34 .1 0	10 0.6 0	10 4.9 0	23 7.1 0			
PROME		94. 04	99. 66	11 6.7 8	47. 70	5. 2 5	3.3 1	2. 0 9	4. 46	13 .0 7	42. 07	47. 58	10 3.4 8			

Nota. Registro de precipitaciones de la base de datos SENAMHI.

En la tabla se muestran los registros históricos del SENAMHI se pudo identificar que hay un total de 67 registros mensuales en los cuales no se cuenta con un registro confiable con lo cual se realizó un procedimiento para completar los datos faltantes a partir de una interpolación con respecto a las distancias en las que se encuentran las estaciones tomadas en cuenta para el análisis hidrológico de la cuenca.

Tabla 26

Datos de lluvia completados Estación Oyón

REGISTRO DE LLUVIAS OYÓN												
REGISTRO HISTÓRICO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA												
ES 306					NO	882					CO	
TE 538					RT	021					TA	-
					E	1						
#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

	AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	MÍNIMO ANUAL	MÁXIMO ANUAL	PROMEDIO ANUAL
01	1999	101.60	193.20	85.70	52.60	38.50	30.34	4.20	12.73	31.90	57.10	50.30	76.90	4.20	193.20	61.26
02	2000	120.60	124.00	104.90	63.40	35.90	0.60	2.70	4.50	26.40	60.10	29.50	135.10	0.60	135.10	58.98
03	2001	143.30	87.00	149.90	33.90	45.55	7.50	46.77	16.26	26.40	35.60	104.90	66.00	7.50	149.90	63.59
04	2002	92.00	65.10	96.90	45.50	8.60	2.10	52.58	2.10	17.20	73.50	73.90	93.10	2.10	96.90	51.88
05	2003	89.70	96.30	121.70	37.00	45.80	33.95	12.00	1.30	11.30	15.80	8.70	87.70	1.30	121.70	46.77
06	2004	36.30	78.70	109.48	52.95	50.59	6.80	46.86	21.49	22.30	56.40	95.60	152.57	6.80	152.57	60.84
07	2005	88.86	110.14	105.60	9.50	4.10	30.68	9.04	3.90	0.50	28.00	23.80	80.30	0.50	110.14	41.20
08	2006	70.90	124.30	135.17	68.47	0.30	11.50	13.37	6.00	22.26	35.00	80.80	92.30	0.30	135.17	55.03
09	2007	106.30	77.40	148.50	55.20	36.60	3.98	39.27	13.77	6.70	52.20	44.90	39.50	3.98	148.50	52.03
10	2008	108.80	136.00	100.70	49.90	26.83	5.20	34.47	11.24	2.80	59.60	17.40	83.40	2.80	136.00	53.03
11	2009	101.00	104.50	165.30	78.10	16.80	32.14	1.50	7.50	8.20	54.20	86.90	92.40	1.50	165.30	62.38
12	2010	60.10	57.30	117.00	29.90	33.04	2.90	22.92	11.01	13.70	20.70	45.70	123.20	2.90	123.20	44.79
13	2011	145.60	60.90	133.40	63.40	5.60	19.52	19.65	10.55	6.40	22.40	79.70	129.90	5.60	145.60	58.09
14	2012	80.40	134.60	91.50	113.90	1.80	2.70	10.99	12.70	34.10	35.20	46.50	89.30	1.80	134.60	54.47
15	2013	55.80	88.40	115.00	21.60	17.50	0.40	2.60	8.50	1.40	80.60	49.00	75.50	0.40	115.00	43.03
16	2014	95.10	125.30	133.50	29.00	19.60	24.11	16.91	1.80	15.50	50.60	37.90	135.10	1.80	135.10	57.04
17	2015	102.00	62.50	69.50	48.90	6.60	3.40	32.09	7.70	2.80	22.60	50.00	82.80	2.80	102.00	40.91
18	2016	25.80	94.40	88.30	36.70	1.10	1.00	1.60	4.00	15.00	29.40	5.60	84.90	1.00	94.40	32.32
19	2017	130.00	128.30	181.40	60.50	32.60	0.40	12.64	2.70	6.40	75.51	20.10	52.30	0.40	181.40	58.57

20	201 8	108 .50	82. 00	120 .30	65. 00	8.6 0	3.30	1. 00	36 .1 2	10 .0 0	35. 10	33. 60	88. 20	1.00	120. 30	49. 31
21	201 9	153 .70	115 .20	98. 60	38. 00	13. 60	3.30	1. 80	8. 58	12 .6 0	30. 60	31. 40	115 .30	1.80	153. 70	51. 89
22	202 0	47. 20	78. 20	112 .71	46. 79	19. 95	11.1 6	1. 35	4. 81	9. 28	14. 10	29. 70	164 .00	1.35	164. 00	44. 94
23	202 1	58. 39	33. 10	112 .00	53. 70	4.9 0	1.10	1. 70	6. 40	4. 90	100 .60	54. 58	107 .21	1.10	112. 00	44. 88
24	202 2	45. 40	140 .00	150 .40	31. 10	21. 10	0.70	1. 70	1. 60	11 .0 0	1.3 0	8.7 0	99. 30	0.70	150. 40	42. 69
25	202 3	82. 10	132 .80	115 .10	32. 70	15. 90	21.6 1	14 .6 3	23 .1 8	34 .2 1	39. 00	87. 40	160 .00	14.6 3	160. 00	63. 22
26	202 4	154 .70	72. 10	80. 70	45. 52	27. 13	40.8 8	9. 46	18 .0 4	10 .6 1	64. 51	129 .21	237 .10	9.46	237. 10	74. 16
MÍNIMO		25.	33.	69.	9.5	0.3	0.40	1.	1.	0.	1.3	5.6	39.			
MENSU		80	10	50	0	0		00	30	50	0	0	50			
AL																
MÁXIM		154	193	181	113	50.	40.8	52	36	34	100	129	237			
O		.70	.20	.40	.90	59	8	.5 8	.1 2	.2 1	.60	.21	.10			
MENSU																
AL																
PROME		92.	100	117	48.	20.	11.5	15	9.	13	44.	50.	105			
DIO		47	.07	.05	59	71	9	.9 2	94	.9 9	22	99	.51			
MENSU																
AL																

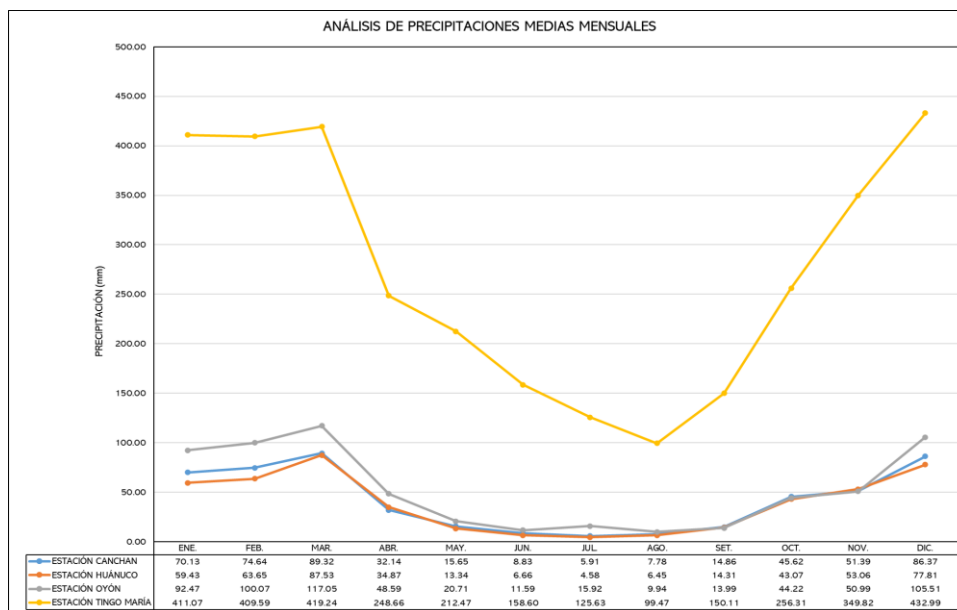
Nota. Registro de precipitaciones completos de la base de datos SENAMHI.

Se muestran en la tabla los datos completos se lograron calcular los valores máximos, mínimos y promedio mensuales y anuales para la estación. En el registro se pudo identificar que el menor promedio mensual se da en el mes de julio con un valor promedio de 0.81 mm, mientras que para el valor máximo mensual promedio se da en el mes de enero con un valor de 14.82 mm, con ello se puede verificar el comportamiento pluviométrico de la cuenca formada por el río Huertas.

Los registros complementarios de las otras estaciones tomadas en cuenta para el análisis hidrológico de la cuenca se encuentran anexadas en la parte final de la investigación, el procedimiento de relleno de datos faltantes se realizó de la misma manera que para la estación de Oyón ponderando los valores de precipitación con respecto a las distancias que se encuentran entre ellas.

Figura 24

Análisis de precipitaciones promedio mensuales

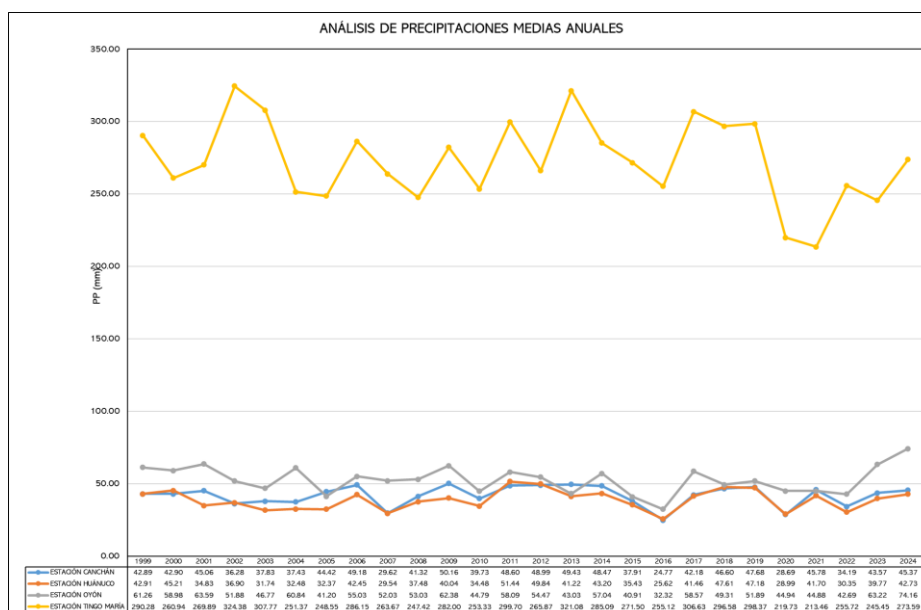


Nota. Análisis de los valores de promedio mensual.

En la figura se muestran los valores promedio mensuales se pudo identificar un comportamiento relacionado en cada una de las estaciones teniendo que entre los meses de mayo a setiembre las precipitaciones disminuyen de manera considerable, sin embargo, se pudo identificar que la Estación Tingo María presenta valores muy altos en comparación con sus pares presentando que en su pico es de 419.24 mm para el mes de marzo.

Figura 25

Análisis de precipitaciones promedio anuales

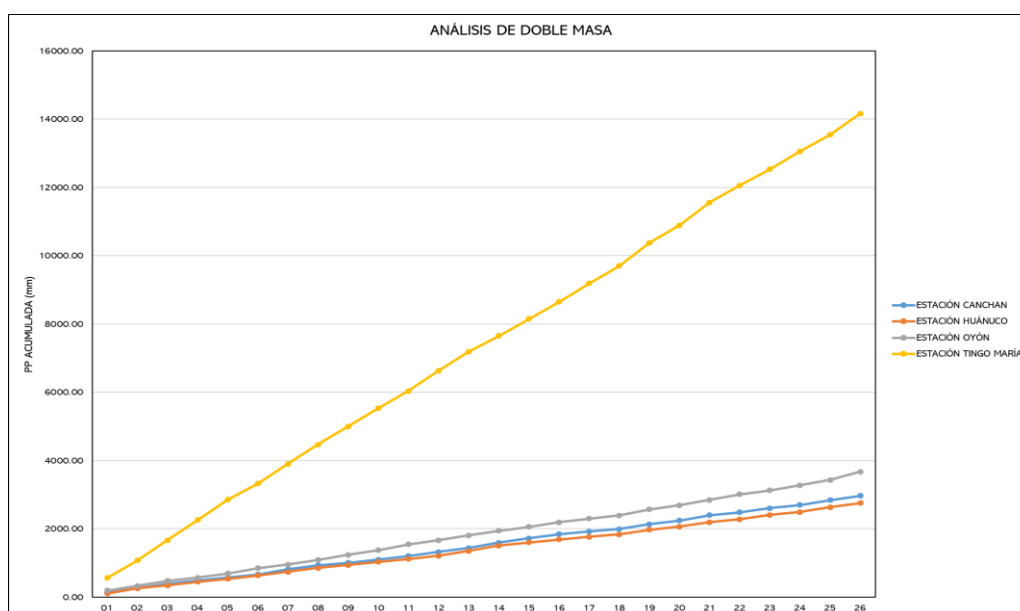


Nota. Registro de precipitaciones medias anuales.

En la figura se muestra el análisis de precipitaciones promedios anuales se presentan picos entre los años 2002 con valores de 36.28 mm, 36.90 mm, 51.88 mm y 324.38 mm para las estaciones de Canchán, Huánuco, Oyón y Tingo María respectivamente, de la misma manera hay un decrecimiento en el año 2005 que los valores de precipitación son de 44.42 mm, 32.37 mm, 41.20 mm y 248.55 mm para las estaciones de Canchan, Huánuco, Oyón y Tingo María respectivamente. En el análisis anual de precipitaciones de la misma manera se pudo identificar que la estación de Tingo María presenta valores muy altos en comparación con sus pares analizados.

Figura 26

Análisis de doble masa



Nota. Análisis de doble masa de las estaciones consideradas.

En la figura se toma cuenta los 26 años de análisis de registros pluviométricos se elaboró el análisis de doble masa, que se basa en la acumulación de precipitaciones, con la finalidad de identificar las inconsistencias que se presente en cada estación a partir de la cantidad de quiebres que se genere en la línea de tendencia, de la figura se pudo determinar que la estación de Tingo María al tener valores de precipitación altas, las precipitaciones acumuladas serán muy superiores a las otras 03 estaciones consideradas para el análisis.

Con dicho análisis se pudo identificar que la estación de Tingo María presenta valores que pueden alterar la estimación de precipitaciones para

la cuenca del río Huertas con lo cual se determinó omitir del análisis a dicha estación por lo valores altos que presenta y que no se correlacional con las otras 03 estaciones.

Tabla 27

Valores de precipitación en el centroe

REGISTRO DE LLUVIAS CENTROIDE																
REGISTRO HISTÓRICO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA																
E S T E	336 675. 73						NO RT E	8843 609. 70						C O TA	4209. 1262 56	
#	AÑO	1 E N E.	2 F E B.	3 M A R.	4 A B R.	5 M A Y.	6 JUN.	7 J U L.	8 A G O.	9 S E P.	10 O C T.	11 N O V.	12 D I C.	MÍ NI MO A N U A L	MÁ X I M O A N U A L	P R O M E D I O A N U A L
01	1999	13 2. 38	16 7. 10	12 4. 76	46 .3 2	33. 57	23.9 5	1 1 0	1 7 6	5 2 1	36 .6 4	67 .2 2	79.09	11. 10	167 .10	65.3 4
02	2000	11 9. 92	11 7. 90	15 2. 36	53 .3 8	23. 63	25.7 2	1 7 9	3 7 2	5 8 9	48 .8 1	40 .4 5	122.5 8	11. 79	152 .36	63.8 5
03	2001	13 3. 09	90 .0 4	14 2. 11	54 .8 9	34. 08	12.6 3	8 6 7	4 6 8	9 0 6	57 .7 9	11 2. 06	109.8 2	12. 63	142 .11	69.0 8
04	2002	65 .1 7	93 .0 0	13 0. 45	55 .4 1	35. 08	7.87	4 1 3	9 3 8	9 5 4	96 .5 3	77 .9 3	109.9 7	7.8 7	130 .45	62.0 4
05	2003	78 .4 1	78 .1 4	11 8. 42	73 .3 2	34. 24	25.0 7	1 7 0	5 1 7	8 6 9	30 .8 8	65 .1 7	121.1 5	11. 70	121 .15	57.5 3
06	2004	49 .0 8	80 .0 7	94 .7 5	50 .5 0	47. 34	14.6 3	3 3 0	8 3 0	6 0 7	64 .6 6	92 .4 6	152.1 0	14. 63	152 .10	61.1 1
07	2005	81 .5 5	10 2. 88	12 8. 30	20 .9 9	7.6 1	30.0 3	7 5 3	4 4 3	1 9 2	54 .2 2	48 .1 2	107.9 3	7.5 3	128 .30	52.1 3
08	2006	10 3. 01	10 2. 55	12 5. 45	62 .2 1	7.0 3	17.4 1	1 5 7	2 6 2	3 8 8	67 .0 2	10 1. 14	113.5 8	7.0 3	125 .45	62.2 1
09	2007	10 1. 60	44 .5 9	14 2. 48	55 .4 4	31. 26	3.20	3 6 5	1 0 4	1 5 9	70 .1 6	64 .4 2	94.70	3.2 0	142 .48	55.8 8

10	200 8	10 1. 65	13 6. 99	90 .8 4	49 .4 8	23. 44	13.6 8	2 3. 7 4	8. 7 3	4 8. 7 7	74 .2 3	39 .1 7	97.67	8.7 3	136 .99	59.0 3
11	200 9	10 6. 22	10 2. 44	13 1. 29	69 .8 4	44. 28	24.8 8	1 8. 8 2	1 4. 7 7	2 2. 0 8	50 .9 1	89 .3 7	116.5 0	14. 77	131 .29	65.9 5
12	201 0	87 .5 6	12 0. 36	11 7. 44	56 .6 3	28. 64	7.43	1 8. 2 6	9. 2 8	1 5. 5 9	38 .1 9	64 .4 1	122.2 4	7.4 3	122 .24	57.1 7
13	201 1	13 4. 13	10 4. 09	13 2. 96	63 .6 3	27. 86	14.6 0	1 3. 7 8	8. 6 8	9. 2 6	60 .9 2	71 .5 7	144.5 2	8.6 8	144 .52	67.1 7
14	201 2	95 .1 2	12 8. 25	78 .2 5	11 1. 16	13. 20	21.1 9	8. 8 4	1 1. 5 3	1 9. 6 0	71 .2 5	83 .1 3	168.5 0	8.8 4	168 .50	67.5 0
15	201 3	82 .7 4	12 7. 23	13 0. 83	58 .3 6	20. 59	18.3 4	1 1. 2 8	3 3. 8 9	1 8. 4 0	94 .8 6	80 .5 1	124.3 6	11. 28	130 .83	66.7 8
16	201 4	10 8. 13	13 8. 27	13 2. 76	44 .3 5	39. 06	17.4 2	1 7. 0 4	3 3 0	5 5. 4 7	52 .1 7	55 .7 1	114.7 6	7.3 0	138 .27	65.2 0
17	201 5	11 0. 17	74 .9 4	84 .2 8	60 .6 4	47. 83	8.84	2 3. 4 3	8. 9 0	1 0. 8 9	30 .0 9	72 .9 0	88.76	8.8 4	110 .17	51.8 1
18	201 6	54 .8 0	11 8. 89	81 .0 5	46 .3 6	14. 69	7.97	5. 6 4	6. 5 1	1 3. 4 2	53 .6 3	48 .2 2	108.5 0	5.6 4	118 .89	46.6 4
19	201 7	11 9. 83	11 9. 68	14 6. 93	49 .9 0	42. 79	9.49	1 2. 1 7	1 1. 3 0	3 1. 4 4	68 .1 5	64 .5 4	125.6 9	9.4 9	146 .93	66.8 3
20	201 8	11 9. 91	10 7. 60	13 8. 71	74 .5 6	19. 44	19.1 9	8. 8 4	8. 2 9	9. 7 9	10 3. 31	77 .1 2	91.18	8.8 4	138 .71	67.3 3
21	201 9	16 3. 15	89 .1 7	14 5. 55	55 .7 6	22. 49	12.9 6	1 2. 3 9	6. 3 5	2 1. 4 5	59 .7 1	48 .6 9	166.5 8	6.3 5	166 .58	67.0 2
22	202 0	66 .7 3	10 6. 72	11 6. 03	53 .2 5	27. 55	15.8 1	2. 8 2	6. 3 7	1 2. 3 5	22 .5 5	32 .8 3	111.3 7	2.8 2	116 .03	47.8 6
23	202 1	82 .0 2	57 .4 8	95 .6 4	54 .9 9	21. 68	15.1 2	7. 7 5	1 0. 9 5	1 9. 9 7	75 .7 1	93 .5 6	93.61	7.7 5	95. 64	52.3 7
24	202 2	81 .0 5	13 6. 48	12 0. 72	43 .6 8	26. 08	11.2 9	1 1. 2 1	5. 5 0	3. 3 5	46 .9 6	50 .0 4	106.5 7	11. 21	136 .48	56.0 5

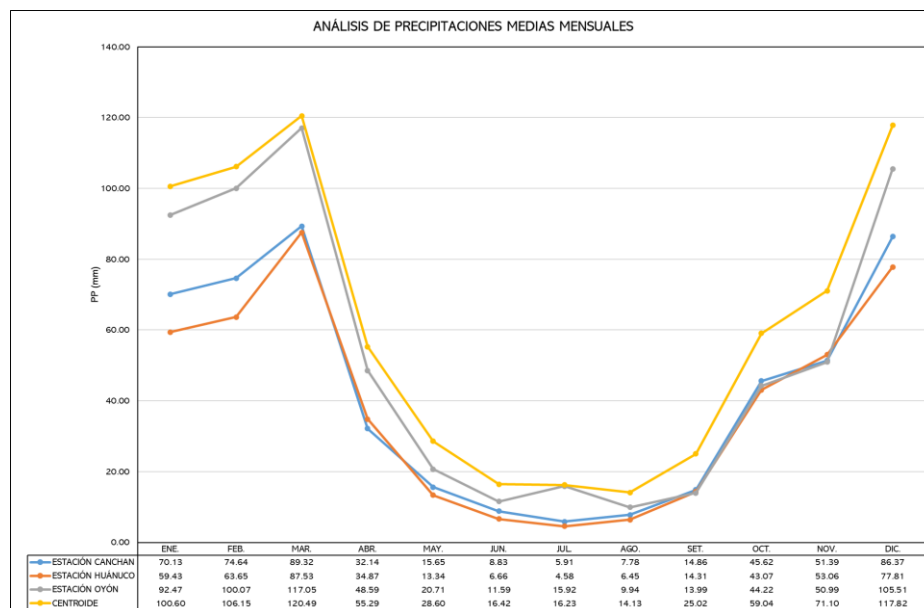
25	2023	72.47	108.25	129.21	32.90	42.04	15.68	1	2	2	46.52	84.92	128.26	14.09	129.21	60.49
26	2024	165.60	108.85	102.25	39.69	28.22	32.44	6.44	1	9.96	59.18	122.88	143.31	6.64	165.60	69.25
MÍNIMO		49	44	78	20	7.03	3.20	2.8	6.3	9.9	22.5	32.8	79.09			
MENSUAL		8	9	5	9			2	5	6	5	3				
MÁXIMO		16	16	15	11	47.83	32.44	4.1	3.8	5.4	10.31	12.88	168.50			
MENSUAL		60	10	36	16			3	9	7	31	88				
PROMEDIO		10	10	12	55	28.60	16.42	1.6	4.1	5.0	59.04	71.10	117.82			
MENSUAL		60	15	49	9			3	3	2	4	0				

Nota. Registro de precipitaciones ponderadas para el centroide.

En la tabla se muestran los valores completos de las estaciones seleccionadas se estimaron los valores de precipitación en el centroide de la cuenca con la finalidad de estimar los valores de lluvia que se generen dentro de la cuenca del río Huertas, a partir de ello se pudo identificar que de los valores promedios mensuales el menor valor es de 14.13 mm en el mes de julio y el mayor valor de precipitación 120.49 mm correspondiente al mes de diciembre.

Figura 27

Análisis de precipitaciones promedio mensuales

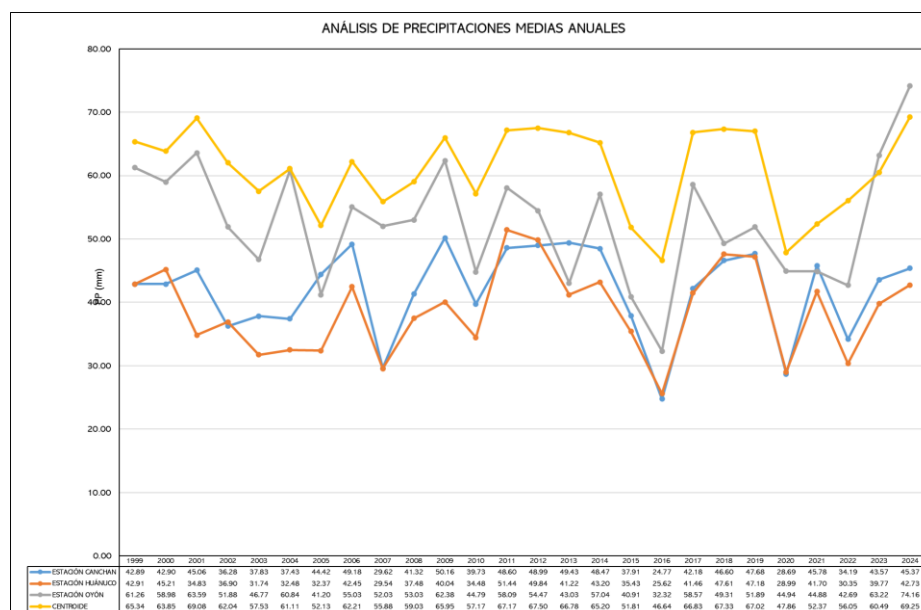


Nota. Presentación de los valores de precipitación mensual.

En la figura se muestran las estaciones tomadas en cuenta se pudo determinar que el centroide estimado se encuentra en correlación con las estaciones tomadas en cuentas teniendo que para el mes de julio los valores de precipitación son de 5.91 mm, 4.58 mm, 15.92 mm y 16.23 mm para las estaciones de Canchan, Huánuco, Oyón y en el centroide respectivamente identificado así que en el año hidrológico tiene una relación entre las estaciones tomadas en cuenta.

Figura 28

Análisis de precipitaciones promedio anuales

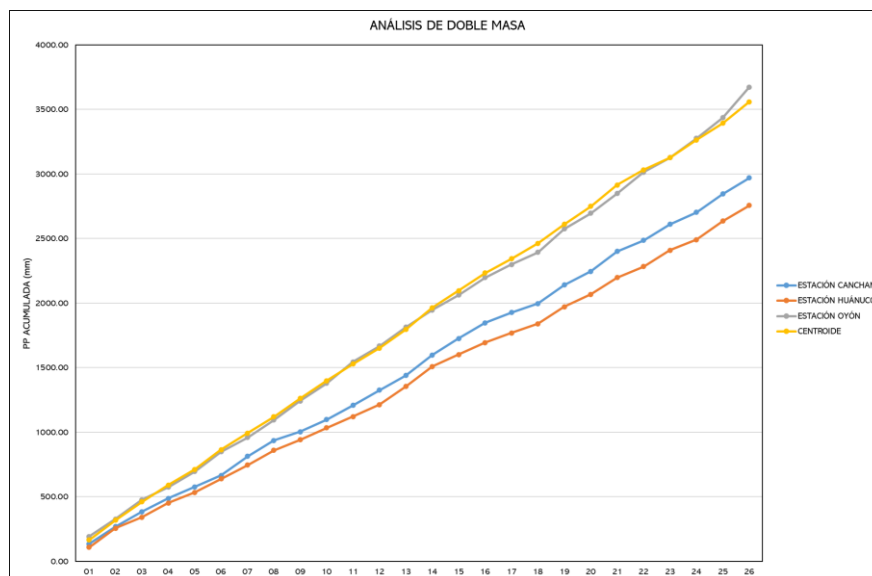


Nota. Registro de precipitaciones medias anuales.

En la figura se muestran los valores de precipitaciones se pudo elaborar un análisis de precipitaciones promedios anuales, dentro de ello se pudo determinar que la estación Canchan presenta un salto de valores entre los años 2011 a 2014 sin embargo esta alteración de valores no influye en los valores para el centroide de la cuenca como se puede evidenciar que la figura con la línea de línea amarilla correspondiente a los valores del centroide teniendo su máximo valor en el año 2024 con un valor de 69.25 mm.

Figura 29

Análisis de doble masa



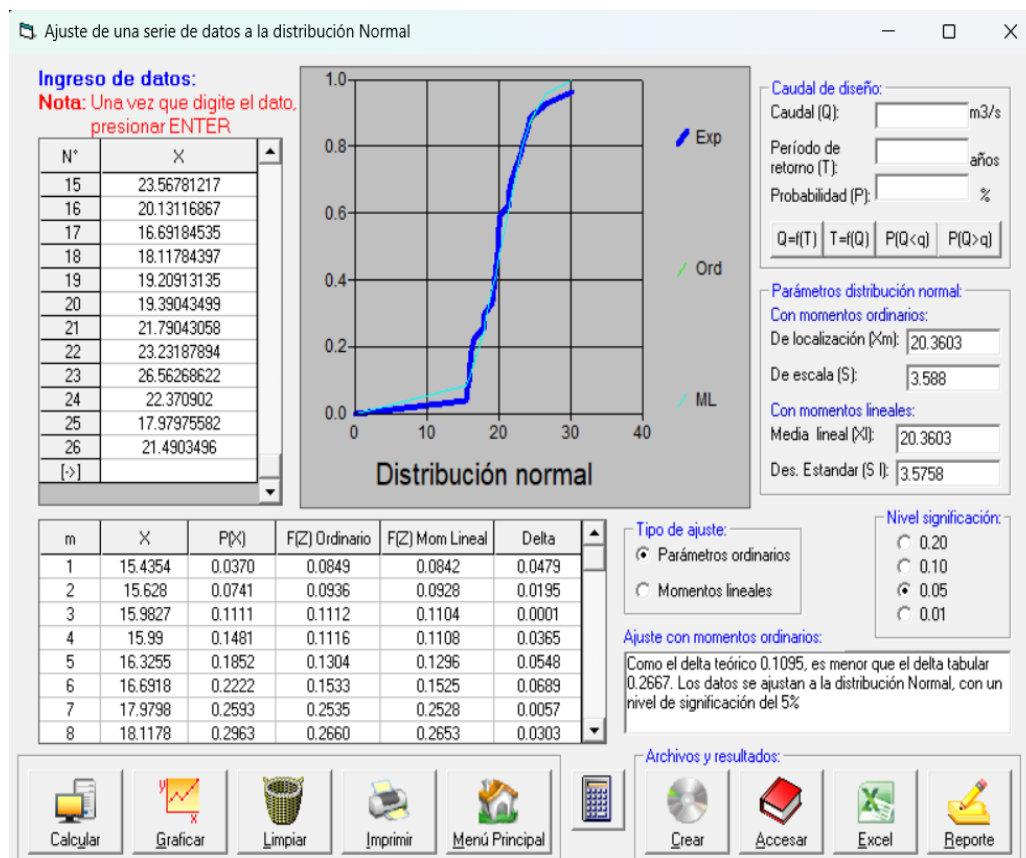
Nota. Registro de precipitaciones analizados por doble masa.

En la figura se presenta de manera similar que el proceso anterior se determinaron los valores de precipitaciones máximas anuales acumuladas con la finalidad de elaborar un análisis de doble masa, de la cual se pudo determinar que la curva que corresponde al centroide de la cuenca (color amarillo) presenta una pendiente casi continua teniendo menos quiebres que las estaciones que fueron tomadas para su elaboración, con ello se pudo determinar que los valores aplicados para la investigación se encuentran entre los rangos aceptables para iniciar con el análisis estadístico.

Con los valores de la estación simulada en el centroide de la cuenca se elaboraron un procedimiento estadístico con la finalidad de proyectar los valores de precipitación máxima en 24hrs a fin de estimar las intensidades y por consiguiente determinar los caudales en diferentes periodos de retorno.

Figura 30

Análisis de los valores en distribución Normal



Nota. Análisis de distribución software HIDROESTA.

En la figura se presentan los valores máximos anuales determinados de la estación ubicada en el centroide fueron aplicados a una prueba de distribución y verificación Kolmogorov – Smirnov, con la cual se pudo determinar cuál de las distribuciones es la que mejor se ajuste a la serie de datos a partir de una comparación del delta teórico. Como se puede observar en la figura para una distribución normal la serie de datos tiene un valor de delta teórico de 0.1095, dicho proceso se estimó para un total de 08 distribuciones con la finalidad de obtener la distribución óptima para la serie de datos.

Tabla 28*Prueba de Kolmogorov – Smirnov*

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN / PRUEBA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV		
DISTRIBUCIÓN	DELTA TEÓRICO	DELTA PRÁCTICO
NORMAL	0.1095	0.2667
LOG-NORMAL 2 PARÁMETROS	0.0817	0.2667
LOG-NORMAL 3 PARÁMETROS	0.1115	0.2667
GAMMA 2 PARÁMETROS	0.0878	0.2667
GAMMA 3 PARÁMETROS	0.08624	0.2667
LOG-PEARSON TIPO III	0.08537	0.2667
GUMBEL	0.0977	0.2667
LOG-GUMBEL	0.1249	0.2667
DISTRIBUCIÓN QUE MEJOR SE AJUSTA	0.0817	LOG-NORMAL 2 PARÁMETROS

Nota. Identificación de las distribuciones que mejor se ajuste a la muestra.

En la tabla se pudo identificar que la serie de datos presentó los siguientes valores de delta teórico 0.1095, 0.0817, 0.1115, 0.0878, 0.08624, 0.08537, 0.0977 y 0.1249 para las distribuciones Normal, Log-Normal 2P, Log-Normal 3P, Gamma 2P, Gamma 3P, Log-Pearson TIII, Gumbel y Log-Gumbel respectivamente, de dichos valores el menor delta es el que corresponde a la distribución Log-Normal 2P siendo esta distribución la que mejor se ajusta a los datos obtenidos de precipitación máxima en 24hrs.

Tabla 29*Estimación de precipitaciones en diferentes periodos de retorno*

ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS	
PERIODO DE RETORNO	PP (mm)
2	20.07
5	23.18
10	24.99
25	27.08
50	28.52
100	29.88
105	29.97
500	32.84
1000	34.05
10000	37.91

Nota. Proyecciones de valores de precipitación en diferentes periodos de retorno.

En la tabla se muestra la serie de distribución con un mejor ajuste a la serie de datos muestral de lluvias se estimaron los valores de precipitación

máxima para diferentes periodos de retorno los cuales fueron de 20.07, 23.18, 24.99, 27.08, 28.52, 29.88, 29.97, 32.84, 34.05 y 37.91 mm para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 105, 500, 1000 y 10000 años respectivamente.

Tabla 30

Valores de lluvias reajustadas

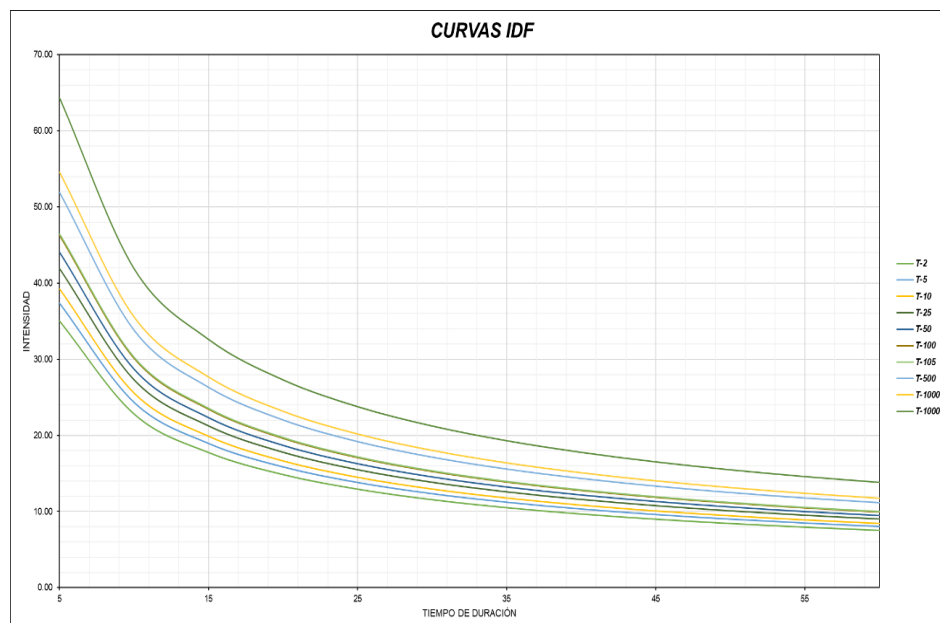
AÑOS	LLUVIAS ESTIMADAS		
	PP (mm)	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PP AJUSTADA (1.13)
2	20.07 mm	0.50000	22.68 mm
5	23.18 mm	0.80000	26.19 mm
10	24.99 mm	0.90000	28.24 mm
25	27.08 mm	0.96000	30.60 mm
50	28.52 mm	0.98000	32.23 mm
100	29.88 mm	0.99000	33.76 mm
105	29.97 mm	0.99048	33.87 mm
500	32.84 mm	0.99800	37.11 mm
1000	34.05 mm	0.99900	38.48 mm
10000	37.91 mm	0.99990	42.84 mm

Nota. Estimación de precipitaciones ajustadas.

En la tabla se presentan los valores de precipitación estimados en la tabla anterior fueron reajustados de acuerdo con el Manual de Meteorología e Hidrología de la OMM, en ella se establece que para los valores de lluvia estimados se le aplique un valor de reajuste de 1.13 y a partir de ello determinar las curvas de intensidad, duración y frecuencia.

Figura 31

Curva IDF para la cuenca del río Huertas



Nota. Elaboración de curvas IDF para la cuenca.

En la figura se muestra la identificación de las precipitaciones de diseño para los diferentes periodos de retorno tomados en cuenta en la investigación se pudo determinar las curvas IDF con la cuales se puedan determinar las intensidades de precipitación para diferentes periodos de retorno en instantes diferentes de una tormenta, dichas curvas sirvieron de base para la identificación de las intensidades por bloques alternos.

Tabla 31

Tormenta de diseño para un PR de 10 años

INS T (min)	INT (mm/h)	LLUVIA ACUMUL ADA (mm)	VARI ACIÓ N	INT PARCIA L (mm/h)	LLUVIA ALTER NADA (mm)	ImPa ALTERNAD A (mm)	LLUVIA ACUM (mm)
20	16.659	5.553	5.553	16.659	0.374	1.122	0.374
40	10.850	7.234	1.680	5.041	0.405	1.215	0.779
60	8.443	8.443	1.210	3.629	0.444	1.332	1.223
80	7.067	9.423	0.979	2.938	0.495	1.484	1.718
100	6.156	10.260	0.837	2.511	0.564	1.692	2.282
120	5.499	10.999	0.739	2.217	0.666	1.998	2.948
140	4.999	11.665	0.666	1.998	0.837	2.511	3.785
160	4.603	12.274	0.609	1.828	1.210	3.629	4.995
180	4.279	12.838	0.564	1.692	5.553	16.659	10.548
200	4.009	13.365	0.526	1.579	1.680	5.041	12.229
220	3.780	13.859	0.495	1.484	0.979	2.938	13.208
240	3.582	14.327	0.468	1.403	0.739	2.217	13.947
260	3.409	14.771	0.444	1.332	0.609	1.828	14.556
280	3.256	15.195	0.423	1.270	0.526	1.579	15.083
300	3.120	15.600	0.405	1.215	0.468	1.403	15.550
320	2.998	15.989	0.389	1.166	0.423	1.270	15.974

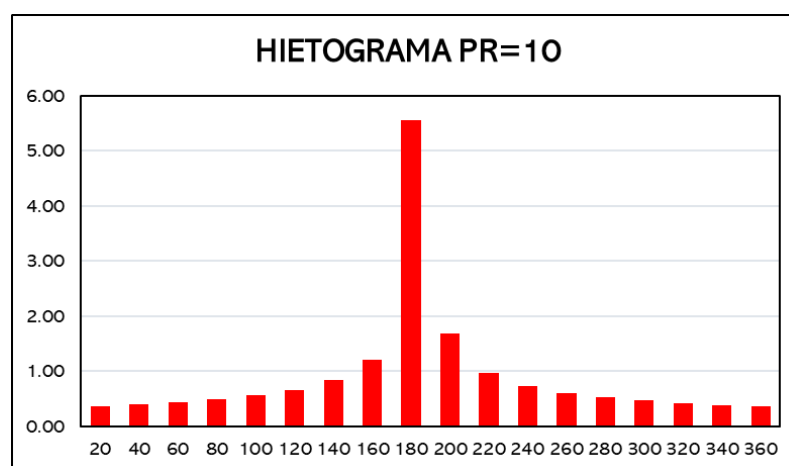
340	2.888	16.363	0.374	1.122	0.389	1.166	16.363
360	2.787	16.723	0.361	1.082	0.361	1.082	16.723

Nota. Estimación de intensidades de diseño.

En la tabla se estimó con la intersección de las curvas IDF determinadas para la cuenca del río Huertas se pudo determinar que la intensidad de precipitación para un periodo de 6 horas o 360 minutos la lluvia pico será de 5.553 mm en un instante de 180 min, con dicha distribución se logró elaborar el planteamiento de intensidades por la metodología del bloque alterno.

Figura 32

Intensidades para un PR de 10 años



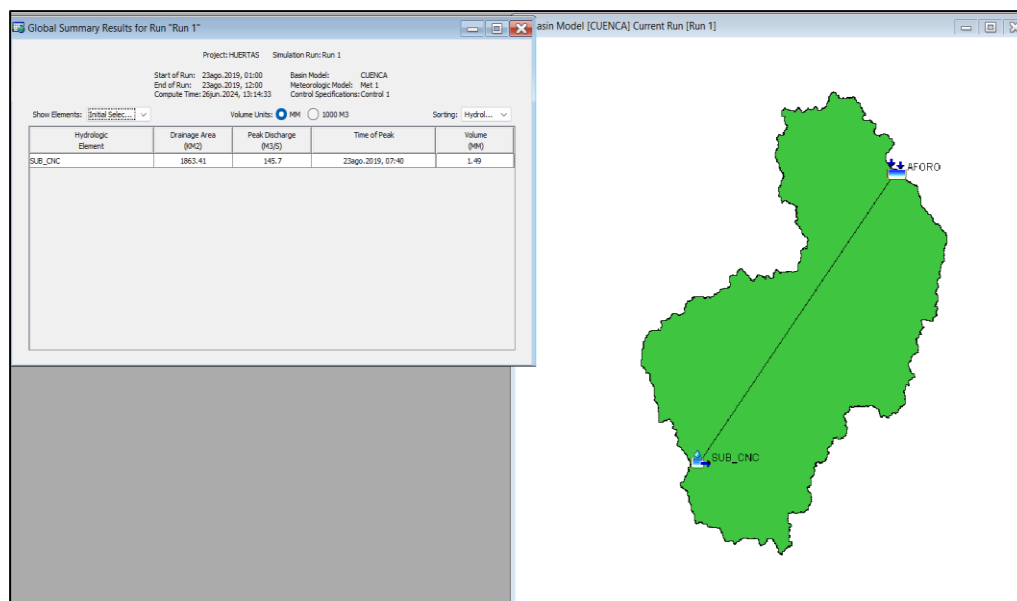
Nota. Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años.

En la figura se muestra la evidencia en la tabla anterior la intensidad máxima de precipitación para la tormenta de diseño de 10 años se dio en 180 minutos de desarrollado la tormenta que comprende 360 minutos, el valor pico estimado es de 5.553 mm.

El modelo de intensidades por bloque alterno fue desarrollado para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años, los cuales fueron de nuestro interés para el diseño de los muros de defensa ribereña del río Huertas, los resultados obtenidos para cada uno de los diferentes periodos de retorno se encuentran anexados en la parte final de la presente investigación.

Figura 33

Modelo Hec-HMS del río Huertas



Nota. Estimación de valores de caudal HEC-HMS.

En la figura se evidencia que con la información cartográfica, geométrica y morfológica de la cuenca se logró elaborar un modelo hidrológico para la estimación de caudales en el software HEC-HMS, para la presente cuenca se consideró aplicar el método del número de curva ya que es el que mejor se ajusta a cuencas del país, a partir de ello se estimó que para un periodo de retorno de 10 años el valor del caudal es de 145.70 m³/s.

Tabla 32

Caudales estimados para la cuenca del río Huertas

CAUDAL DE DISEÑO	
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS
10	145.70 m ³ /s
25	155.50 m ³ /s
50	163.50 m ³ /s
100	172.30 m ³ /s
500	198.80 m ³ /s

Nota. Valores de caudal determinados.

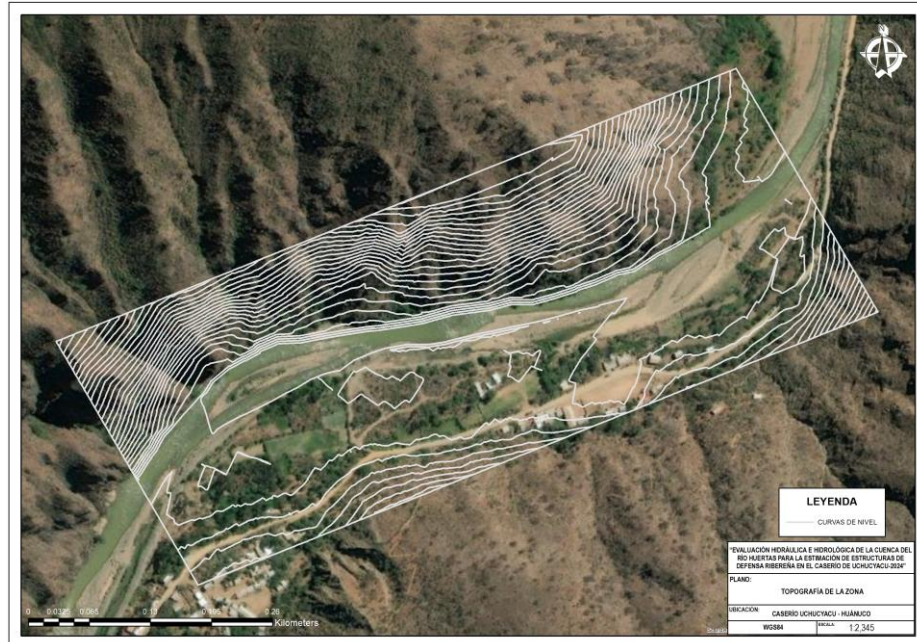
Del modelo ejecutado en el software Hec-HMS se pudo obtener los siguientes valores de caudal 145.70, 155.50, 163.50, 172.30 y 198.80 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente.

Para el modelo hidráulico se hizo uso del software Hec-RAS, para lo cual se tuvo que identificar la zona en específico en donde se hizo el aforo

de la cuenca, para ello se obtuvieron las curvas de nivel de la zona de interés.

Figura 34

Área de investigación

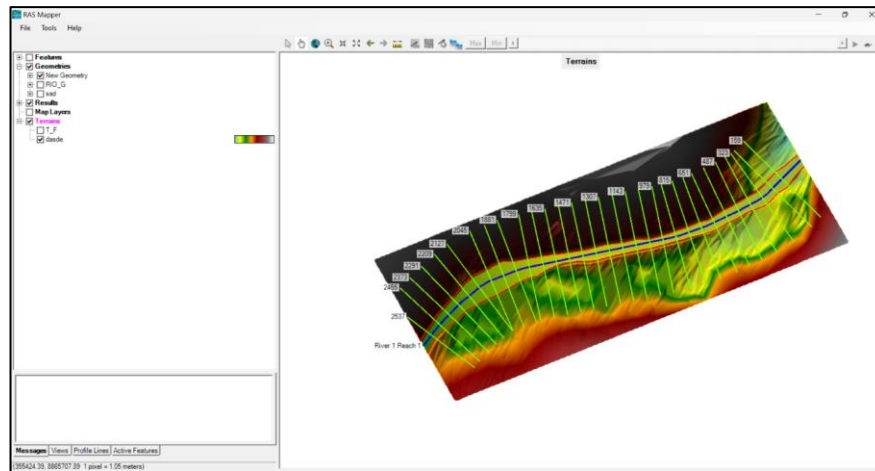


Nota. Identificación de curvas de nivel de zona de interés.

Del tramo de cauce de interés se identificó las curvas de nivel a partir de un levantamiento topográfico realizado en la zona con la finalidad de determinar los niveles que comprende el río Huertas en el tramo que corresponde a la localidad de Uchucyacu, dicho modelo de curvas fue exportado como un modelo digital para la determinación de las zonas de inundación en las fajas marginales del río, de la topografía también se pudo observar que en el margen izquierdo del río se encuentra las faldas de un cerro con lo cual en el modelo de inundación no debe llegar hasta esta zona por la elevada topografía que lo comprende.

Figura 35

Modelo Hec-RAS



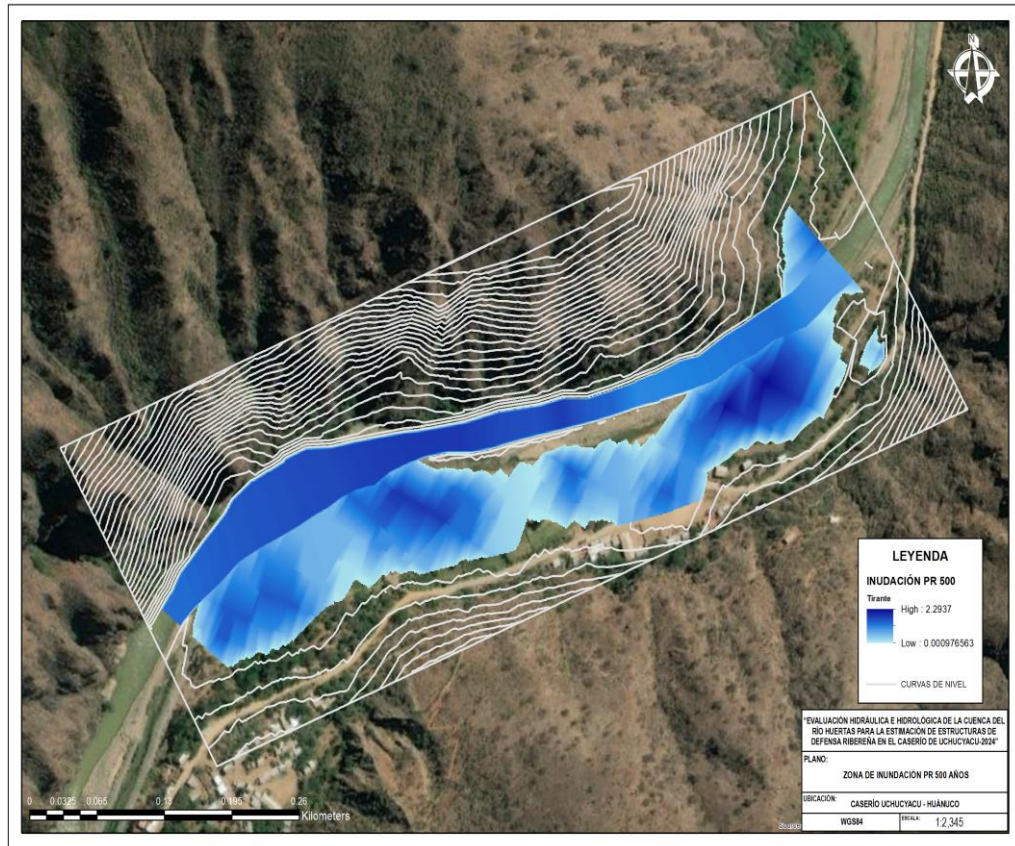
Nota. Interfaz de aplicación de software HEC-RAS.

Para la elaboración del modelo de inundación se requirió de la identificación tanto de los límites marginales del río como del eje principal del cauce, así como las líneas de muestra que van a ser analizadas en el programa, para la investigación se tomaron en cuenta en total 30 secciones transversales cada una a 20 metros una de otra con la finalidad de tener la mayor precisión en cuanto a las áreas de inundación.

El modelo RAS requiere del ingreso de los caudales estimados en el software Hec-HMS, dicho valor al ser ingresado junto con la topografía de la zona se pudo determinar las áreas de inundación a partir de una simulación en 2 dimensiones.

Figura 36

Zonas de inundación para un PR de 500 años



Nota. Zonas de inundación PR 500 años.

Con el modelo de inundación ejecutado en la zona de interés se pudo determinar que para un periodo de retorno de 500 años y con un caudal de 198.80 m³/s los tirantes hidráulicos del río Huertas se estiman en 2.29 m de altura.

Tabla 33*Áreas de inundación para diferentes periodos de retorno*

ÁREAS DE INUNDACIÓN	
TIEMPO DE RETORNO	DATOS ARCGIS
10	31.50 ha
25	38.89 ha
50	41.50 ha
100	43.79 ha
500	48.99 ha

Nota. Estimación de las áreas de inundación para el cauce.

Con la ejecución del modelo de inundación Hec-RAS se pudo determinar que las áreas de inundación van de 31.50, 38.89, 41.50, 43.79 y 48.99 hectáreas para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente.

El modelo de simulación hidráulica para las inundaciones se elaboró para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500, la información cartográfica para cada uno de los periodos de retorno considerados se anexaron en la parte final de este informe, obtenidos los tirantes y valores de caudal para cada uno de los casos proyectados se inició con el diseño de la estructura de defensa ribereña más adecuada para la zona de impacto, del caso más crítico se puede observar que el margen derecho del río presenta un mayor desborde del río, mientras que el margen izquierdo del río solo en la parte final requiere de un control por inundaciones.

4.1.3 De la estimación de dimensiones de la defensa ribereña

Con los valores de caudal y la identificación de los tirantes para cada uno de los periodos de retorno analizados se ejecutó un diseño en el software RIVER teniendo como caso de diseño el más crítico que corresponde a un periodo de retorno de 500 años.

Figura 37

Ingreso de datos en el software RIVER

PROYECTO: STRUCTURAS DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL CASERÍO DE UCHUCYACU-2024

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retorno	Pendiente
198.80	500	0.00500

Ancho Estable del Cauze (B)

Recomendacion Practica	54.12
Metodo de Petts	83.38
Metodo de Simons y Henderson	54.46
Metodo de Blench y Altman	96.13
Metodo de Manning y Stickler	68.33

Seccion Teorica del Cauze

Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
1.85	76.56	1.50
Area (A)	Perimetro	B. Libre (Bl)
136.87	77.69	0.55
Velocidad	N° Froude	Rugosidad
2.579	0.604	0.0400

Dimensiones del Dique

Forma Dique: ☒ Recto ☐ Curva

Tipo de Suelo: ☒ No Cohesivo ☐ Cohesivo

Dm (mm): 2.00

Radio Curva:

Metodo de U. List Van Levedev

Dique en Recta: Tirante de Socavacion (m): 0.00

Dique en Curva:

Profundidad de Socavacion (m): 0.00

Altura de Uña: 0.00

Altura de Dique: 2.40

Altura Total (m): 2.40

Diseño Preliminar Sugerido

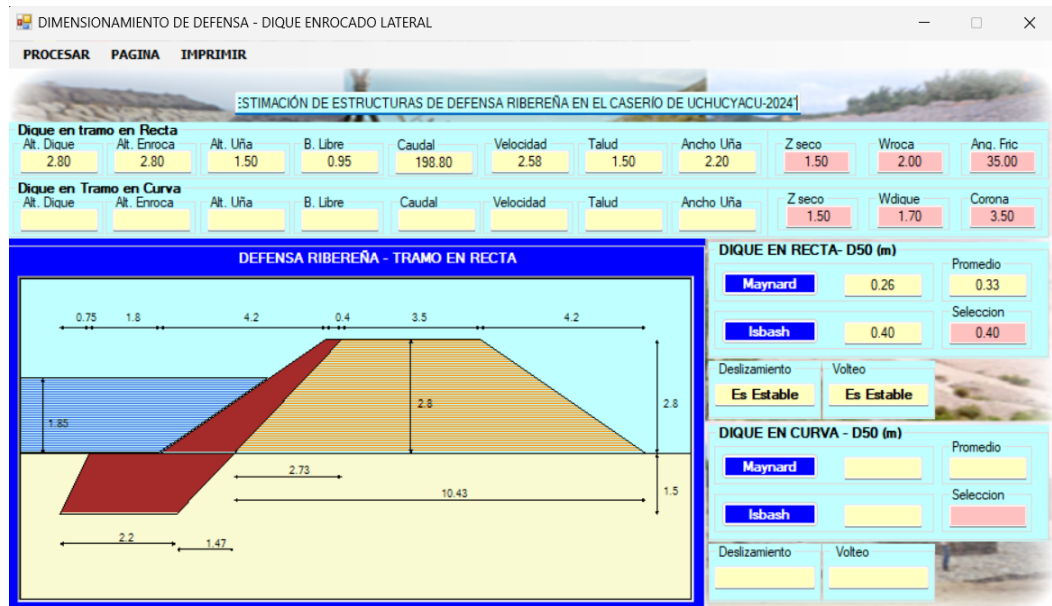
	D.Recto	D.Curva
Ancho Corona (m)	3.50	
Altura Dique (m)	2.80	
Altura Enrocado	2.80	
Altura Uña (m)	1.50	
Ancho de Uña (m)	2.20	
Altura Total (m)	4.30	

Nota. Determinación de los valores de diseño para el dique.

Del modelo topográfico de la zona de interés se pudo identificar que la pendiente predominante en ese tramo del río es de 0.005, teniendo en cuenta el caudal de 198.80 m³/s el cual corresponde a los 500 años de periodo de retorno se hizo un predimensionamiento del ancho estable del río por diferentes metodologías, del cual se estimó un promedio de 71 m, el diseño del talud de la defensa lateral se estimó en 1.50, en la identificación de la zona más afectada son generalmente tramos rectos en donde no hay curvas pronunciadas con lo cual se estimó que la defensa ribereña presente una dimensión de 3.50 m de corona con una altura de 2.80 m, una profundidad de uña de 1.50 m con un ancho de 2.00 m teniendo así una altura total de dique de 4.30 m.

Figura 38

Diseño final de defensa ribereña

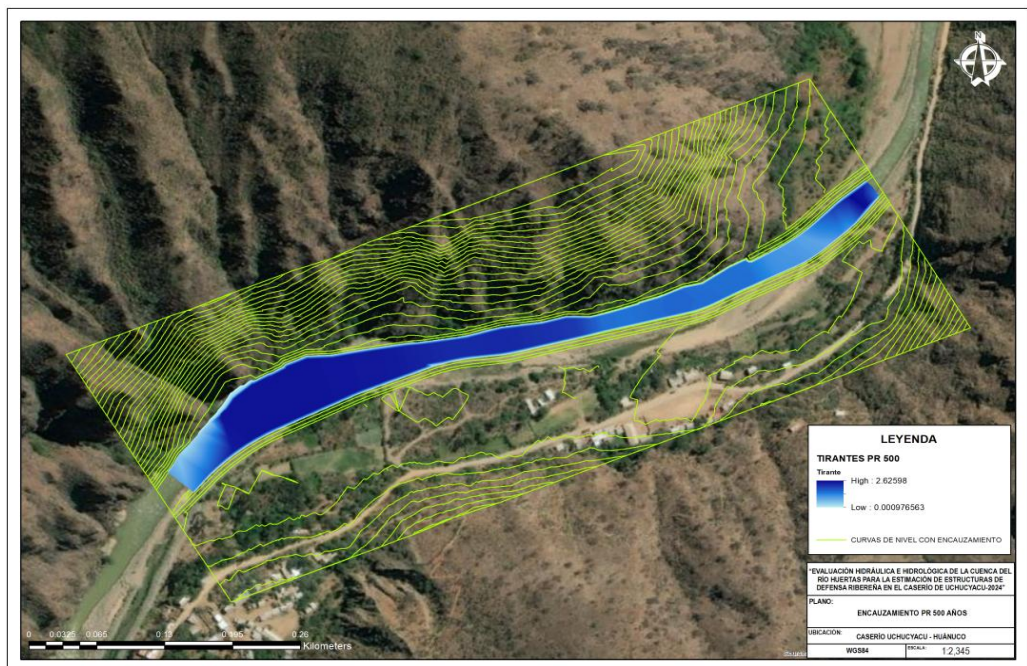


Nota. Valores de dimensión del dique de protección.

A partir del predimensionamiento se pudo calcular las dimensiones finales del dique de encauzamiento, teniendo una altura de 2.80 m de alto, un ancho de base de dique de 10.43 m en total, una corona de 3.50 m, una profundidad de una de 1.50 m, talud de 1.50 y un ancho de uña de 2.20 m.

Figura 39

Cartografía con la inclusión de los diques de protección



Nota. Zonas de inundación con dique de encauzamiento.

Nota. Con la inclusión de los diques de protección en los cauces del río Huertas en la localidad de Uchucyacu se pudo identificar que el tirante más crítico se da de 2.62 m de altura, pero la defensa ribereña diseñada presenta una altitud de 2.80 m con lo cual se asegura que los niveles del agua no sobrepasen a las estructuras en al menos 500 años.

La verificación se realizó para cada uno de los periodos de retorno planteados en la investigación, solo como referencia se colocó en este apartado en el caso más crítico.

4.2 CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1 HIPÓTESIS GENERAL

H_g: A partir de la evaluación hidráulica e hidrológica se pueden estimar de manera óptima las dimensiones de una defensa ribereña en el río Huertas.

En la investigación realizada partiendo de la caracterización geomorfológica de la cuenca se lograron identificar parámetros con los cuales se pueda elaborar un modelo estimado de hidrología en la zona, a ello se le incluyeron registros pluviométricos obtenidos del SENAMHI y con el procesamiento de información en el software Hec-HMS se pudo calcular los siguientes resultados:

Tabla 34

Caudales estimados para la cuenca del río Huertas

CAUDAL DE DISEÑO	
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS
10	145.70 m ³ /s
25	155.50 m ³ /s
50	163.50 m ³ /s
100	172.30 m ³ /s
500	198.80 m ³ /s

Nota. En la tabla se presentan los valores de caudal estimado en diferentes periodos de retorno.

Con el modelo se pudo obtener los siguientes valores de caudal 145.70, 155.50, 163.50, 172.30 y 198.80 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente.

Obtenidos los valores de caudal en diferentes periodos de retorno se elaboró un modelo de simulación en 02 dimensiones con la finalidad de identificar las zonas críticas de inundación y a partir de ello identificar en que zonas se requiere de una estructura de defensa ribereña.

Tabla 35

Áreas de inundación para diferentes periodos de retorno

ÁREAS DE INUNDACIÓN	
TIEMPO DE RETORNO	DATOS ARCGIS
10	31.50 ha
25	38.89 ha
50	41.50 ha
100	43.79 ha
500	48.99 ha

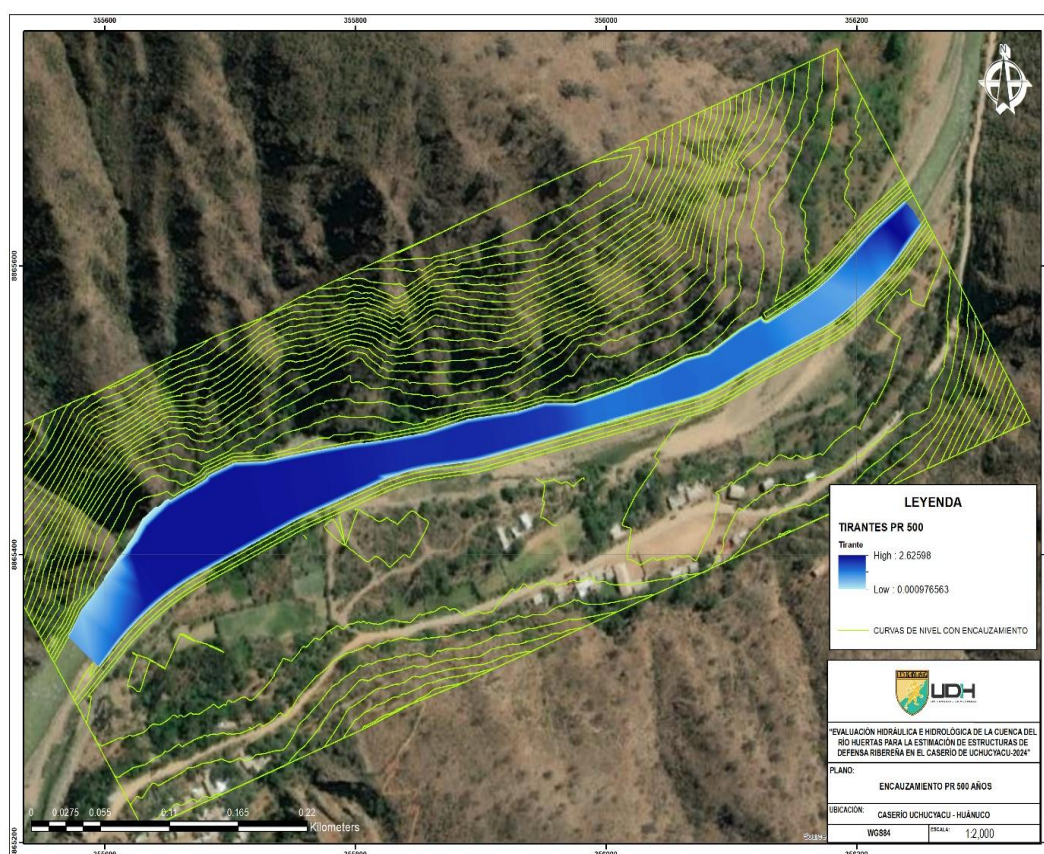
Nota. En la tabla se presentan los valores de áreas de inundación estimado en diferentes periodos de retorno.

Con la ejecución del modelo de inundación Hec-RAS se pudo determinar que las áreas de inundación van de 31.50, 38.89, 41.50, 43.79 y 48.99 hectáreas para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente.

Los valores de inundación y tirantes estimados en el software Hec-RAS sirvieron de base para el diseño de las estructuras de defensa ribereña la cual finalmente fue ingresado nuevamente en el software Hec-RAS con la finalidad de verificar el adecuado comportamiento de las estructuras planteadas con lo cual se pudo determinar lo siguiente:

Figura 40

Cartografía con la inclusión de los diques de protección



Nota. Zonas de inundación con dique de encauzamiento.

Con la inclusión de los diques de protección en los cauces del río Huertas en la localidad de Uchucyacu se pudo identificar que el tirante más crítico se da de 2.62 m de altura, pero la defensa ribereña diseñada

presenta una altitud de 2.80 m con lo cual se asegura que los niveles del agua no sobrepasen a las estructuras en al menos 500 años.

Con los resultados obtenidos se pudo demostrar que la hipótesis es verdadera ya que al elaborar un modelo de evaluación hidrológico e hidráulico se lograron calcular de manera adecuada las dimensiones de la defensa ribereña y finalmente pudo ser verificado en el software de simulación de inundaciones.

4.2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

He1: Los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu presentan valores característicos que reflejan un alto riesgo de inundación.

Tabla 36

Coefficientes de caracterización geométrica y morfológica

COEFICIENTES GEOMÉTRICOS Y MORFOLÓGICOS		
ÍTEM	=>	VALOR
FACTOR DE FORMA	=>	0.71
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	=>	2.31
LADO MAYOR DE RECTÁNGULO EQUIVALENTE	=>	166.50 km
LADO MENOR DE RECTÁNGULO EQUIVALENTE	=>	11.19 km
DENSIDAD DE DRENAJE	=>	0.52 u/km ²
ÍNDICE DE PENDIENTE	=>	0.22

Nota. Estimación de los valores de factor de forma para la cuenca.

Con los valores determinados y presentado en la tabla anterior se pudo demostrar que la cuenca presenta una forma alargada, con valor de compacidad que lo caracteriza como alargado en su recorrido, el valor de la densidad de drenaje demuestra que presenta una baja capacidad de transporte generando caudales elevados en los cauces aportantes, el valor del índice de pendiente caracteriza que la cuenca presenta pendientes suaves siendo más fácil que los cauces se desborden de sus límites naturales.

He2: Los valores de caudal correspondientes a los diferentes periodos de retorno, incrementan significativamente el riesgo de inundación en el caserío de Uchucyacu.

Tabla 37

Caudales estimados para la cuenca del río Huertas

CAUDAL DE DISEÑO	
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS
10	145.70 m ³ /s
25	155.50 m ³ /s
50	163.50 m ³ /s
100	172.30 m ³ /s
500	198.80 m ³ /s

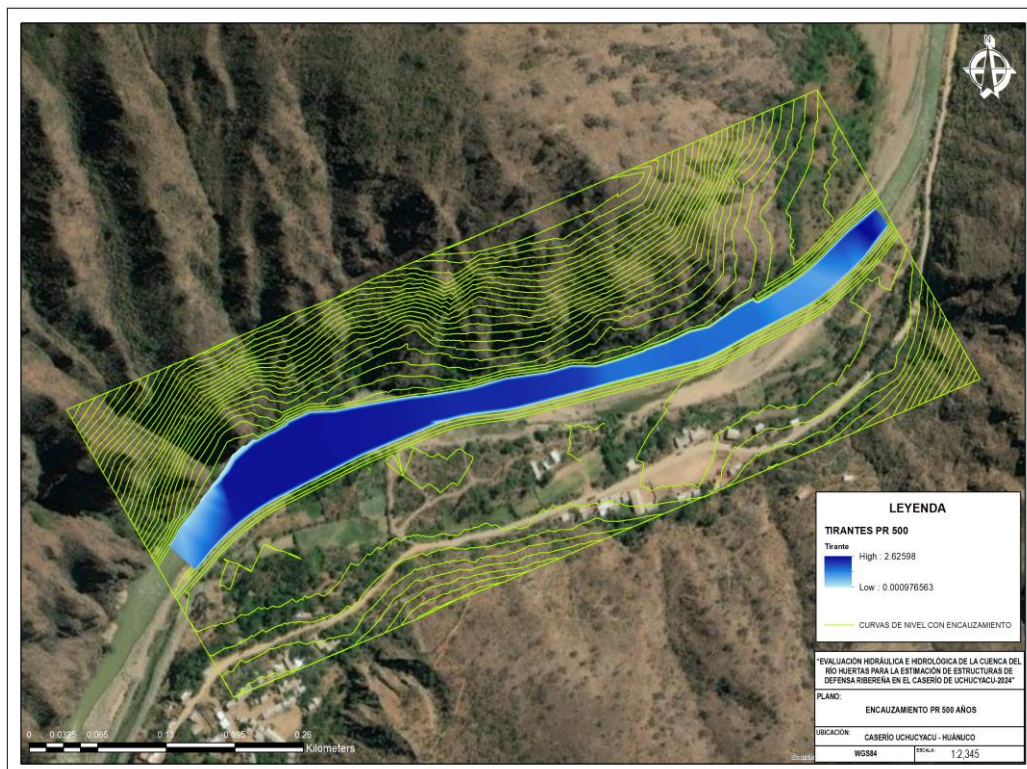
Nota. Valores de caudal determinados.

De los valores de caudal se pudo identificar que a medida que los valores de caudal se incrementan las áreas de inundación se incrementarán debido a que se superan los valores de capacidad de transporte del río principal.

He3: Las dimensiones adecuadas de las defensas ribereñas en el río Huertas deben ajustarse a los caudales máximos esperados en los periodos de retorno y a las características geomorfológicas de la cuenca.

Figura 41

Cartografía con la inclusión de los diques de protección



Nota. Zonas de inundación con dique de encauzamiento.

Del modelo de simulación de inundaciones se pudo determinar que el correcto diseño de la defensa ribereña mejora el comportamiento de los desbordes del río, con lo cual se valida la hipótesis alternativa.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para Rios (2022), determina que para la actualidad la estimación del caudal fue de 619 m³/s, siendo así se pudo estimar que para un periodo de retorno de 140 el valor de caudal fue de 1485 m³/s dicho valor sirvió de base para el diseño de las estructuras de defensa ribereña. Los valores de profundidad de socavación para un periodo de retorno de 500 años la profundidad estimada fue de 0.40 m, con fines de logros de encauzamiento se tomó como profundidad de 1.00 m para los diseños estructurales. Para el planteamiento del diseño de encauzamiento con diques se pudo estimar que el ancho de base es de 20 m con una altura de 5.30 m y el ancho de la corona es de 4 m la cual facilite el acceso a los vehículos y maquinarias para obras civiles. Para el diseño del encauzamiento con enrocado se planteó un ancho de base de 4 m, con un valor de altura aproximada de 4.50 m, el valor de la socavación tener en cuenta de 1 m de profundidad el cual sirvió de base para el enrocado. En la presente investigación se pudo determinar que el valor de caudal para un periodo de retorno de 100 años es de 172.30 m³/s, en la investigación de referencia se obtuvo para 140 años un valor de 1485 m³/s. Los valores como se observan son por lejos diferentes en valores, ya que para un periodo de 140 años en la presente investigación los valores de caudal no se asemejarían a lo estimado por la tesis de referencia, esto se explica a partir de la identificación de parámetros geomorfológicos para cada una de las cuencas tomadas en cuenta, en la tesis de investigación se pudo identificar que la superficie de la cuenca es mayor al que se conforma en el río Huertas, adicionalmente a ello se pudo elaborar un análisis de las estaciones tomadas en cuenta y los valores de registro ya que en la tesis de referencia los valores pluviométricos son altos en comparación con los de las estaciones tomadas en cuenta para la presente investigación. En la presente investigación se diseñó una estructura tipo dique para la cual se estimó que la altura adecuada para el diseño sería de 2.80 m con una protección de 0.40 m de ancho, dicha protección se estimó con una base de 2.20 m con una altura de uña de 1.50 m, en comparación con la tesis de referencia se diseñó una altura de 4.50 m , esto pues en relación con las diferencias de los caudales estimados en

ambas investigaciones ya que para un mayor caudal en un menor periodo de retorno se presentan mayores tirantes hidráulicos a controlar, los valores de base y estabilidad están ligados directamente con los valores de altura de lámina de agua, debido a ello la presente investigación dimensiona un dique con menores dimensiones ya que el tirante máximo identificado en la zona es de 2.62 m siendo este menor a la altura del dique propuesto.

Según Ramos (2019), los valores estimados de caudal máximo fueron significativamente superiores: 305.8, 637.7, 1007, 1415.9, 1565.6, 2083.6 y 2702.6 m³/s para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años respectivamente. Estos valores indican un potencial de inundación considerablemente alto en la zona estudiada según los análisis previos. En contraste, los valores de caudal obtenidos en la presente investigación fueron notablemente menores: 145.70, 155.50, 163.50, 172.30 y 198.80 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente. Esta diferencia podría explicarse por las variaciones en las condiciones de precipitación entre la zona de estudio y la de referencia, como indican los registros del SENAMHI. Además, la pendiente del cauce del río Huertas en el tramo de la zona de Uchucyacu se calculó en 0.005 m/m en la presente investigación. Este valor es considerablemente inferior al estimado en la tesis de referencia, que reportó una pendiente de 0.01 m/m. La determinación más precisa de la pendiente en este estudio se logró mediante un modelo topográfico detallado, lo cual permitió un alineamiento más exacto del cauce y una mejor estimación de los valores de pendiente. Estas discrepancias subrayan la importancia de considerar las condiciones locales específicas al evaluar los riesgos de inundación y diseñar medidas de mitigación adecuadas. La aplicación de métodos avanzados de modelación hidráulica y topográfica ha proporcionado una comprensión más precisa de la dinámica hidrológica en la cuenca del río Huertas, destacando la necesidad de estrategias de gestión del agua adaptadas a las características específicas de cada región.

CONCLUSIONES

Se identificaron los valores geométricos y morfométricos de la cuenca del río Huertas. El factor de forma de la cuenca es 0.71 y el coeficiente de compacidad es 2.31. El rectángulo equivalente tiene lados de 166.50 km y 11.19 km. La densidad de drenaje es 0.52 u/km^2 y el índice de pendiente es 0.22.

La cuenca del río Huertas abarca una superficie de 1863.41 km^2 y un perímetro de 355.38 km. El ancho de la cuenca es 40.32 km y el largo en dirección del río principal es 56.46 km. Las coordenadas del centroide de la cuenca son 336675.73E y 8843609.70N, con una elevación de 4209.13 msnm. La altura media es 4171 msnm y la cota de frecuencia media es 4065.15 msnm. La cuenca presenta una pendiente de 6.63%, el río principal tiene una longitud de 54.46 km y la longitud total de los ríos es 973.22 km, con una pendiente promedio de 15.32%.

Utilizando el modelo del software Hec-HMS, se obtuvieron los siguientes valores de caudal para los periodos de retorno: $145.70 \text{ m}^3/\text{s}$ para 10 años, $155.50 \text{ m}^3/\text{s}$ para 25 años, $163.50 \text{ m}^3/\text{s}$ para 50 años, $172.30 \text{ m}^3/\text{s}$ para 100 años y $198.80 \text{ m}^3/\text{s}$ para 500 años.

A partir del predimensionamiento, se calcularon las dimensiones finales del dique de encauzamiento. La altura del dique es 2.80 m, el ancho de base total es 10.43 m, la corona es 3.50 m, la profundidad de la uña es 1.50 m, el talud es 1.50 y el ancho de la uña es 2.20 m.

RECOMENDACIONES

Implementar un programa de monitoreo continuo de los parámetros geomorfológicos y morfométricos para anticipar y mitigar posibles cambios que puedan afectar la dinámica del río y la cuenca.

Desarrollar un plan integral de manejo de la cuenca que incluya medidas de conservación y uso sostenible del suelo y los recursos hídricos, basado en los datos topográficos y morfométricos obtenidos.

Utilizar los valores de caudal estimados para diseñar y dimensionar adecuadamente las infraestructuras hidráulicas y de defensa ribereña, garantizando su capacidad de manejo ante eventos de alta recurrencia y extremas condiciones climáticas.

Realizar estudios geotécnicos adicionales y simulaciones hidrodinámicas para validar y optimizar el diseño del dique de encauzamiento, asegurando su estabilidad y efectividad en la protección contra inundaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berrospi, A. (2021). *Propuesta de construcción de defensa ribereña para inundaciones en el centro poblado Los Laureles, Distrito de Catillo Grande, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco*. Universidad de Huánuco.
- Cajaleón, K. (2022). *Análisis de la vulnerabilidad sociambiental ante la ocurrencia de inundación en el área de influencia del centro poblado de Yanag, Distrito de Pillco Marca, Huánuco*. Universidad de Huánuco.
- Chereque, W. (2002). *Hidrología, para estudiantes de ingeniería civil*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- García, A. (2022). *Diseño de un dique y mitigación de daños mediante modelación hidráulica en la quebrada del Diablo, Tacna*. Universidad Privada de Tacna.
- Gómez, J. (2021). *Modelación de un sistema para el control de inundaciones, en la planicie aluvial del río Lodana, Manabí - Ecuador*. Ciencias Técnicas y Aplicadas.
- Gutiérrez, C. (2014). *Hidrología básica y aplicada*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL.
- Maidment, D. (1994). *Hidrología aplicada*. McGRAW-HILL.
- MTC. (2020). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. MTC.
- Plazas, M. (2020). *Modelo de inundación para las microcuencas hidrológicas La Negreña y La Naranjera en el municipio del Playón, Santader*. Universidad Industrial de Santader.
- Ramos, J. (2019). *Identificación de zonas con riesgo a inundación por máximas avenidas probables del río Majes en el tramo Dique-Punta Colorada*. Universidad Peruana Unión.
- Rentschler, J. (2020). *En todo el mundo, 1470 millones de personas enfrentan riesgos de inundaciones: para más de un tercio de ellas, los efectos podrían ser devastadores*. Obtenido de Banco Mundial: <https://blogs.worldbank.org/es/datos/en-todo-el-mundo-1470-millones-de-personas-enfrentan-riesgos-de-inundaciones>

- Rios, Y. (2022). *Obras de protección ribereña y control de inundación del río Mantaro, tramo barrio Mantaro, distrito de Huayucachi - Huancayo*. Universidad Continental.
- Saromo, J. (2022). *Diseño de defensas ribereñas para el modelamiento hidráulico del Río Bella, localidad de Bella, Huánuco*. Universidad de Huánuco.
- Terán, R. (1998). *Diseño y Construcción de defensas ribereñas*. Escuela superior de administración de aguas.
- Tovar, J. (2020). *Caracterización del cambio en la regulación hídrica y la oferta potencial de servicios ecosistémicos, asociado al abastecimiento de infraestructura hidráulica. Caso de estudio: Complejo de humedales de Ayapel*. Universidad de Antioquia}.
- UNDRR. (2023). *Panorama de los desastres en América Latina y El Caribe*. ONU.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. MaxSoft.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ccosi Espinoza, F. W. (2025). Evaluación hidráulica e hidrológica de la cuenca del río Huertas para la estimación de estructuras de defensa ribereña en el caserío de Uchucyacu – 2024 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Técnica
¿Cómo influyen la hidráulica e hidrología de la cuenca del río Huertas en el planteamiento de defensas ribereñas en el caserío de Uchucyacu?	Evaluar hidráulica e hidrológicamente a la cuenca del río Huertas para el planteamiento de defensas ribereñas en el caserío de Uchucyacu.	Hg: A partir de la evaluación hidráulica e hidrológica se pueden estimar de manera óptima las dimensiones de una defensa ribereña en el río Huertas.	- Modelos Hidráulicos 1D y 2D - Software GIS (Sistemas de Información Geográfica)
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	
¿Qué valores de parámetros geomorfológicos componen a la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu?	Calcular los parámetros geomorfológicos que componen a la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu.	He1: Los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu presentan valores característicos que reflejan un alto riesgo de inundación.	- Programas de Simulación Hidráulica - Herramientas de Análisis Estadístico
¿De qué manera afectan los valores de caudal para diferentes periodos de retorno para la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu?	Estimar los valores de caudal para diferentes periodos de retorno para la cuenca del río Huertas en el caserío de Uchucyacu.	He2: Los valores de caudal correspondientes a los diferentes periodos de retorno, incrementan significativamente el riesgo de inundación en el caserío de Uchucyacu.	Instrumentos - Ficha de estaciones pluviométrica - Ficha geomorfológica - Ficha de consistencia estadística - Ficha de diseño
¿Cuáles son las dimensiones adecuadas para el planteamiento de defensas	Determinar las dimensiones adecuadas para el planteamiento de defensas		

ribereñas en el río Huertas en el caserío de Uchucyacu?	ribereñas en el río Huertas en el caserío de Uchucyacu.	He3: Las dimensiones adecuadas de las defensas ribereñas en el río Huertas deben ajustarse a los caudales máximos esperados en los periodos de retorno y a las características geomorfológicas de la cuenca.
---	---	--

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES
Tipo de Investigación: Cuantitativo	Población: La población en la presente investigación fue el cauce del río Huertas en el caserío Uchucyacu.	Variable Dependiente Diseño de defensa ribereña
Alcance de Investigación: Correlacional.	Muestra: La muestra para la investigación fue un tramo de cauce de 870 m aguas abajo desde el centro de Uchucyacu.	Variable Independiente Evaluación hidráulica e hidrológica
Diseño: No Experimental.		

ANEXO 2

TABLAS Y FIGURAS

Figura 42

Ubicación de la zona de investigación

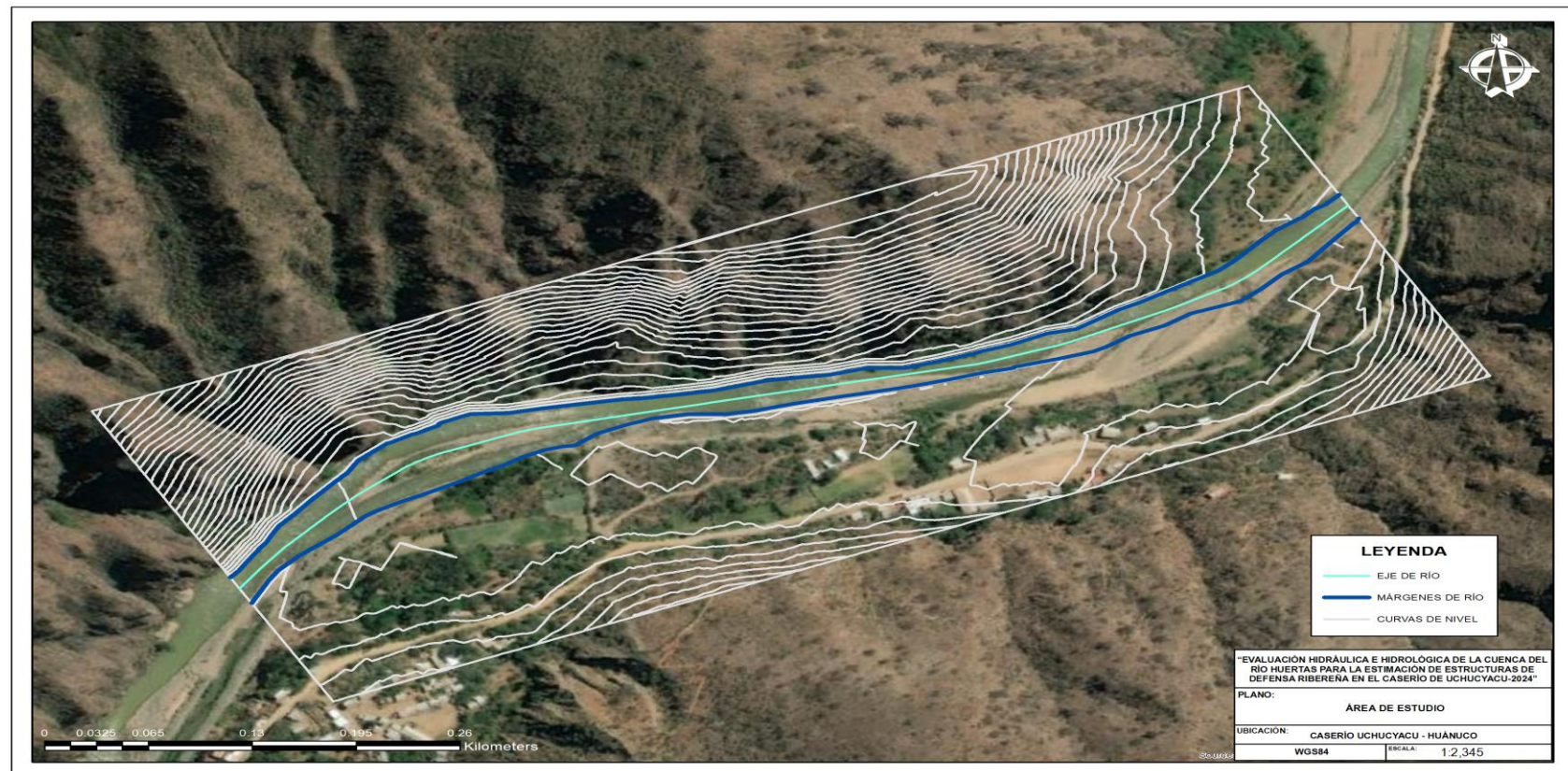


Tabla 38

Registro histórico – Estación Canchan

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: CANCHAN/000457/DZ10

ALT: 1986

MSNM

LAT: 09° 55'

15.43"

LONG: 76° 18'

34.62"

DPTO: HUANUCO

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA
(mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
457	52	PT101	1999	83	94.2	136.3	20.9	8.5	4.4	5.2	1.5	23.6	16.5	44.9	75.7
457	52	PT101	2000	79.3	81.7	132.9	14.2	4.6	17.6	9	22.1	12.4	26.4	31	83.6
457	52	PT101	2001	115.4	43.5	94.8	38.2	11.4	3	14.2	5.1	12.7	52.8		70.4
457	52	PT101	2002	18.7	58.4	103.8	46.5	20	1.7	24.5	9.8	12.1	65.3	35.3	39.2
457	52	PT101	2003	50.1	42.4	86.2	31.7	13	0	0	9.7	20.6	43.8	62.6	88.2
457	52	PT101	2004	29.6	60.7	89.9	18.2	31.7	11.4	8.6	17.8	19.7	51.7	22.1	87.7
457	52	PT101	2005	77.6	69.9	105	14.1	1	0	6.6	20.4	11	47.3	28.8	147.8
457	52	PT101	2006	122.5	57.9	99.6	33.8	5.7	10.3	1	1.4	17	82.9	69.1	88.9
457	52	PT101	2007	45	4.4	64	22.6	20.1	0	4.6	3	5.8	67.3	49.4	67.1
457	52	PT101	2008	74	94.4	78.6	48.2	5.8	1.9	2.1	3.6	32	37.7	43.8	73.7
457	52	PT101	2009	111	96.9	90.3	71	5.8	16.1	12.2	1.6	10.1	41	50.1	95.8
457	52	PT101	2010	26.4	116.6	88.9	29.9	8.1	0	2.4	5.3	20.7	39.1	69.6	65.8
457	52	PT101	2011	80.5	65.9	107.4	31.4	25.2	0	2.4	3.5	9.3	88.8	48.1	113.2
457	52	PT101	2012	78.8	83.7	27.9	58.9	10.3	3.4	6.3	4.8	4	66.3	84.5	159
457	52	PT101	2013	64.2	98.8	127.7	49.6	5.7	27.1	13.4	27.6	4.6	41.7	56	76.7
457	52	PT101	2014	69.3	120.6	91.8	42.7	41.4	2.4	6.8	0	36.9	47.5	27.6	93
457	52	PT101	2015	58.6	81.2	67.5	40.1	55.8	0	0.5	1.6	4.9	22.6	72	45.2
457	52	PT101	2016	25.4	59.7	35.6	11.6	1	0	4.2	3.9	3.5	38.6	42.2	68.4
457	52	PT101	2017	66.2	74.6	77.5	22.8	17.6	3.1	3.9	5	10.7	25.7	54.1	145
457	52	PT101	2018	92.7	89.6	87.9	45.1	7.2	9.6	4.6	10.8	15.1	105.3	36.1	55.2
457	52	PT101	2019	115.2	55	93.3	34.2	4.1	13.7	6.2	3.2	11.1	45.6	36.9	153.7
457	52	PT101	2020		66.3							3.4	18.8	10.2	48.5
457	52	PT101	2021	79.6	62.8	60.4	36.2	23.4	15.8						77
457	52	PT101	2022	57.7	93.2	65.1	14.3	5.6	12.2	2.8	20.8	9	13.9	35.7	80
457	52	PT101	2023	27.3	96.4	142.3	17.1	49.9	0.5	0	5.6	44.1	28.5	38.4	70.8
457	52	PT101	2024	125.4	71.8	81.7	11.4	9	37.5	0	7.6	3	34.9	84.8	75.9

Tabla 39

Registro histórico – Estación Huánuco

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN:
HUANUCO/000404/DZ10

ALT: 1947
MSNM
LAT: 09° 57'
7.24"

LONG: 76° 14'
54.8"

DPTO: HUANUCO

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA
(mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
404	52	PT101	1999	81.7	88.5	109.3	22.3	18.4	15.1	8.6	0.6	57.6	20.8	33.8	58.2
404	52	PT101	2000	68.2	89.6	148	30.3	10.1	16	3.6	17.1	11.9	9.5	61	77.2
404	52	PT101	2001	45.2	36.2	85.2	46.2	10.4	3.3	8.4	10.2	7.4	36.9	72.7	55.8
404	52	PT101	2002	29.5	56.4	83.1	56.5	18.2	2.9	12.8	4.1	8.4	109.8	40.8	20.3
404	52	PT101	2003	44.7	26.9	70.5	24.6	14.3	0.3	0.1	9.4	12.6	17.1	77.3	83.1
404	52	PT101	2004	33.6	31.7	56.9	31.2	24.8	5.1	5.6	16.7	16.2	28.6	34.8	104.6
404	52	PT101	2005	32.6	45	92.7	12.2	1.4	0	2	8.6	5.8	51.5	26.3	106.9
404	52	PT101	2006	81.9	48.4	112.7	38.6	2	6.2	3.5	2.9	11.4	46	66.7	89.1
404	52	PT101	2007	33.9	6.9	83.1	35.8	7.8	1.9	6.7	3.9	4.4	59.2	40.6	70.3
404	52	PT101	2008	29.8	90.8	91.3	36.3	3.6	5.5	0.1	2	33.4	38	50.9	68.1
404	52	PT101	2009	67.2	72.5	87.9	57.2	13.7	10.3	11.9	4.4	11	44.6	40.2	59.6
404	52	PT101	2010	21.8	85.9	91.6	19	3.4	2.6	4.9	7.2	13.6	26.7	55.1	81.9
404	52	PT101	2011	74.3	64	141.6	43.9	21.1	5.7	1.9	3.7	22.6	67.7	56.6	114.2
404	52	PT101	2012	78.6	55.7	30.1	75.9	13.7	3.8	7.8	3.4	4.9	75	94.5	154.7
404	52	PT101	2013	36.2	90	92	33.6	5.7	10.7	12.5	22.1	6.6	37.8	71.3	76.1
404	52	PT101	2014	72	92	76.3	43.1	29.2	6.6	2.9	0.7	28.9	49.7	32.1	84.9
404	52	PT101	2015	75.6	48.9	62.3	59	37.8	2.8	3.9	2.3	3.1	22.7	71.4	35.3
404	52	PT101	2016	34.7	47.3	67.8	11.6	0.2	0.8	0.2	1.1	1.7	34.3	37.5	70.2
404	52	PT101	2017	72.1	70.9	74	24.6	12.3	4	4.8	5.1	15.9	32.3	49.4	132.1
404	52	PT101	2018	88.5	87.9	85.3	61.4	10.6	11.3	2.4	9.8	18.1	96.1	47.6	52.3
404	52	PT101	2019	116.5	56.3	130.9	20.2	9.1	12	1.1	4.4	13.4	58.5	18.5	125.2
404	52	PT101	2020	42.4	61.2					5.9	0.6	4.8	24.3	15.3	56.3
404	52	PT101	2021	74.8	72.2	66.5	33.8	16.2	3.2	0.9	3.2	29.7	34.2	126.7	39
404	52	PT101	2022	54.4	82.6	50.3		3.3	9.6	6	11	10	10.3	28.7	79.1
404	52	PT101	2023	33.9	84.8	142.6	22.8	35.2	0	0.3	1.7	13.6	47.1	33.5	58.7
404	52	PT101	2024	121.2	62.2	59.5	14.1		20.6	0.3	11.4	5	41.1	96.2	69.8

Tabla 40

Registro histórico – Estación Oyón

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: OYON/000541/DZ04

ALT: 3667
MSNM
LAT: 10° 40'
3.69"

LONG: 76° 46'
7.33"

DPTO: LIMA

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA
(mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
541	52	PT101	1999	101.6	193.2	85.7	52.6	38.5	0	4.2	0	31.9	57.1	50.3	76.9
541	52	PT101	2000	120.6	124	104.9	63.4	35.9	0.6	2.7	4.5	26.4	60.1	29.5	135.1
541	52	PT101	2001	143.3	87	149.9	33.9		7.5	0	0	26.4	35.6	104.9	66
541	52	PT101	2002	92	65.1	96.9	45.5	8.6	2.1	0	2.1	17.2	73.5	73.9	93.1
541	52	PT101	2003	89.7	96.3	121.7	37	0	0	0	1.3	11.3	15.8	8.7	87.7
541	52	PT101	2004	36.3	78.7			0	6.8	0	0	22.3	56.4	95.6	
541	52	PT101	2005			105.6	9.5	4.1	0	0	3.9	0.5	28	23.8	80.3
541	52	PT101	2006	70.9	124.3			0.3	11.5	0	6		35	80.8	92.3
541	52	PT101	2007	106.3	77.4	148.5	55.2	36.6	0	0	0	6.7	52.2	44.9	39.5
541	52	PT101	2008	108.8	136	100.7	49.9	0	5.2	0	0	2.8	59.6	17.4	83.4
541	52	PT101	2009	101	104.5	165.3	78.1	16.8	0	1.5	7.5	8.2	54.2	86.9	92.4
541	52	PT101	2010	60.1	57.3	117	29.9	0	2.9	0	0	13.7	20.7	45.7	123.2
541	52	PT101	2011	145.6	60.9	133.4	63.4	5.6			0	6.4	22.4	79.7	129.9
541	52	PT101	2012	80.4	134.6	91.5	113.9	1.8	2.7	0	0	34.1	35.2	46.5	89.3
541	52	PT101	2013	55.8	88.4	115	21.6	17.5	0.4	2.6	8.5	1.4	80.6	49	75.5
541	52	PT101	2014	95.1	125.3	133.5	29	19.6	0	0	1.8	15.5	50.6	37.9	135.1
541	52	PT101	2015	102	62.5	69.5	48.9	6.6	3.4	0	7.7	2.8	22.6	50	82.8
541	52	PT101	2016	25.8	94.4	88.3	36.7	1.1	1	1.6	4	15	29.4	5.6	84.9
541	52	PT101	2017	130	128.3	181.4	60.5	32.6	0.4	0	2.7	6.4		20.1	52.3
541	52	PT101	2018	108.5	82	120.3	65	8.6	3.3	1	0	10	35.1	33.6	88.2
541	52	PT101	2019	153.7	115.2	98.6	38	13.6	3.3	1.8	0	12.6	30.6	31.4	115.3
541	52	PT101	2020	47.2	78.2								14.1	29.7	164
541	52	PT101	2021		33.1	112	53.7	4.9	1.1	1.7	6.4	4.9	100.6		
541	52	PT101	2022	45.4	140	150.4	31.1	21.1	0.7	1.7	1.6	11	1.3	8.7	99.3
541	52	PT101	2023	82.1	132.8	115.1	32.7	15.9	0	0	0		39	87.4	160
541	52	PT101	2024	154.7	72.1	80.7									237.1

Tabla 41

Registro histórico – San Rafael

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: SAN
RAFAEL/000552/DZ10

ALT: 2699
MSNM
LAT: 10° 19'
45.3"

LONG: 76° 10'
35.7"

DPTO: HUANUCO

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA
(mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
552	52	PT101	1999		160.1	115.1	42.8	11.7	10.9	4.4	13.2	64.4	24	75	63.1
552	52	PT101	2000	119.9	100.9	158.6	47.5	9.7	20.5	5.4	35	22.1	46.2	33.4	113.1
552	52	PT101	2001	125.4	100.9	134	72.1	10.5	11.1	26.5	13	28	68.9	104.6	151.7
552	52	PT101	2002	35.1	88	157.8	38.6	32.2	3.2	30.3	1.2	17.5	106.8	63	135.4
552	52	PT101	2003	67.1	47.3	116.5	101.4	8.6	7.2	0	33.2	28.6	19.4	83.3	126.8
552	52	PT101	2004	40.2	84.3	60.7	53.5	45.7	16.7	5	9.5	45	66	86.3	172.9
552	52	PT101	2005	71.5	100.4	125.5		1.9	0	4.4	16.4	30.1	55.2	67.8	72.7
552	52	PT101	2006	112	68.7	104.6	54.2	0.9	9.7	5.8	9.8	22.1	64.3	97.9	96.9
552	52	PT101	2007	93.6	18.9	157.3	47.4	18.5	0.7	41	3.7	21.7	67.4	70.3	114.6
552	52	PT101	2008	100.2	133.2	58.8	35.4	21.2	14.5	1.9	3.9	89.4	84.8	42.3	100.2
552	52	PT101	2009	84.9	75.2	108.8	44	54.1	8.6	21.8	13.8	25.2	42.9	97.5	114.7
552	52	PT101	2010	134.9	133.6	111.1	78.3	24.9	5.2	10.6	5.4	9.9	43.9	43.1	134.2
552	52	PT101	2011	125.7	116.7	104.9	53.4	33.7	1	1.6	5.2	32.4	66.2	49.4	157.3
552	52	PT101	2012	85.1	123.2	63	111.6	12.1	30.2	3.3	11.2	8.3	77.2	83.8	223
552	52	PT101	2013	94	135.9	123.1	71.4	11.9	16.9	7.5	39.4	24.5	104.3	96.5	175.6
552	52	PT101	2014	110.1	155.5	134.2	44.5	37.3	3	0	11.5	81	19.5	51.4	72.4
552	52	PT101	2015	97.4	50.7	81.8	57	50.6	0.7	6.9	7.7	12.8	25.3	73.6	88.6
552	52	PT101	2016	49.6	148.5	63.9	61.9	16.4	1.5	2.2	2.2	9.4	75.2	53.9	122.6
552	52	PT101	2017	109.6	104.8	139.5	36.9	45.2	1.3	14	8.6	45.4	62.3	54.9	149.6
552	52	PT101	2018	118.8	124.5	162	81.3	20.4	20.5	15.8	12.8	22.5	124.8	87.2	83.6
552	52	PT101	2019	162.3		167	76	23.1	4.8	6.8	0.8	26.7	62.3	46.2	171.9
552	52	PT101	2020	43.6	132.6										
552	52	PT101	2021										69		68.4
552	52	PT101	2022	102	127.8		50.1	18.4	6.8	12.5	8.9	26.9	87.9	82.1	112.2
552	52	PT101	2023	60.8	70.7	115.9	28.6	50.7	2.7	0	34.3	7.9	43.2	80	103.2
552	52	PT101	2024	158.8	126.1	112.9	33.5		9	0.1	8.3	10.4	52.4	117.6	63.4

Tabla 42

Registro histórico – Tingo María

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: TINGO
MARIA/000468/DZ10

ALT: 657
MSNM
LAT: 9° 18'
36.6"

LONG: 76° 0'
1.8"
DPTO:
HUANUCO

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA
(mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
468	52	PT101	1999	568.1	486.4	544.4	217.3	324.4	184.7	196.8	67.6	108.3	73.8	358	353.6
468	52	PT101	2000	412.2	419.8	509.9	177.3	147.6	316	190.8	61.6	171.4	171.3	185.9	367.5
468	52	PT101	2001	442.1	313.3	593.9	175.9	217.7	128.9	186.4	41.6	180.2	202.2	455.3	301.2
468	52	PT101	2002	304.7	590.1	406	308.4	415.5	149.3	190.1	144.9	137.1	262.3	500.1	484
468	52	PT101	2003	239.6	460.8	343.9	306.8	345.2	228.7	100.2	249.7	216.9	272.4	330.9	598.1
468	52	PT101	2004	301.1	298.9	427.4	176.8	141.8	83.4	236	71.1	193.9	293.3	469.3	323.4
468	52	PT101	2005	245.1	314.8	549.4		149	187.7	55.8	82.9	204.2	259.2	209	571.5
468	52	PT101	2006	284.8	528.9	389.9	274.1	99.7	122.5	70.4	117.4		391.7	485.8	571.2
468	52	PT101	2007	526.8	257.2	460.7	298.8	187.3	12.4	169.6	95.2	118.5	267.5	277.3	492.7
468	52	PT101	2008	428.8	534.6	300.6	196.6	120.3	106.2	224.4	55.2	164.8	335	138.8	363.7
468	52	PT101	2009	481.2	400.2	302.4	282.9	337.2	164.7	164.6	150	190.2	134.9		506.5
468	52	PT101	2010	301.9	592.2	366	262.4	192.2	107	127.9	55.2	94.9	180.1	463.2	297
468	52	PT101	2011	458.1	542.9	558.6	379.7	197.6	132.7	111.3	66.2	280	171.6	376.9	320.8
468	52	PT101	2012	376.5	446.5	464.1	356.3	82	151.7	52.8	37.5	92.7	384.1	298.6	447.6
468	52	PT101	2013	438.2	474.5	405.8	426.7	203.8	172.3	101.6	249.3	193.9	495.4	270.5	421
468	52	PT101	2014	350.7	289.3	399.2	206.6	219.8	195.4	50.1	48.2	256.7	500	418.1	487
468	52	PT101	2015	511.4	537.6	310.1	304.8	298.2	127.9	208.6	37.6	123.1	152.1	238.1	408.5
468	52	PT101	2016	517	406.6	392.3	159.2	217.2	171	111.2	64.5	113.3	162.1	333.2	413.8
468	52	PT101	2017	385.1	467.7	427.7	205	282.2	154.8	25.8	143.5	219.4	319.7	675.4	373.2
468	52	PT101	2018	388.2	317.5	483.3	226.3	179.9	188.8	62.3	205	79.3	483.1	513.2	432
468	52	PT101	2019	602.6	159.9	494.2	212.2	203.6	152.8	227.6	64.7	127	311.6	357	667.2
468	52	PT101	2020	494.7	373.9										
468	52	PT101	2021												480.8
468	52	PT101	2022		519.5	400.7	281.4	289.2	104.8	133.9	166.5	162.7	237.1	235.9	244
468	52	PT101	2023	391.5	344.5	314.3	181	158.5	217	64.8	66.3	138.9	199.2	380.4	489
468	52	PT101	2024	618.4	437.2	373.1	221.2	169.3	263.9	105.3	74.1	42.4	158.6	275.7	543.9

Tabla 43

Registro histórico – Tulumayo

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN:
TULUMAYO/000469/DZ10

ALT: 612
MSNM
LAT: 9° 8'
49.4"

LONG: 76° 0'
33.97"
DPTO: HUANUCO

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA
(mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
469	52	PT101	199 9	615	396. 9	438. 5	96.2	229.9	127. 2	63.7	31.6	136.3	104.3	181. 9	210. 3
469	52	PT101	200 0	310. 4	342. 2	513. 1	221.3	118.9	276. 9	119. 3	137. 6	72.6	137.7	94.6	300. 3
469	52	PT101	200 1	370. 3	280. 2	235. 5	90.7	327.1	95	277. 1	71.7	135.9	198.8	377. 7	404. 2
469	52	PT101	200 2	372. 8	454. 1	295. 1	251.8	239.7	77.8	286. 7	136. 7	61.7	187.1	373. 7	
469	52	PT101	200 3	277	393. 7	309. 7	422.1	171.5	228. 6	74.3	180. 9	228.1	189.3	268. 6	404. 8
469	52	PT101	200 4	317. 2	169. 7	316. 6	113.6	140.5	97.8	390. 6	72	124.6	191.7	465. 2	239. 6
469	52	PT101	200 5	266. 5	322. 8	384. 7	175.3	69.6	272. 3	18.8	65.2	162.3	267.6	141. 1	380. 4
469	52	PT101	200 6	250. 7	431. 3	247. 9	157.9	151	234. 5	77.8	169	109.7	267.1	418. 7	491. 4
469	52	PT101	200 7	400. 2	183. 6	222. 4	221.2	192.5	38	124. 3	59.5	55.2	252.1	249. 6	458. 3
469	52	PT101	200 8	214. 8	268. 4	317. 3	202.2	117.5	143. 9	269. 3	69.6	118.4	242.5	112. 9	281. 2
469	52	PT101	200 9	320	407. 5	284. 8	206.4	372.6	168. 7	148. 5	125. 9	123.5	136.1	300. 8	533. 1
469	52	PT101	201 0	191. 7	557. 9	261. 6	240	100.4	48.3	122. 1	30.5	31.5	109.1	282. 4	264. 2
469	52	PT101	201 1	389. 7	513. 5	201. 1	174.5	131.7	129. 9	158. 5	31.1	194.6	245.5	192. 3	309. 8
469	52	PT101	201 2	365. 8	437. 3	257. 9	287.3	148	213. 3	40.7	57.2	80.9	168.4	321. 3	272. 5
469	52	PT101	201 3	275. 9	574. 1	445	169.5	181.6	139. 3	87.9	191	123.2	332.2	274. 9	214. 8
469	52	PT101	201 4	441. 8	244	359. 8	107.3	209.7	104. 1	177. 2	44.9	273.1	151.1	288. 2	398. 4
469	52	PT101	201 5	499. 4	260. 2	326. 3	147.5	372.3	157	209. 1	99.3	52.7	177.7	242. 8	384. 8
469	52	PT101	201 6	347. 1	427	240. 7	208.9	125.6	108. 7	44.2	102. 3	68.2	135.3	388. 8	338. 2
469	52	PT101	201 7	427. 7	387. 6	239. 6	238.5	208	197	50.1	111. 9	175.4	218.6	357. 6	426. 9
469	52	PT101	201 8	350. 5	189. 5	227. 2	179.3	107.7	150. 2	10	179. 5	95.3	387.4	492. 7	309. 3
469	52	PT101	201 9	362. 8	204. 6	497. 1	135.9	124.7	144. 7	124. 4	28.1	51.8	266.6	249	616. 9
469	52	PT101	202 0	521. 6	298. 6						75.5	119.3	94.1	244. 8	335. 4
469	52	PT101	202 1	366	146. 7	311. 8	264.4	158.9	166. 9	112. 4	120	103.5	180.9	412. 1	281. 4
469	52	PT101	202 2	327. 2	352. 9	358. 8	167.9	182.4	153. 5	73.3	144. 2	165.6	243.6	133. 5	283. 1
469	52	PT101	202 3	239. 8	306. 9	206	87.1	161.9	71.6	158. 1	45.6	119.6	143.9	364. 6	390. 3
469	52	PT101	202 4	418. 9		263. 8	159.5	202.9	70.6	25.8	78.5	23.6	229.5	319. 9	416. 9

Tabla 44

Estación Carhuacayan – Datos completos

REGISTRO DE LLUVIAS CANCHÁN																
REGISTRO HISTÓRICO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E																
HIDROLOGÍA																
ES	356					NO	890					CO				
TE	426					RT	304					TA				
						E	4					-				
#	AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍN	MÁ	PRO
		EN	FE	MA	A	MA	JUN	JU	A	S	OC	NO	DI	IMO	XIM	MEDI
		E.	B.	R.	B.	Y.	.	L.	G	ET	T.	V.	C.	AN	O	O
									O.	.				UA	ANU	ANU
														L	AL	AL
01	1999	83.00	94.20	136.30	20.90	8.50	4.40	5.20	1.50	23.60	16.50	44.90	75.70	1.50	136.30	42.89
02	2000	79.30	81.70	132.90	14.20	4.60	17.60	9.00	22.10	12.40	26.40	31.00	83.60	4.60	132.90	42.90
03	2001	115.40	43.50	94.80	38.20	11.40	3.00	14.20	5.10	12.70	52.80	79.21	70.40	3.00	115.40	45.06
04	2002	18.70	58.40	103.80	46.50	20.00	1.70	24.50	9.80	12.10	65.30	35.30	39.20	1.70	103.80	36.28
05	2003	50.10	42.40	86.20	31.70	13.00	4.09	1.52	9.70	20.60	43.80	62.60	88.20	1.52	88.20	37.83
06	2004	29.60	60.70	89.90	18.20	31.70	11.40	8.60	17.80	19.70	51.70	22.10	87.70	8.60	89.90	37.43
07	2005	77.60	69.90	105.00	14.10	1.00	3.53	6.60	20.40	11.00	47.30	28.80	147.80	1.00	147.80	44.42
08	2006	122.50	57.90	99.60	33.80	5.70	10.30	1.00	1.40	17.00	82.90	69.10	88.90	1.00	122.50	49.18
09	2007	45.00	4.40	64.00	22.60	20.10	2.19	4.60	3.00	5.80	67.30	49.40	67.10	2.19	67.30	29.62
10	2008	74.00	94.40	78.60	48.20	5.80	1.90	2.10	3.60	32.00	37.70	43.80	73.70	1.90	94.40	41.32
11	2009	111.00	96.90	90.30	71.00	5.80	16.10	12.20	1.60	10.10	41.00	50.10	95.80	1.60	111.00	50.16
12	2010	26.40	6.60	88.90	29.90	8.10	3.94	2.40	5.30	20.70	39.10	69.60	65.80	2.40	116.60	39.73
13	2011	80.50	65.90	7.40	31.40	25.20	7.56	2.40	3.50	9.30	88.80	48.10	113.20	2.40	113.20	48.60
14	2012	78.80	83.70	27.90	58.90	10.30	3.40	6.30	4.80	4.00	66.30	84.50	159.90	3.40	159.00	48.99
15	2013	64.20	98.80	127.70	49.60	5.70	27.10	13.40	27.60	4.60	41.70	56.00	76.70	4.60	127.70	49.43

16	201 4	69. 30	12 0.6 0	91. 80	42 .7 0	41. 40	2.40	6. 80	1. 69	36 .9 0	47. 50	27. 60	93. 00	1.69	120. 60	48.47
17	201 5	58. 60	81. 20	67. 50	40 .1 0	55. 80	4.93	0. 50	1. 60	4. 90	22. 60	72. 00	45. 20	0.50	81.2 0	37.91
18	201 6	25. 40	59. 70	35. 60	11 .6 0	1.0 0	3.12	4. 20	3. 90	3. 50	38. 60	42. 20	68. 40	1.00	68.4 0	24.77
19	201 7	66. 20	74. 60	77. 50	22 .8 0	17. 60	3.10	3. 90	5. 00	10 .7 0	25. 70	54. 10	14 5.0 0	3.10	145. 00	42.18
20	201 8	92. 70	89. 60	87. 90	45 .1 0	7.2 0	9.60	4. 60	10 .8 0	15 .1 0	10 5.3 0	36. 10	55. 20	4.60	105. 30	46.60
21	201 9	11 5.2 0	55. 00	93. 30	34 .2 0	4.1 0	13.7 0	6. 20	3. 20	11 .1 0	45. 60	36. 90	15 3.7 0	3.20	153. 70	47.68
22	202 0	49. 82	66. 30	86. 02	30 .9 5	15. 07	8.50	5. 64	1. 06	3. 40	18. 80	10. 20	48. 50	1.06	86.0 2	28.69
23	202 1	79. 60	62. 80	60. 40	36 .2 0	23. 40	15.8 0	1. 59	3. 87	29 .0 6	36. 01	12 3.6 8	77. 00	1.59	123. 68	45.78
24	202 2	57. 70	93. 20	65. 10	14 .3 0	5.6 0	12.2 0	2. 80	20 .8 0	9. 00	13. 90	35. 70	80. 00	2.80	93.2 0	34.19
25	202 3	27. 30	96. 40	14 2.3 0	17 .1 0	49. 90	0.50	1. 92	5. 60	44 .1 0	28. 50	38. 40	70. 80	0.50	142. 30	43.57
26	202 4	12 5.4 0	71. 80	81. 70	11 .4 0	9.0 0	37.5 0	1. 45	7. 60	3. 00	34. 90	84. 80	75. 90	1.45	125. 40	45.37
MÍNIMO MENSU AL		18. 70	4.4 0	27. 90	11 .4 0	1.0 0	0.50	0. 50	1. 06	3. 00	13. 90	10. 20	39. 20			
MÁXIM O MENSU AL		12 5.4 0	12 0.6 0	14 2.3 0	71 .0 0	55. 80	37.5 0	24 .5 0	27 .6 0	44 .1 0	10 5.3 0	12 3.6 8	15 9.0 0			
PROME DIO MENSU AL		70. 13	74. 64	89. 32	32 .1 4	15. 65	8.83	5. 91	7. 78	14 .8 6	45. 62	51. 39	86. 37			

Tabla 45

Estación Huánuco – Datos completos

REGISTRO DE LLUVIAS HUÁNUCO																
REGISTRO HISTÓRICO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA																
ES TE	363 134											CO TA	-			
#	AÑO	1 EN E.	2 FE B.	3 MA R.	4 A B R.	5 MA Y.	6 JUN .	7 JU L.	8 A G O.	9 SE T.	10 OC T.	11 NO V.	12 DI C.	MÍN IMO AN UA L	MÁ XIM O ANU AL	PRO MEDI O ANUA L
01	1999	81.70	88.50	109.30	22.30	18.40	15.10	8.60	0.60	57.60	20.80	33.80	58.20	0.60	109.30	42.91
02	2000	68.20	89.60	148.00	30.30	10.10	16.00	3.60	17.10	11.90	9.50	61.00	77.20	3.60	148.00	45.21
03	2001	45.20	36.20	85.20	46.20	10.40	3.30	8.40	10.20	7.40	36.90	72.70	55.80	3.30	85.20	34.83
04	2002	29.50	56.40	83.10	56.50	18.20	2.90	.80	4.10	8.40	10.9.80	40.80	20.30	2.90	109.80	36.90
05	2003	44.70	26.90	70.50	24.60	14.30	0.30	0.10	9.40	12.60	17.10	77.30	83.10	0.10	83.10	31.74
06	2004	33.60	31.70	56.90	31.20	24.80	5.10	5.60	16.70	16.20	28.60	34.80	10.4.60	5.10	104.60	32.48
07	2005	32.60	45.00	92.70	12.20	1.40	3.45	2.00	8.60	5.80	51.50	26.30	10.6.90	1.40	106.90	32.37
08	2006	81.90	48.40	112.70	38.60	2.00	6.20	3.50	2.90	11.40	46.00	66.70	89.10	2.00	112.70	42.45
09	2007	33.90	6.90	83.10	35.80	7.80	1.90	6.70	3.90	4.40	59.20	40.60	70.30	1.90	83.10	29.54
10	2008	29.80	90.80	91.30	36.30	3.60	5.50	0.10	2.00	33.40	38.00	50.90	68.10	0.10	91.30	37.48
11	2009	67.20	72.50	87.90	57.20	13.70	10.30	11.90	4.40	11.00	44.60	40.20	59.60	4.40	87.90	40.04
12	2010	21.80	85.90	91.60	19.00	3.40	2.60	4.90	7.20	13.60	26.70	55.10	81.90	2.60	91.60	34.48
13	2011	74.30	64.00	14.00	43.90	21.10	5.70	1.90	3.70	22.60	67.70	56.60	11.4.20	1.90	141.60	51.44
14	2012	78.60	55.70	30.10	75.90	13.70	3.80	7.80	3.40	4.90	75.00	94.50	15.4.70	3.40	154.70	49.84

15	201 3	36. 20	90 .0 0	92. 00	33 .6 0	5.7 0	10.7 0	12 .5 0	22 .1 0	6. 60	37. 80	71. 30	76. 10	5.70	92.0 0	41.22
16	201 4	72. 00	92 .0 0	76. 30	43 .1 0	29. 20	6.60	2. 90	0. 70	28 .9 0	49. 70	32. 10	84. 90	0.70	92.0 0	43.20
17	201 5	75. 60	48 .9 0	62. 30	59 .0 0	37. 80	2.80	3. 90	2. 30	3. 10	22. 70	71. 40	35. 30	2.30	75.6 0	35.43
18	201 6	34. 70	47 .3 0	67. 80	11 .6 0	0.2 0	0.80	0. 20	1. 10	1. 70	34. 30	37. 50	70. 20	0.20	70.2 0	25.62
19	201 7	72. 10	70 .9 0	74. 00	24 .6 0	12. 30	4.00	4. 80	5. 10	15 .9 0	32. 30	49. 40	13 2.1 0	4.00	132. 10	41.46
20	201 8	88. 50	87 .9 0	85. 30	61 .4 0	10. 60	11.3 0	2. 40	9. 80	18 .1 0	96. 10	47. 60	52. 30	2.40	96.1 0	47.61
21	201 9	11 6.5 0	56 .3 0	13 0.9 0	20 .2 0	9.1 0	12.0 0	1. 10	4. 40	13 .4 0	58. 50	18. 50	12 5.2 0	1.10	130. 90	47.18
22	202 0	42. 40	61 .2 0	84. 29	33 .5 8	12. 84	6.41	5. 90	0. 60	4. 80	24. 30	15. 30	56. 30	0.60	84.2 9	28.99
23	202 1	74. 80	72 .2 0	66. 50	33 .8 0	16. 20	3.20	0. 90	3. 20	29 .7 0	34. 20	12 6.7 0	39. 00	0.90	126. 70	41.70
24	202 2	54. 40	82 .6 0	50. 30	18 .8 6	3.3 0	9.60	6. 00	11 .0 0	10 .0 0	10. 30	28. 70	79. 10	3.30	82.6 0	30.35
25	202 3	33. 90	84 .8 0	14 2.6 0	22 .8 0	35. 20	3.02	0. 30	1. 70	13 .6 0	47. 10	33. 50	58. 70	0.30	142. 60	39.77
26	202 4	12 1.2 0	62 .2 0	59. 50	14 .1 0	11. 40	20.6 0	0. 30	11 .4 0	5. 00	41. 10	96. 20	69. 80	0.30	121. 20	42.73
MÍNIMO MENSU AL		21. 80	6. 90	30. 10	11 .6 0	0.2 0	0.30	0. 10	0. 60	1. 70	9.5 0	15. 30	20. 30			
MÁXIM O MENSU AL		12 1.2 0	92 .0 0	14 8.0 0	75 .9 0	37. 80	20.6 0	12 .8 0	22 .1 0	57 .6 0	10 9.8 0	12 6.7 0	15 4.7 0			
PROME DIO MENSU AL		59. 43	63 .6 5	87. 53	34 .8 7	13. 34	6.66	4. 58	6. 45	14 .3 1	43. 07	53. 06	77. 81			

Tabla 46

Estación Huánuco – Tingo María

REGISTRO DE LLUVIAS TINGO MARÍA																
REGISTRO HISTÓRICO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA																
ES	390					NO	897					CO				
TE	121					RT	070					TA				
						E	1					-				
#	AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍN	MÁ	PRO
		EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DI	IMO	XIM	MEDI
		E.	B.	R.	R.	Y.	N.	L.	O.	T.	T.	V.	C.	AN	O	O
														UA	AN	ANU
														L	UAL	AL
01	1999	56 8.1 0	48 6.4 0	54 4.4 0	21 7.3 0	324 .40	184. 70	19 6.8 0	67. 60	10 8.3 0	73. 80	35 8.0 0	35 3.6 0	67. 60	568. 10	290.2 8
02	2000	41 2.2 0	41 9.8 0	50 9.9 0	17 7.3 0	147 .60	316. 00	19 0.8 0	61. 60	17 1.4 0	17 1.3 0	18 5.9 0	36 7.5 0	61. 60	509. 90	260.9 4
03	2001	44 2.1 0	31 3.3 0	59 3.9 0	17 5.9 0	217 .70	128. 90	18 6.4 0	41. 60	18 0.2 0	20 2.2 0	45 5.3 0	30 1.2 0	41. 60	593. 90	269.8 9
04	2002	30 4.7 0	59 0.1 0	40 6.0 0	30 8.4 0	415 .50	149. 30	19 0.1 0	14 4.9 0	13 7.1 0	26 2.3 0	50 0.1 0	48 4.0 0	137 .10	590. 10	324.3 8
05	2003	23 9.6 0	46 0.8 0	34 3.9 0	30 6.8 0	345 .20	228. 70	10 0.2 0	24 9.7 0	21 6.9 0	27 2.4 0	33 0.9 0	59 8.1 0	100 .20	598. 10	307.7 7
06	2004	30 1.1 0	29 8.9 0	42 7.4 0	17 6.8 0	141 .80	83.4 0	23 6.0 0	71. 10	19 3.9 0	29 3.3 0	46 9.3 0	32 3.4 0	71. 10	469. 30	251.3 7
07	2005	24 5.1 0	31 4.8 0	54 9.4 0	15 3.9 6	149 .00	187. 70	55. 80	82. 90	20 4.2 0	25 9.2 0	20 9.0 0	57 1.5 0	55. 80	571. 50	248.5 5
08	2006	28 4.8 0	52 8.9 0	38 9.9 0	27 4.1 0	99. 70	122. 50	70. 40	11 7.4 0	97. 35	39 1.7 0	48 5.8 0	57 1.2 0	70. 40	571. 20	286.1 5
09	2007	52 6.8 0	25 7.2 0	46 0.7 0	29 8.8 0	187 .30	12.4 0	16 9.6 0	95. 20	11 8.5 0	26 7.5 0	27 7.3 0	49 2.7 0	12. 40	526. 80	263.6 7
10	2008	42 8.8 0	53 4.6 0	30 0.6 0	19 6.6 0	120 .30	106. 20	22 4.4 0	55. 20	16 4.8 0	33 5.0 0	13 8.8 0	36 3.7 0	55. 20	534. 60	247.4 2
11	2009	48 1.2 0	40 0.2 0	30 2.4 0	28 2.9 0	337 .20	164. 70	16 4.6 0	15 0.0 0	19 0.2 0	13 4.9 0	26 9.1 7	50 6.5 0	134 .90	506. 50	282.0 0
12	2010	30 1.9 0	59 2.2 0	36 6.0 0	26 2.4 0	192 .20	107. 00	12 7.9 0	15 55. 20	19 94. 90	13 0.1 0	26 3.2 0	50 7.0 0	55. 20	592. 20	253.3 3
13	2011	45 8.1 0	54 2.9 0	55 8.6 0	37 9.7 0	197 .60	132. 70	11 1.3 0	66. 20	28 0.0 0	17 1.6 0	37 6.9 0	32 0.8 0	66. 20	558. 60	299.7 0
14	2012	37 6.5 0	44 6.5 0	46 4.1 0	35 6.3 0	82. 00	151. 70	52. 80	37. 50	92. 70	38 4.1 0	29 8.6 0	44 7.6 0	37. 50	464. 10	265.8 7
15	2013	43 8.2 0	47 4.5 0	40 5.8 0	42 6.7 0	203 .80	172. 30	10 1.6 0	24 9.3 0	19 3.9 0	49 5.4 0	27 0.5 0	42 1.0 0	101 .60	495. 40	321.0 8

16	201 4	35 0.7 0	28 9.3 0	39 9.2 0	20 6.6 0	219 .80	195. 40	50. 10	48. 20	25 6.7 0	50 0.0 0	41 8.1 0	48 7.0 0	48. 20	500. 00	285.0 9
17	201 5	51 1.4 0	53 7.6 0	31 0.1 0	30 4.8 0	298 .20	127. 90	20 8.6 0	37. 60	12 3.1 0	15 2.1 0	23 8.1 0	40 8.5 0	37. 60	537. 60	271.5 0
18	201 6	51 7.0 0	40 6.6 0	39 2.3 0	15 9.2 0	217 .20	171. 00	11 1.2 0	64. 50	11 3.3 0	16 2.1 0	33 3.2 0	41 3.8 0	64. 50	517. 00	255.1 2
19	201 7	38 5.1 0	46 7.7 0	42 7.7 0	20 5.0 0	282 .20	154. 80	25. 80	14 3.5 0	21 9.4 0	31 9.7 0	67 5.4 0	37 3.2 0	25. 80	675. 40	306.6 3
20	201 8	38 8.2 0	31 7.5 0	48 3.3 0	22 6.3 0	179 .90	188. 80	62. 30	20 5.0 0	79. 30	48 3.1 0	51 3.2 0	43 2.0 0	62. 30	513. 20	296.5 8
21	201 9	60 2.6 0	15 9.9 0	49 4.2 0	21 2.2 0	203 .60	152. 80	22 7.6 0	64. 70	12 7.0 0	31 1.6 0	35 7.0 0	66 7.2 0	64. 70	667. 20	298.3 7
22	202 0	49 4.7 0	37 3.9 0	40 3.7 2	23 9.4 5	204 .60	152. 72	0.2 9	65. 74	10 4.2 4	84. 16	21 4.6 0	29 8.6 6	0.2 9	494. 70	219.7 3
23	202 1	32 6.1 8	13 4.6 7	27 8.7 2	23 4.0 9	140 .30	146. 21	97. 89	10 4.6 6	91. 59	16 1.5 5	36 4.8 9	48 0.8 0	91. 59	480. 80	213.4 6
24	202 2	29 2.9 2	51 9.5 0	40 0.7 0	28 1.4 0	289 .20	104. 80	13 3.9 0	16 6.5 0	16 2.7 0	23 7.1 0	23 5.9 0	24 4.0 0	104 .80	519. 50	255.7 2
25	202 3	39 1.5 0	34 4.5 0	31 4.3 0	18 1.0 0	158 .50	217. 00	64. 80	66. 30	13 8.9 0	19 9.2 0	38 0.4 0	48 9.0 0	64. 80	489. 00	245.4 5
26	202 4	61 8.4 0	43 7.2 0	37 3.1 0	22 1.2 0	169 .30	263. 90	10 5.3 0	74. 10	42. 40	15 8.6 0	27 5.7 0	54 3.9 0	42. 40	618. 40	273.5 9
MÍNIMO		23	13	27	15	82.	12.4	0.2	37.	42.	73.	13	24			
MENSU		9.6	4.6	8.7	3.9	00	0	9	50	40	80	8.8	4.0			
AL		0	7	2	6							0	0			
MÁXIM		61	59	59	42	415	316.	23	24	28	50	67	66			
O		8.4	2.2	3.9	6.7	.50	00	6.0	9.7	0.0	0.0	5.4	7.2			
MENSU		0	0	0	0			0	0	0	0	0	0			
AL																
PROME		41	40	41	24	212	158.	12	99.	15	25	34	43			
DIO		1.0	9.5	9.2	8.6	.47	60	5.6	47	0.1	6.3	9.8	2.9			
MENSU		7	9	4	6			3		1	1	2	9			
AL																

Figura 43

Distribución Log-Normal 2P

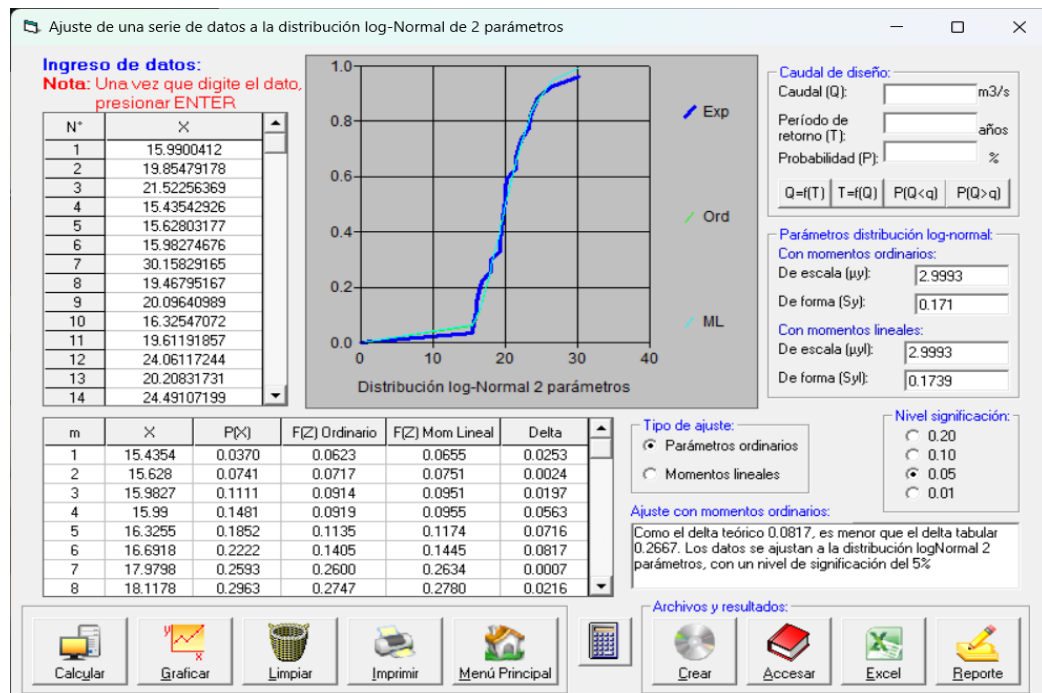


Figura 44

Distribución Log-Normal 3P

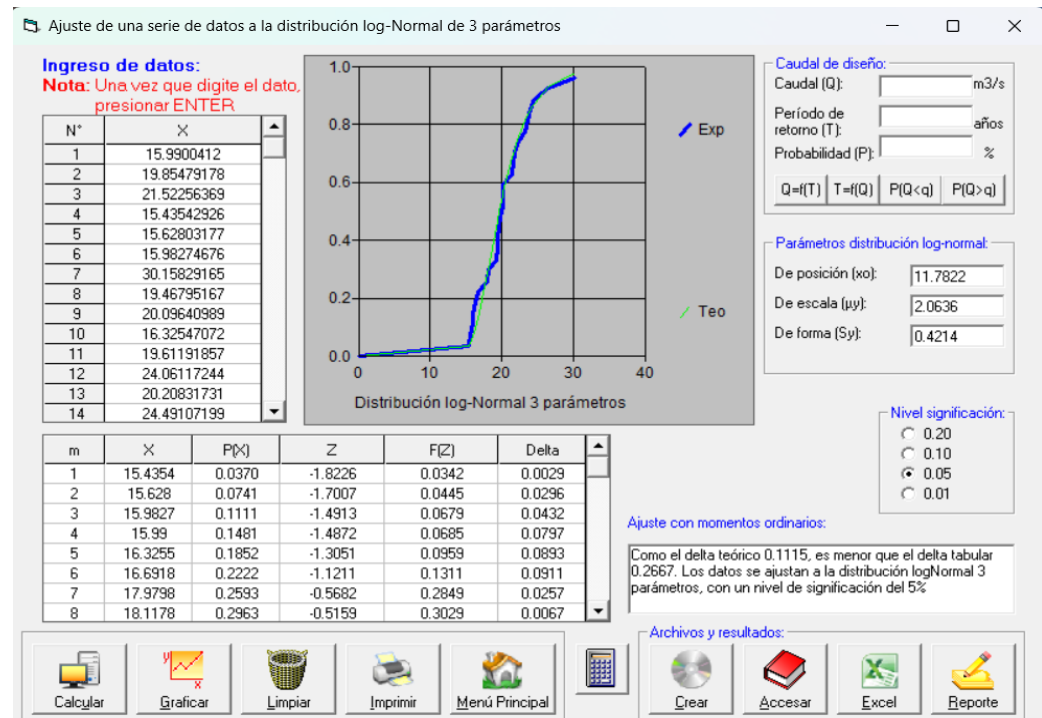


Figura 45

Distribución Gamma 2P

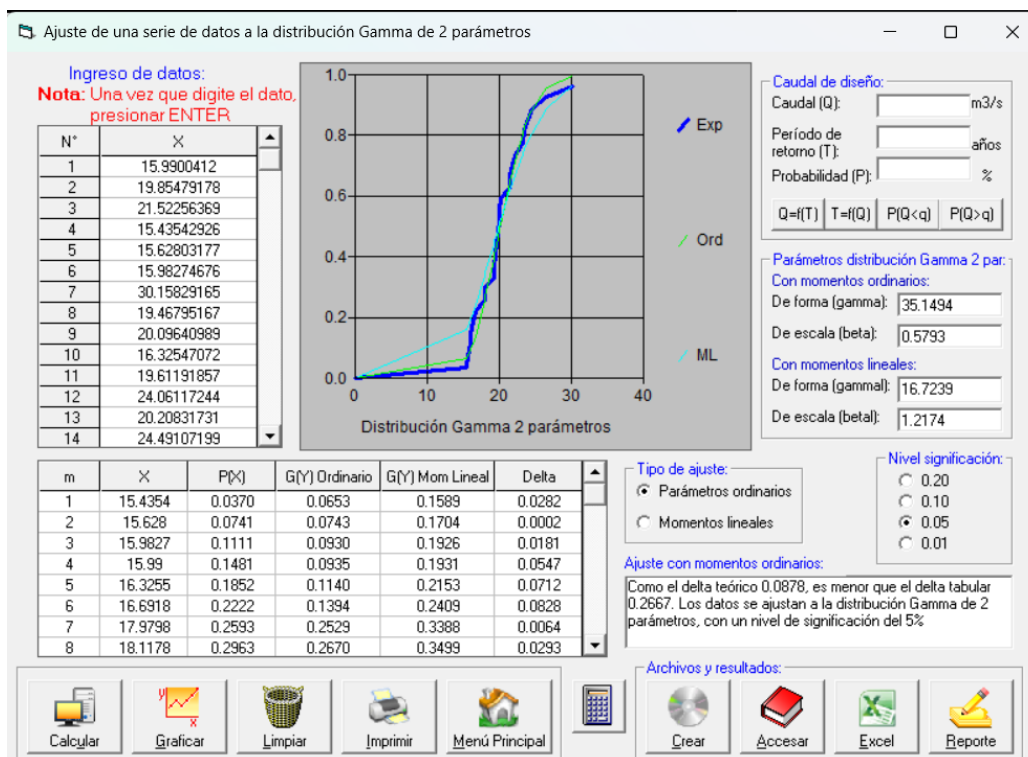


Figura 46

Distribución Gamma 3P

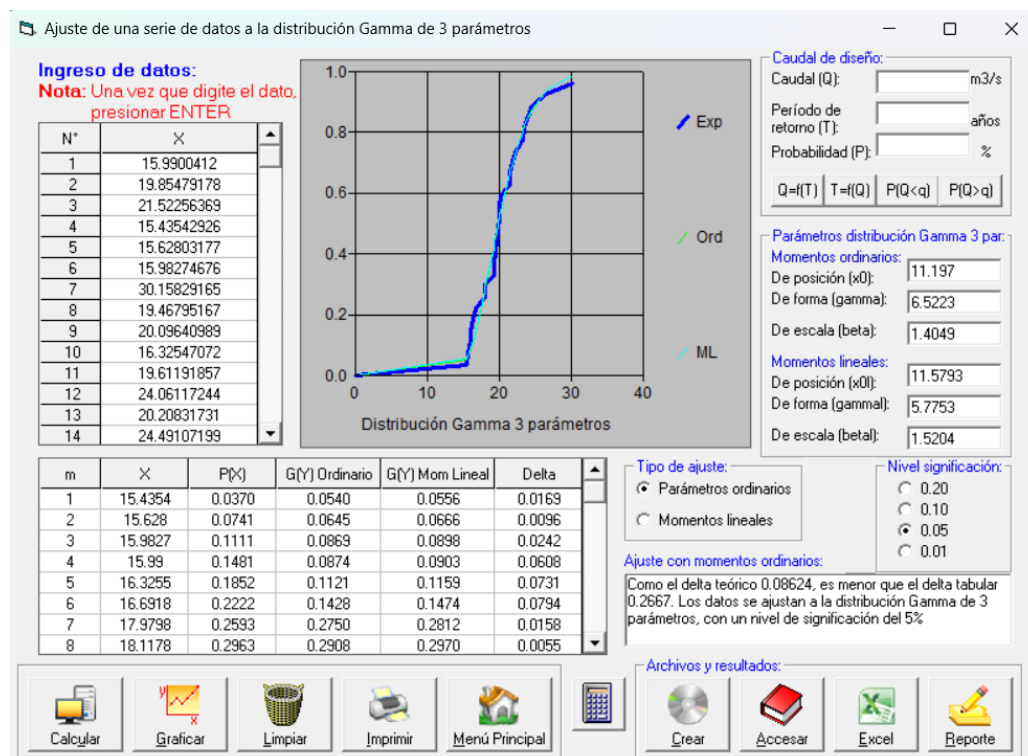


Figura 47

Distribución Log-Pearson TIII

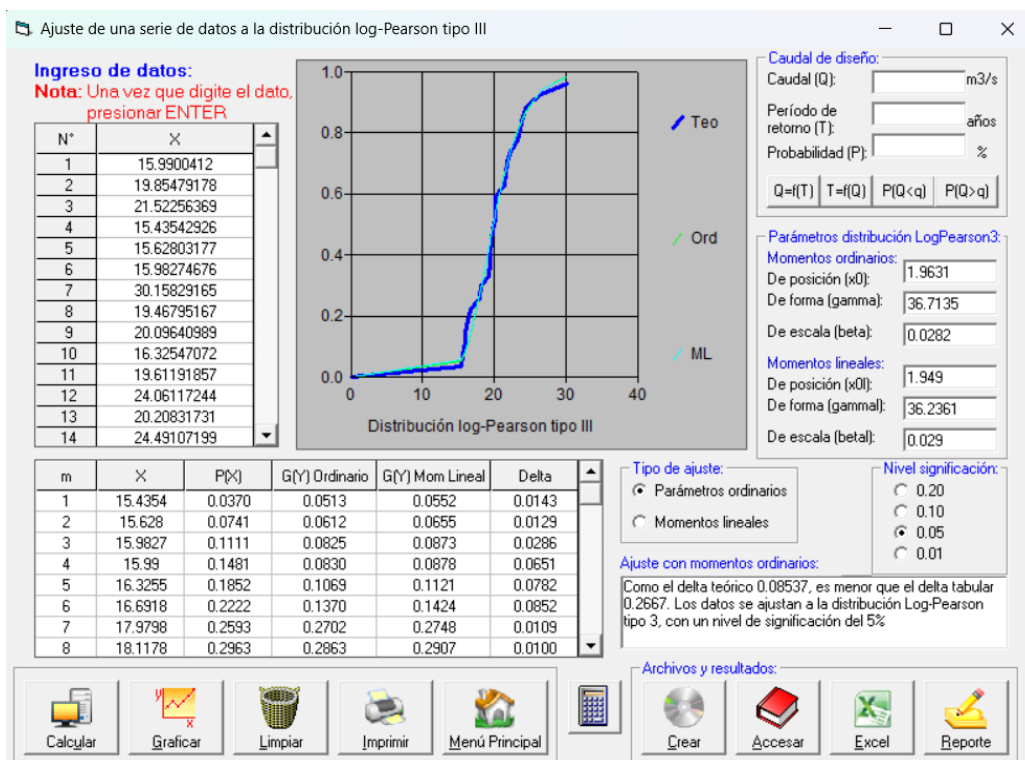


Figura 48

Distribución Gumbel

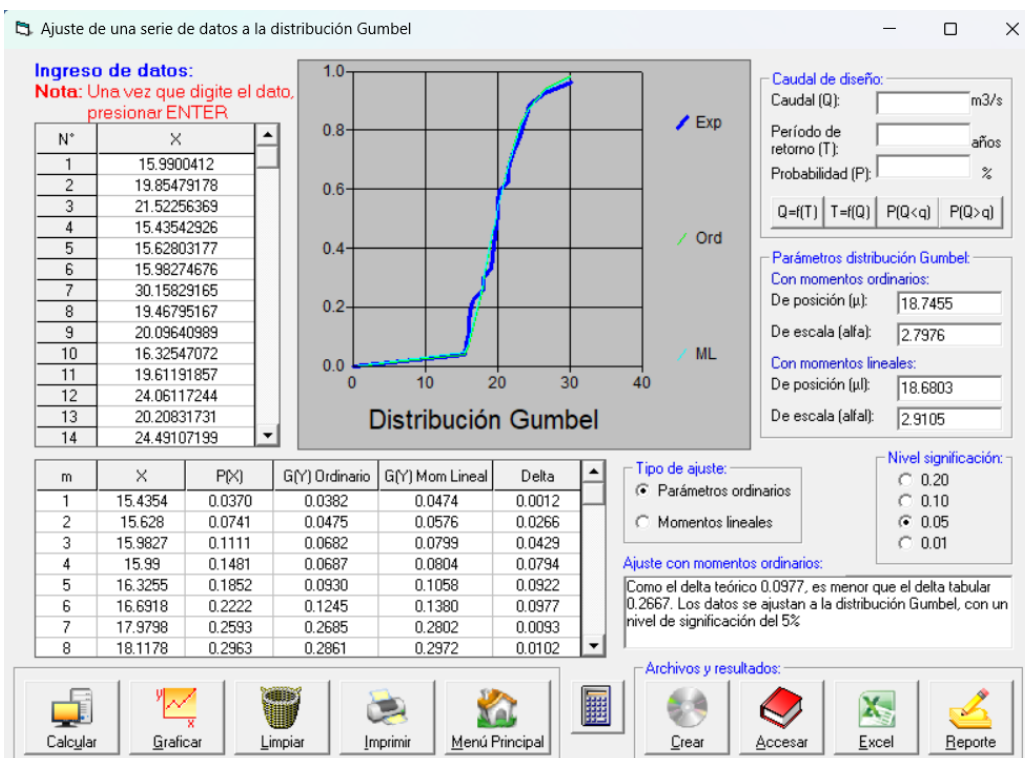


Figura 49

Distribución Log-Gumbel

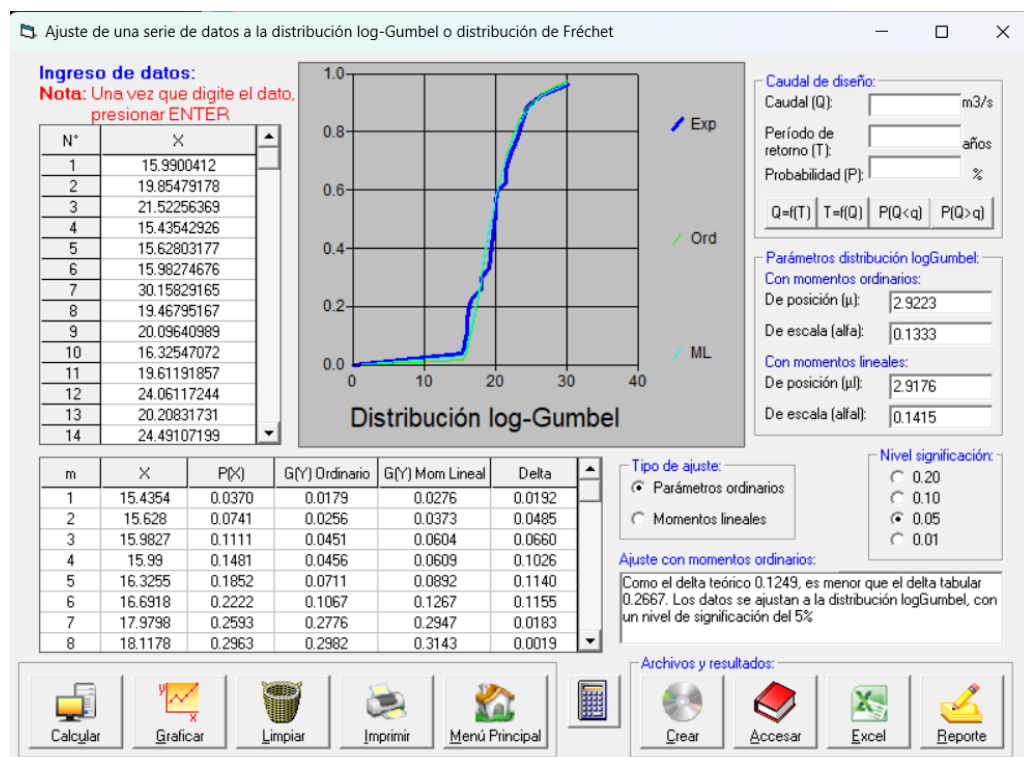


Tabla 47

Intensidades para la cuenca del río Huertas

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	35.01	22.80	17.74	14.85	12.94	11.56	10.51	9.67	8.99	8.43	7.94	7.53
T-5	37.38	24.34	18.94	15.85	13.81	12.34	11.22	10.33	9.60	9.00	8.48	8.04
T-10	39.27	25.58	19.90	16.66	14.51	12.96	11.78	10.85	10.09	9.45	8.91	8.44
T-25	41.93	27.31	21.25	17.79	15.49	13.84	12.58	11.58	10.77	10.09	9.51	9.01
T-50	44.05	28.69	22.33	18.69	16.28	14.54	13.22	12.17	11.32	10.60	10.00	9.47
T-100	46.29	30.15	23.46	19.64	17.10	15.28	13.89	12.79	11.89	11.14	10.50	9.95
T-105	46.45	30.25	23.54	19.70	17.16	15.33	13.94	12.83	11.93	11.18	10.54	9.99
T-500	51.92	33.82	26.32	22.03	19.19	17.14	15.58	14.35	13.34	12.50	11.78	11.16
T-1000	54.56	35.53	27.65	23.14	20.16	18.01	16.37	15.07	14.01	13.13	12.38	11.73
T-10000	64.31	41.88	32.59	27.28	23.76	21.23	19.30	17.77	16.52	15.48	14.59	13.83

Tabla 48

Tormenta de diseño para un PR de 25 años

INS T (min)	INT(mm/ h)	LLUVIA ACUMULAD A (mm)	VARIACIÓ N	INT PARCIA L (mm/h)	LLUVIA ALTERNAD A (mm)	ImPa ALTERNAD A (mm)	LLUVI A ACUM (mm)
20	17.786	5.929	5.929	17.786	0.399	1.198	0.399

40	11.584	7.723	1.794	5.382	0.433	1.298	0.832
60	9.014	9.014	1.292	3.875	0.474	1.423	1.306
80	7.545	10.060	1.045	3.136	0.528	1.585	1.834
100	6.572	10.953	0.894	2.681	0.602	1.806	2.436
120	5.871	11.742	0.789	2.366	0.711	2.133	3.147
140	5.337	12.453	0.711	2.133	0.894	2.681	4.041
160	4.914	13.104	0.651	1.952	1.292	3.875	5.333
180	4.569	13.706	0.602	1.806	5.929	17.786	11.261
200	4.280	14.268	0.562	1.686	1.794	5.382	13.055
220	4.035	14.796	0.528	1.585	1.045	3.136	14.101
240	3.824	15.296	0.499	1.498	0.789	2.366	14.890
260	3.639	15.770	0.474	1.423	0.651	1.952	15.540
280	3.476	16.222	0.452	1.356	0.562	1.686	16.102
300	3.331	16.654	0.433	1.298	0.499	1.498	16.602
320	3.201	17.069	0.415	1.245	0.452	1.356	17.054
340	3.083	17.469	0.399	1.198	0.415	1.245	17.469
360	2.976	17.854	0.385	1.155	0.385	1.155	17.854

Figura 50

Intensidades para un PR de 25 años

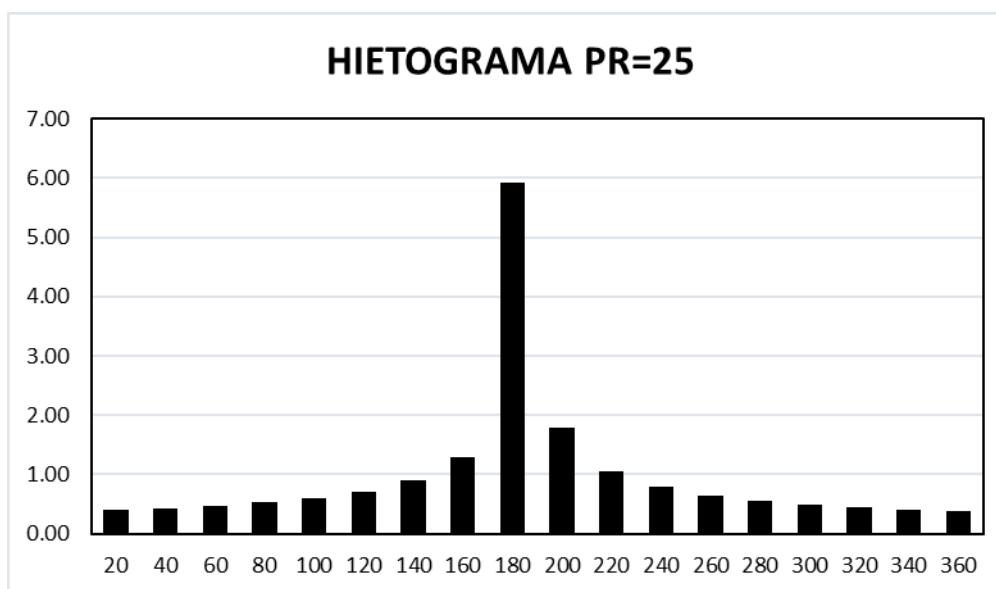


Tabla 49

Tormenta de diseño para un PR de 50 años

INS T (min)	INT(mm/ h)	LLUVIA ACUMULAD A (mm)	VARIACIÓ N	INT PARCIA L (mm/h)	LLUVIA ALTERNAD A (mm)	ImPa ALTERNAD A (mm)	LLUVI A ACUM (mm)
20	18.688	6.229	6.229	18.688	0.420	1.259	0.420
40	12.172	8.114	1.885	5.655	0.454	1.363	0.874
60	9.472	9.472	1.357	4.071	0.498	1.495	1.372
80	7.927	10.570	1.098	3.295	0.555	1.665	1.927
100	6.905	11.509	0.939	2.817	0.633	1.898	2.560
120	6.169	12.338	0.829	2.486	0.747	2.241	3.307
140	5.608	13.085	0.747	2.241	0.939	2.817	4.246
160	5.163	13.769	0.684	2.051	1.357	4.071	5.603
180	4.800	14.401	0.633	1.898	6.229	18.688	11.833
200	4.498	14.992	0.591	1.772	1.885	5.655	13.718
220	4.240	15.547	0.555	1.665	1.098	3.295	14.816
240	4.018	16.072	0.525	1.574	0.829	2.486	15.645
260	3.824	16.570	0.498	1.495	0.684	2.051	16.329

280	3.652	17.045	0.475	1.425	0.591	1.772	16.919
300	3.500	17.499	0.454	1.363	0.525	1.574	17.444
320	3.363	17.935	0.436	1.308	0.475	1.425	17.919
340	3.239	18.355	0.420	1.259	0.436	1.308	18.355
360	3.127	18.759	0.405	1.214	0.405	1.214	18.759

Figura 51

Intensidades para un PR de 50 años

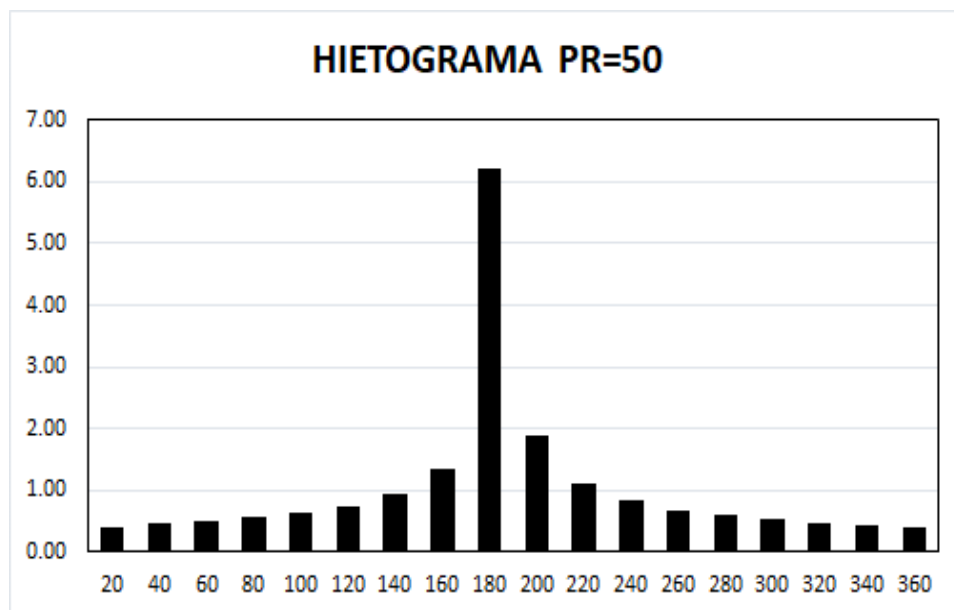


Tabla 50

Tormenta de diseño para un PR de 100 años

INS T (min)	INT(mm/ h)	LLUVIA ACUMULAD A (mm)	VARIACIÓ N	INT PARCIA L (mm/h)	LLUVIA ALTERNAD A (mm)	ImPa ALTERNAD A (mm)	LLUVI A ACUM (mm)
20	19.636	6.545	6.545	19.636	0.441	1.323	0.441
40	12.789	8.526	1.981	5.942	0.478	1.433	0.918
60	9.952	9.952	1.426	4.278	0.524	1.571	1.442
80	8.330	11.106	1.154	3.463	0.583	1.750	2.025
100	7.256	12.093	0.987	2.960	0.665	1.994	2.690
120	6.482	12.964	0.871	2.613	0.785	2.355	3.475
140	5.892	13.749	0.785	2.355	0.987	2.960	4.462
160	5.425	14.467	0.718	2.155	1.426	4.278	5.888
180	5.044	15.132	0.665	1.994	6.545	19.636	12.433
200	4.726	15.752	0.620	1.861	1.981	5.942	14.414
220	4.455	16.336	0.583	1.750	1.154	3.463	15.568
240	4.222	16.887	0.551	1.654	0.871	2.613	16.439
260	4.018	17.410	0.524	1.571	0.718	2.155	17.157
280	3.838	17.909	0.499	1.497	0.620	1.861	17.777
300	3.677	18.387	0.478	1.433	0.551	1.654	18.329
320	3.533	18.845	0.458	1.375	0.499	1.497	18.828
340	3.403	19.286	0.441	1.323	0.458	1.375	19.286
360	3.285	19.711	0.425	1.275	0.425	1.275	19.711

Figura 52

Intensidades para un PR de 100 años

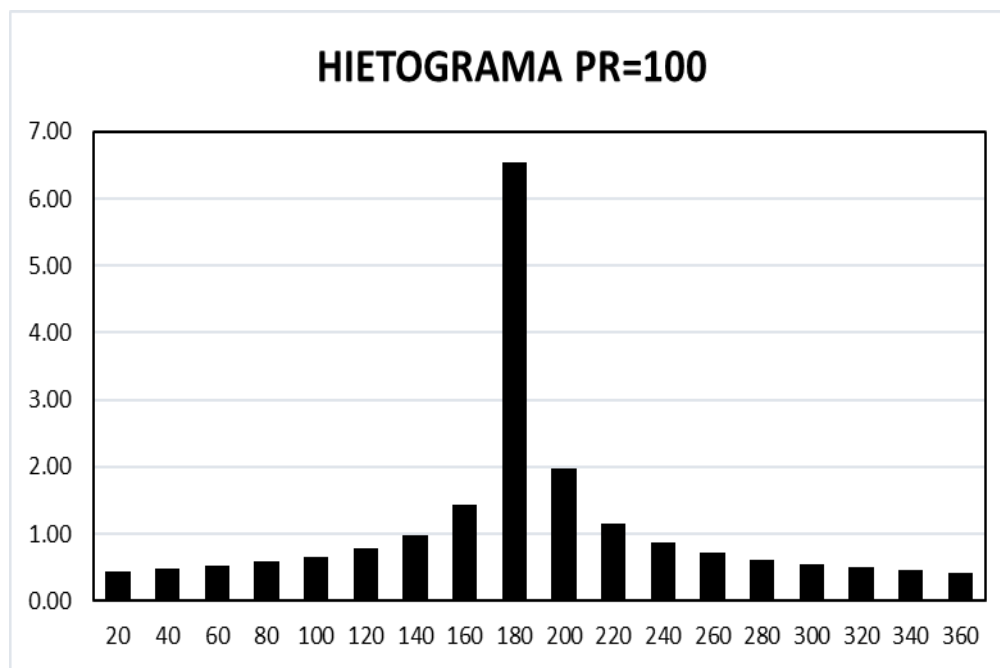


Tabla 51

Tormenta de diseño para un PR de 500 años

INS T (min)	INT(mm/ h)	LLUVIA ACUMULAD A (mm)	VARIACIÓ N	INT PARCIA L (mm/h)	LLUVIA ALTERNAD A (mm)	ImPa ALTERNAD A (mm)	LLUVI A ACUM (mm)
20	22.027	7.342	7.342	22.027	0.495	1.484	0.495
40	14.346	9.564	2.222	6.666	0.536	1.607	1.030
60	11.164	11.164	1.600	4.799	0.587	1.762	1.617
80	9.344	12.459	1.295	3.884	0.654	1.963	2.272
100	8.139	13.565	1.107	3.320	0.746	2.237	3.017
120	7.271	14.542	0.977	2.931	0.881	2.642	3.898
140	6.610	15.423	0.881	2.642	1.107	3.320	5.005
160	6.086	16.229	0.806	2.418	1.600	4.799	6.604
180	5.658	16.974	0.746	2.237	7.342	22.027	13.947
200	5.301	17.670	0.696	2.088	2.222	6.666	16.169
220	4.998	18.325	0.654	1.963	1.295	3.884	17.463
240	4.736	18.943	0.618	1.855	0.977	2.931	18.440
260	4.507	19.530	0.587	1.762	0.806	2.418	19.246
280	4.305	20.090	0.560	1.680	0.696	2.088	19.942
300	4.125	20.626	0.536	1.607	0.618	1.855	20.560
320	3.964	21.140	0.514	1.542	0.560	1.680	21.120
340	3.818	21.634	0.495	1.484	0.514	1.542	21.634
360	3.685	22.111	0.477	1.431	0.477	1.431	22.111

Figura 53

Intensidades para un PR de 500 años

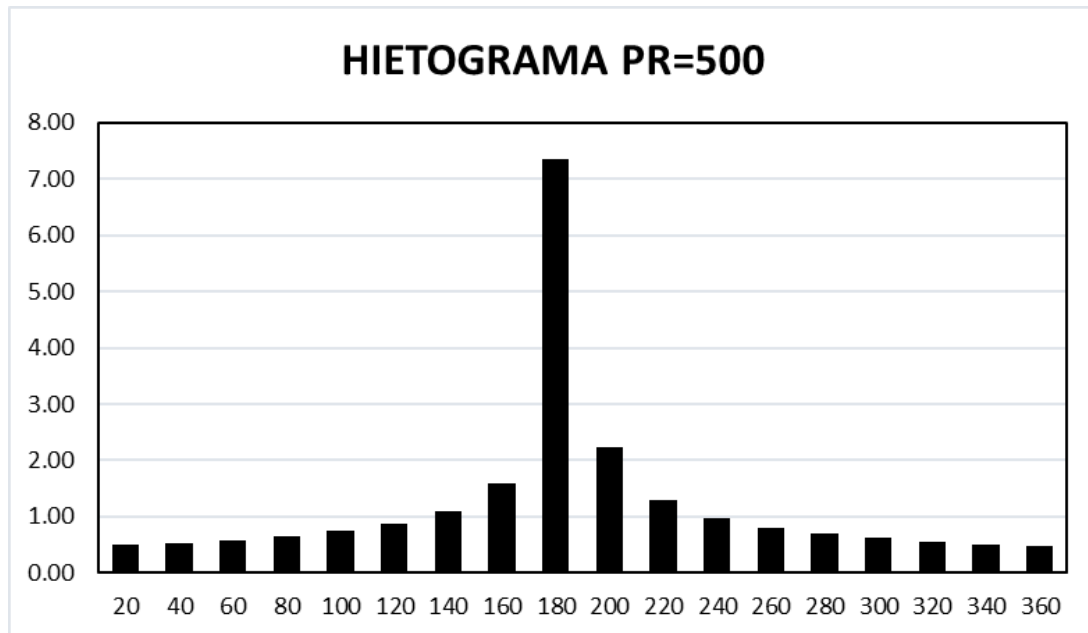


Figura 54

Valores de caudal PR 25 años

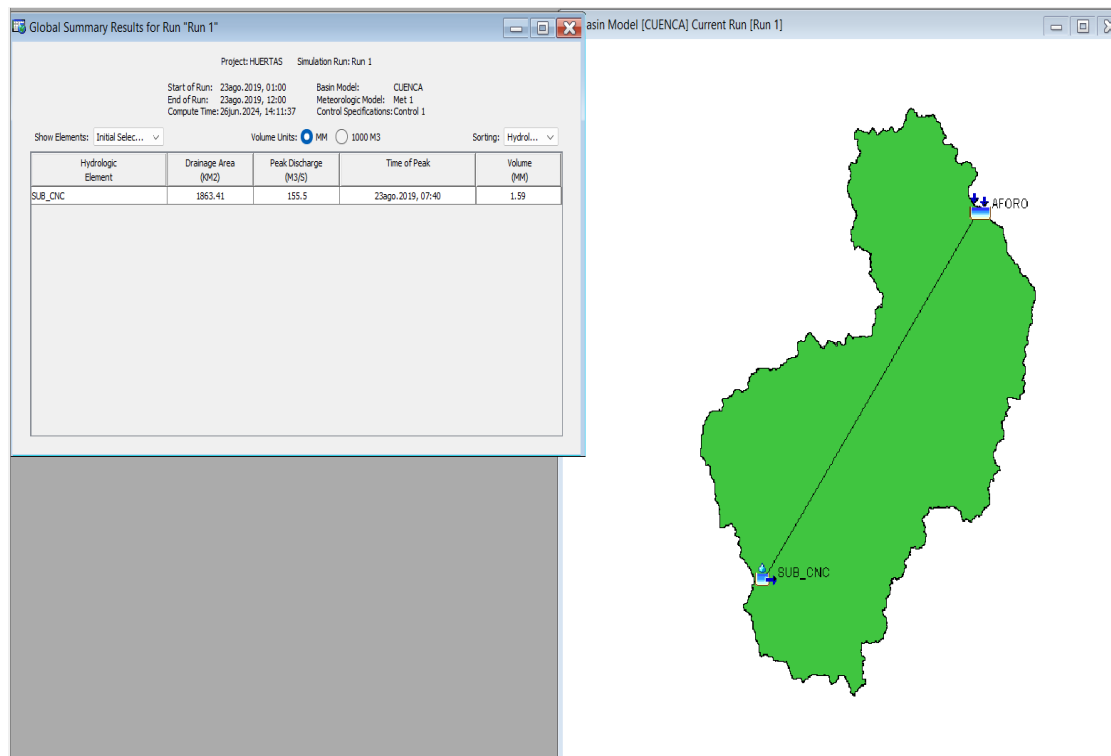


Figura 55
Valores de caudal PR 50 años

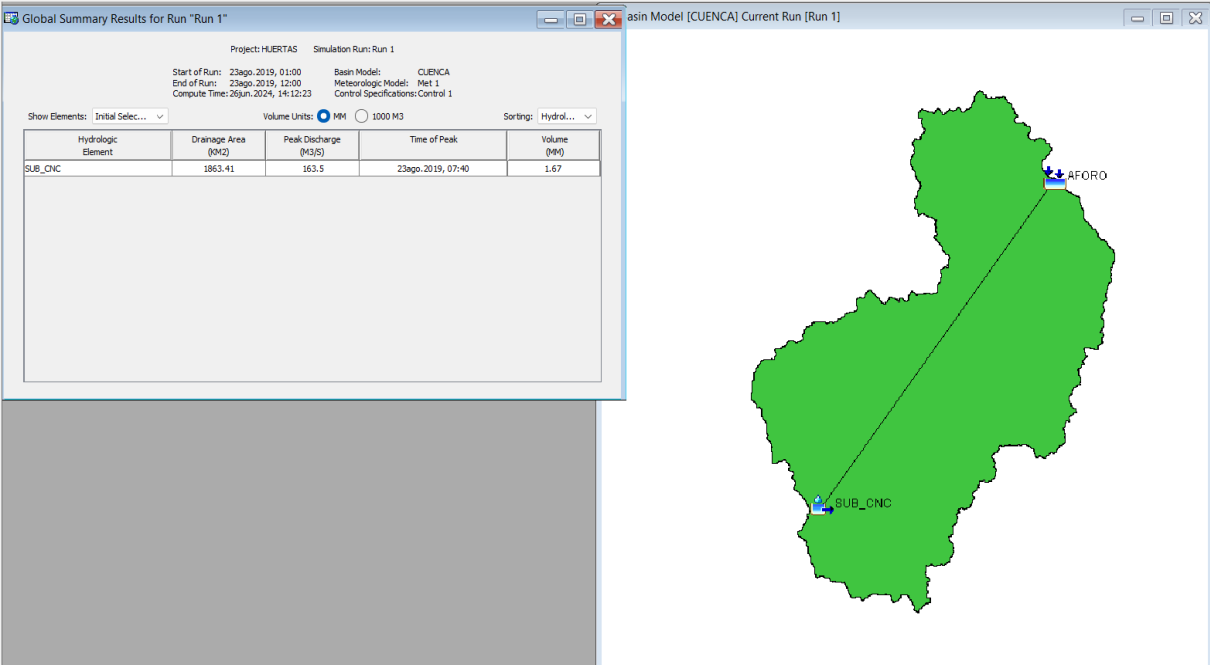


Figura 56
Valores de caudal PR 100 años

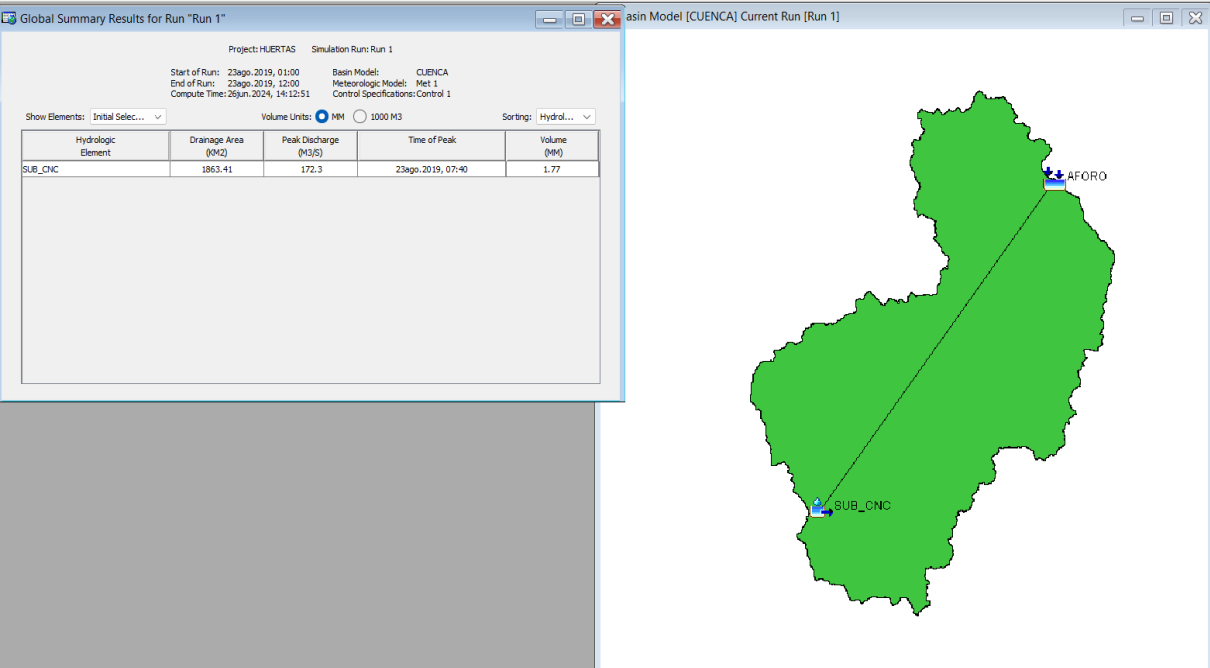


Figura 57

Valores de caudal PR 500 años

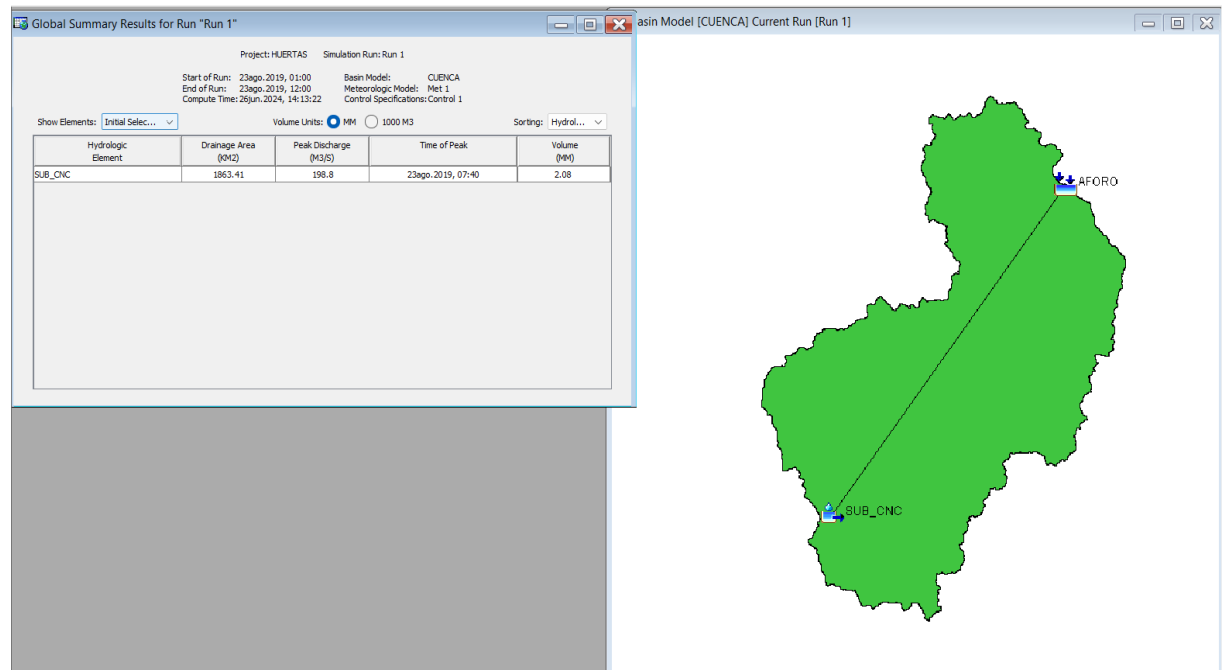


Figura 58

Zonas de inundación para un PR de 10 años

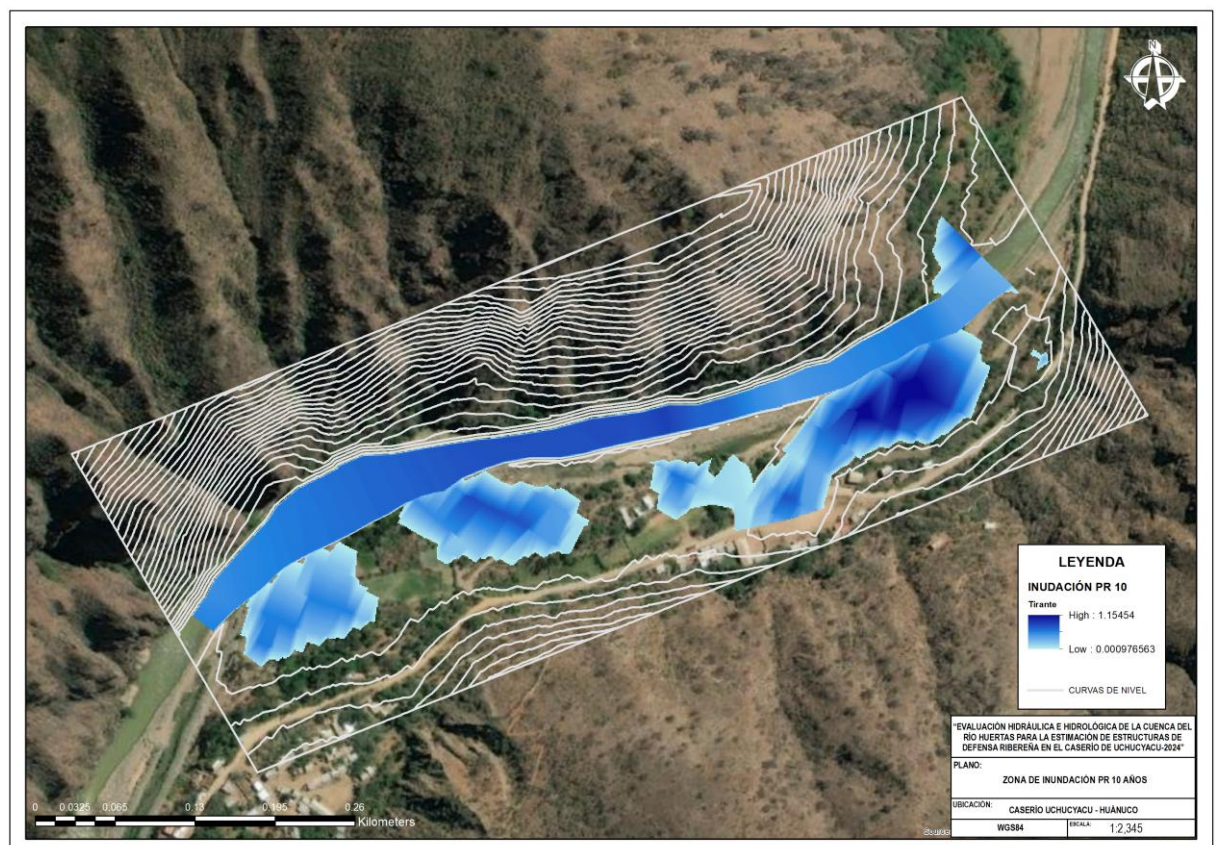


Figura 59

Zonas de inundación para un PR de 25 años

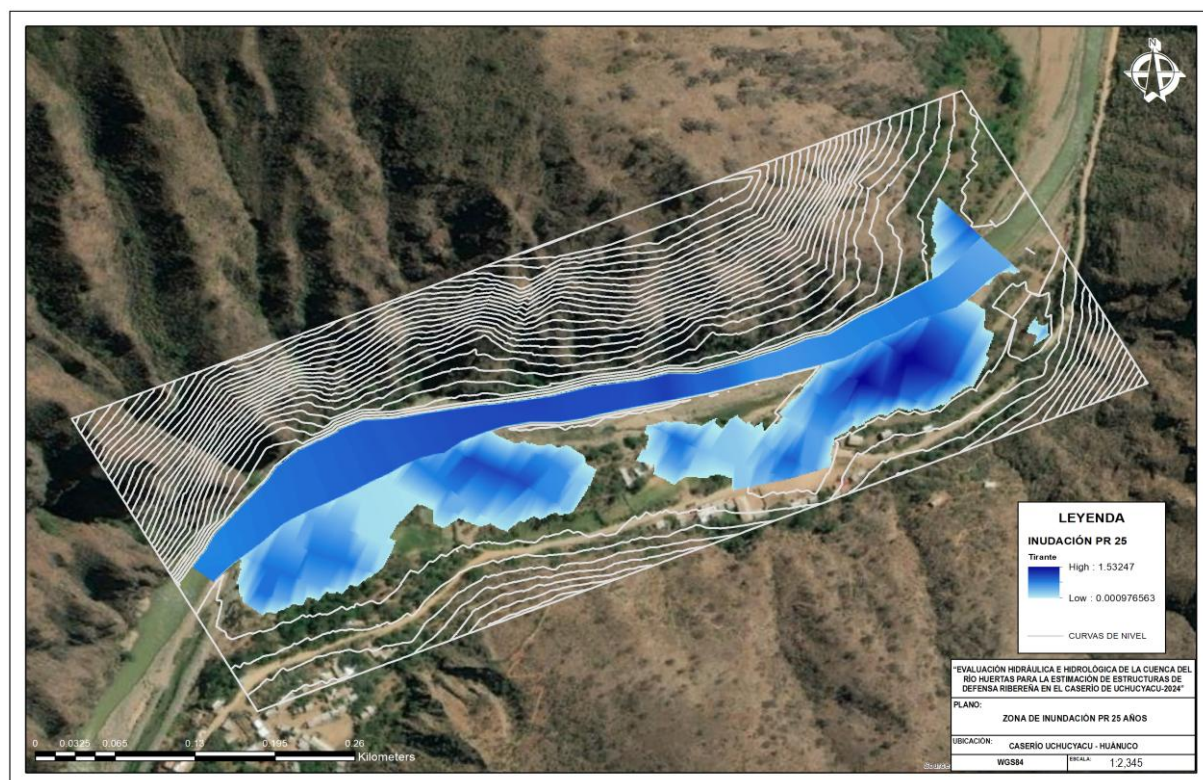


Figura 60

Zonas de inundación para un PR de 50 años

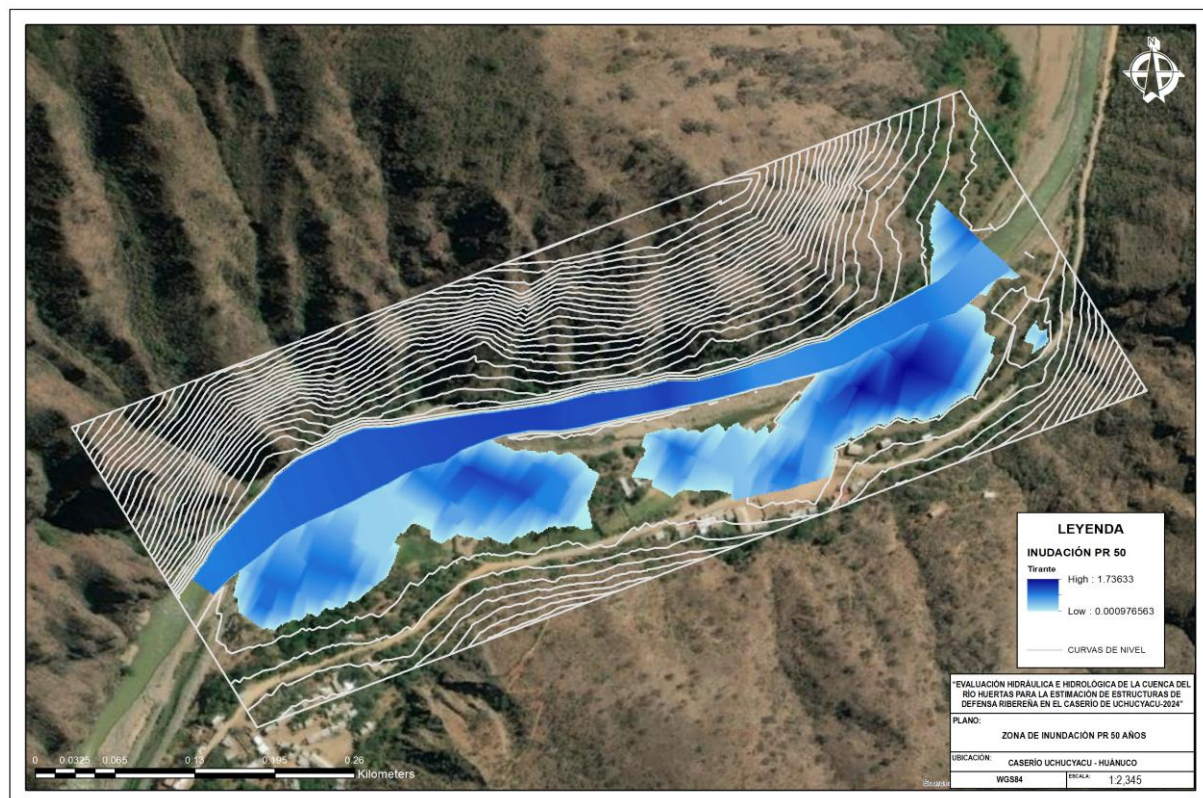


Figura 61

Zonas de inundación para un PR de 100 años

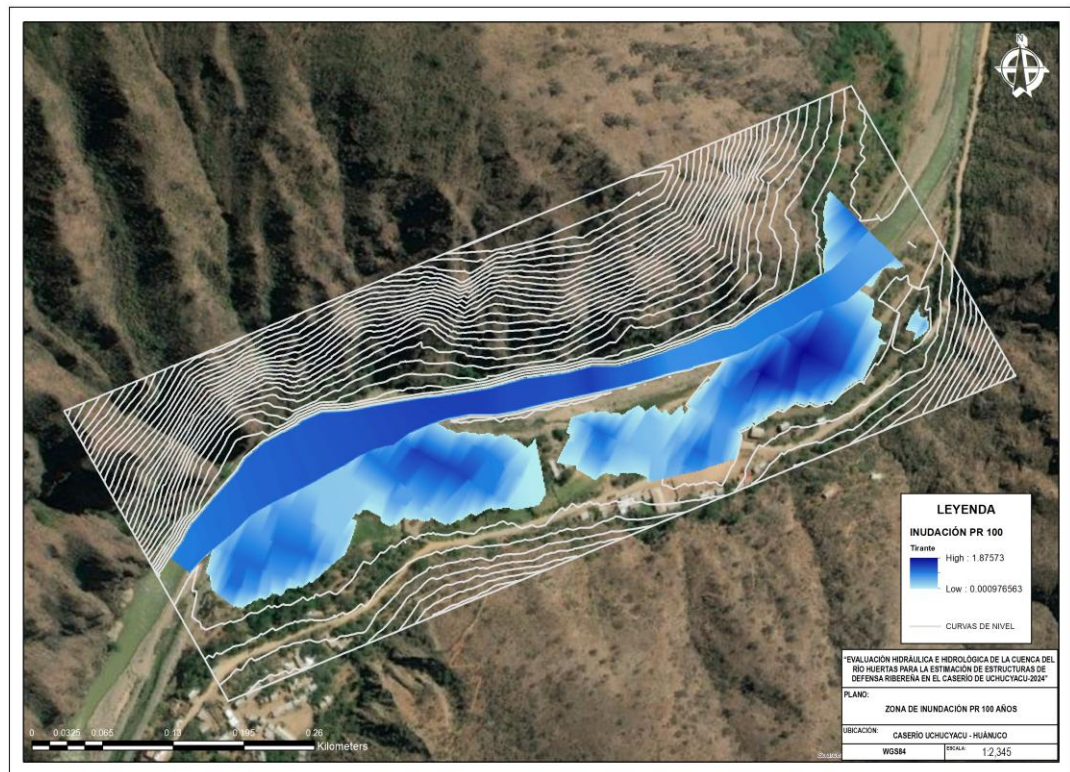


Figura 62

Cartografía con la inclusión de los diques de protección PR10

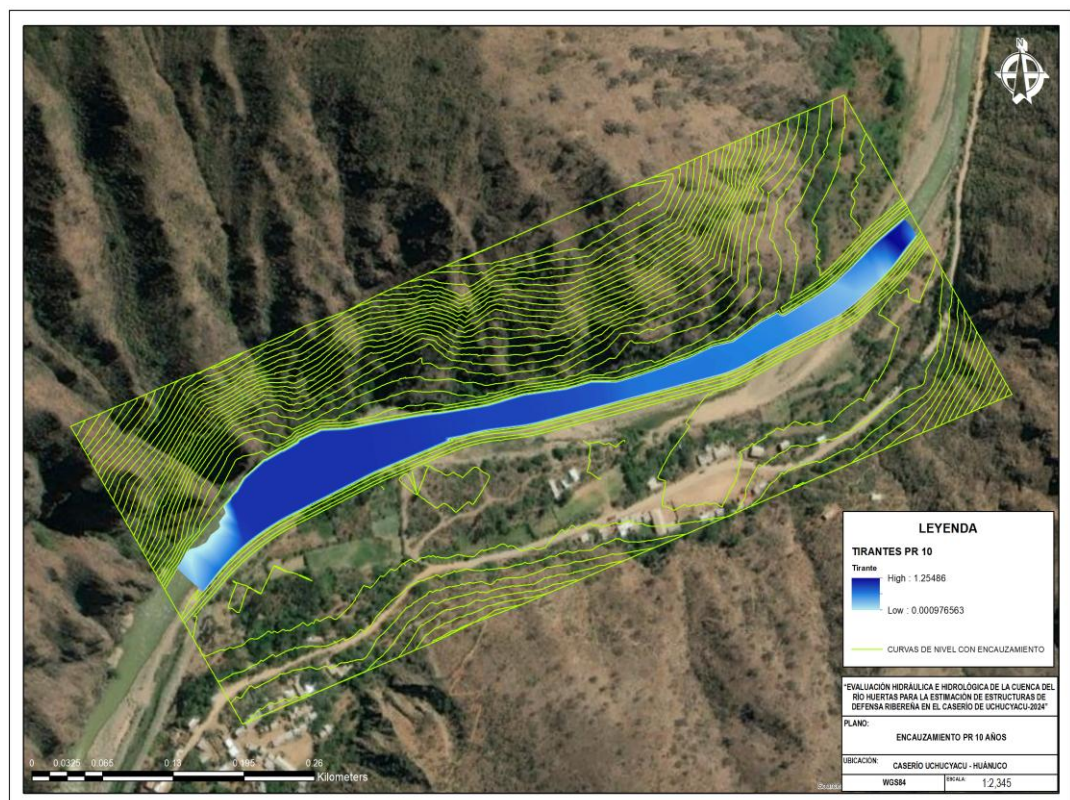


Figura 63

Cartografía con la inclusión de los diques de protección PR25

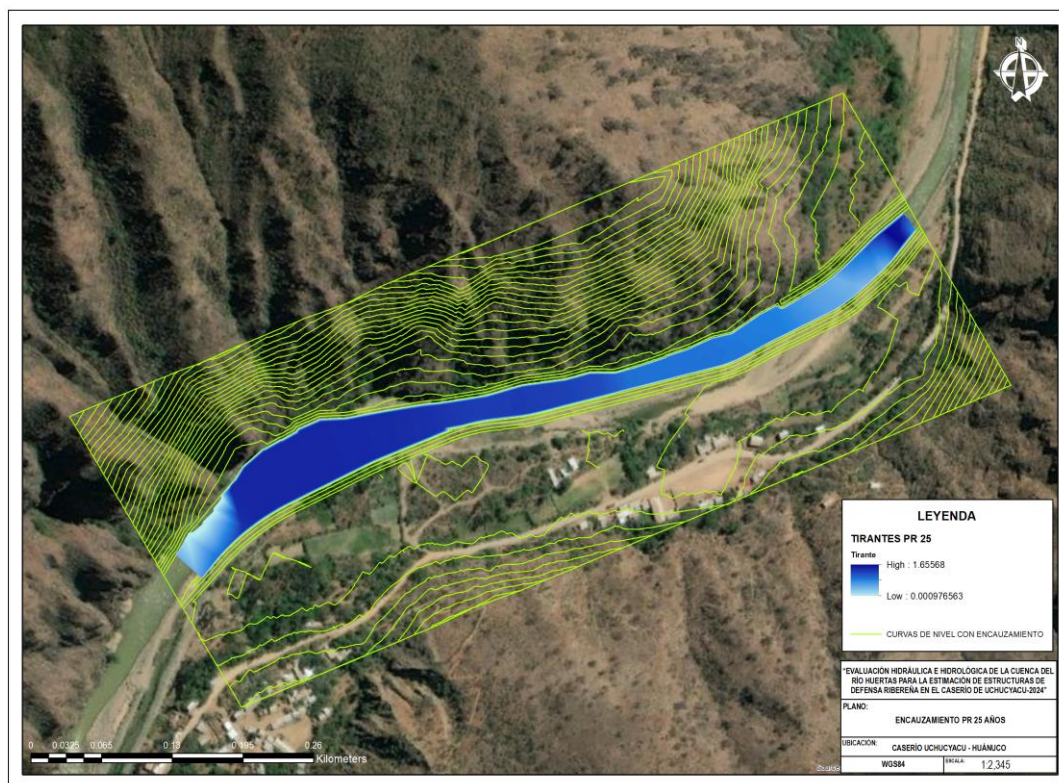


Figura 64

Cartografía con la inclusión de los diques de protección PR50

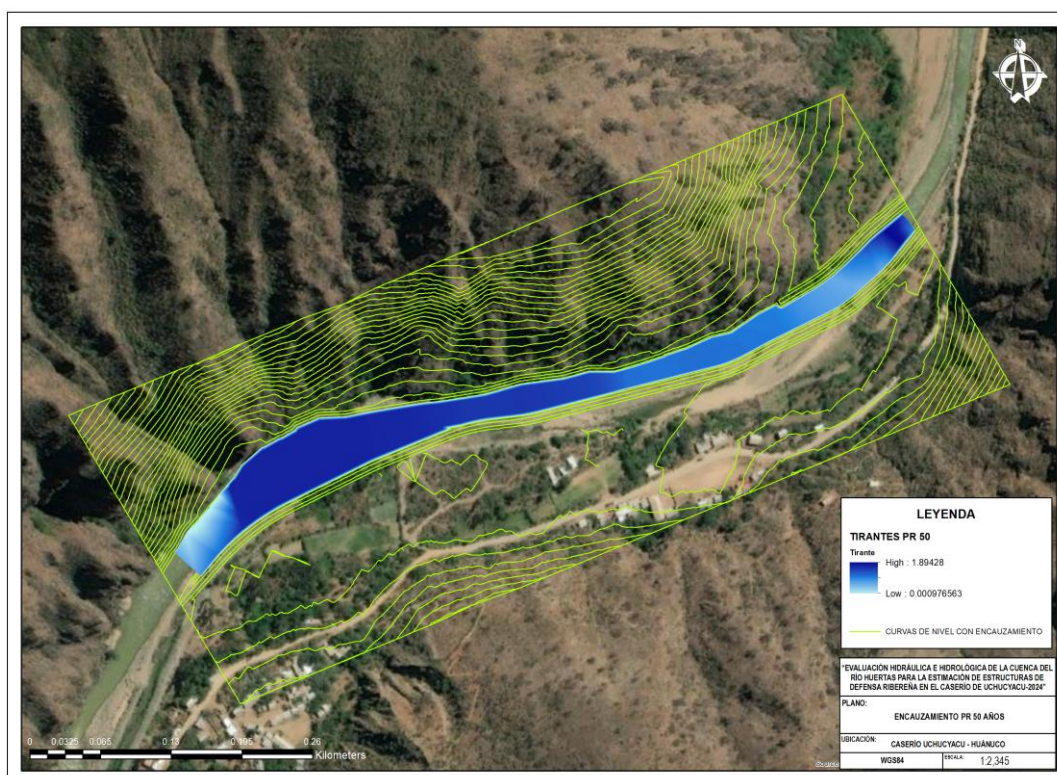


Figura 65

Cartografía con la inclusión de los diques de protección PR100

