

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Simulación hidráulica para la determinación de llanuras
de inundación del río Chinobamba en el sector caserío
de Vado, Churubamba, Huánuco-2022”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Jesús Valle, Carlos Efraín

ASESOR: Jacha Rojas, Jhonny Prudencio

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

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 Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22518888

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40895876

Grado/Título: Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información

Código ORCID: 0000-0001-7920-1304

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Lambruschini Espinoza, Reyder Alexander	Título oficial de máster universitario en ingeniería hidráulica y medio ambiente	45250659	0000-0003-0701-2621
2	Guarniz Flores, Joel Luis	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	46064394	0000-0003-1651-8683
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745

H

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día martes 26 del mes de julio del año 2023, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

MG. REYDER ALEXANDER LAMBRUSCHINI ESPINOZA	(PRESIDENTE)
MG. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES	(SECRETARIO)
MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	(VOCAL)

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 1519-2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **“SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LLANURAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO CHINOBAMBA EN EL SECTOR CASERÍO DE VADO, CHURUBAMBA, HUÁNUCO-2022”**, presentado por el (la) Bach. Carlos Efraín JESUS VALLE, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil.


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

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

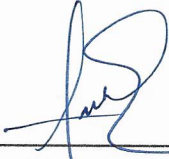
Siendo las *16:50* horas del día *26* del mes de *Julio* del año *2023*, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. REYDER ALEXANDER LAMBRUSCHINI ESPINOZA
ORCID: 0000-0003-0701-2621
PRESIDENTE



MG. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES
ORCID: 0000-0003-1651-8683
SECRETARIO



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
ORCID: 0000-0002-7346-9542
VOCAL



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, ...Johnny Prudencio JACHA ROJAS..... ,
asesor(a) del PA Ingeniería Civil..... y designado(a)
mediante documento ..RESOLUCIÓN N° 1973-2022-D-FI-UDH..... del (los)
estudiante(s) **JESUS VALLE, CARLOS EFRAIN**.....

....., de
la investigación titulada:

..... **SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LLANAURAS
DE INUNDACIÓN DEL RIO CHINOMBAMBA EN EL SECTOR CASERÍO DE
VADO, CHURUBAMBA, HUÁNUCO - 2022**.....

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del¹⁴ %
verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el
Software Antiplagio Turnitin.

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

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

Huánuco, ..10... de AGOSTO...de ..202..3


 Johnny P. Jacha Rojas
INGENIERO DE SISTEMAS
Mg. Jacha Rojas Johnny Prudencio
DNI: 40895876
ORCID. 0000-0001-7920-1304
Asesor

“SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LLANURAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO CHINOBAMBA EN EL SECTOR CASERÍO DE VADO, CHURUBAMBA, HUÁNUCO-2022”

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	14%	3%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upecen.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral	<1%



Johnny P. Jacha Rojas
INGENIERO DE SISTEMAS
CIP N° 146207

Mg. Jacha Rojas Johnny Prudencio
DNI: 40895876
ORCID. 0000-0001-7920-1304
Asesor

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia y amigos, quienes me han apoyado incondicionalmente en cada paso de mi vida académica y personal. A mi mentor y profesor, quien me ha guiado y enseñado valiosas lecciones que llevaré conmigo en mi carrera profesional. Y, finalmente, a todas las personas que han contribuido de alguna manera a este proyecto, gracias por ser parte de este logro que hoy comparto con orgullo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido de alguna manera a la realización de este trabajo. En primer lugar, a mi asesor de tesis, por su apoyo, paciencia, sabiduría y orientación en todo momento. A mi familia, por ser mi mayor fuente de inspiración y por su amor incondicional que me ha dado la fuerza y el ánimo necesarios para superar los obstáculos. A mis amigos, por su apoyo y ánimo en los momentos más difíciles. A todos mis profesores, por impartirme los conocimientos necesarios para alcanzar este logro. Y, finalmente, a todas las personas que de alguna manera me han ayudado, gracias por ser parte de este proyecto y por su confianza en mí.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPITULO I.....	19
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	20
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	20
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	21
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	21
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	22
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
CAPITULO II.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	23
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	32
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	37
2.2. BASES TEÓRICAS.....	40
2.2.1. CONCEPTUALIZACIÓN DEL CICLO DEL AGUA.....	40
2.2.2. BALANCE HÍDRICO EN UNA CUENCA.....	41

2.2.3. CUENCA HIDROGRÁFICA	42
2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA.....	44
2.2.5. PRECIPITACIÓN	51
2.2.6. CAUDALES CRÍTICOS.....	65
2.2.7. PERIODO DE RETORNO.....	65
2.2.8. INUNDACIONES.....	74
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	75
2.4. HIPÓTESIS	76
2.5. VARIABLES.....	76
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	76
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	76
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	77
CAPITULO III.....	78
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	78
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	78
3.1.1. ENFOQUE	78
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	78
3.1.3. DISEÑO	78
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	79
3.2.1. POBLACIÓN.....	79
3.2.2. MUESTRA	79
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	79
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	79
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	83
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	97
CAPITULO IV.....	99
RESULTADOS.....	99
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	99
4.1.1. MODELO DE LA CUENCA CHINOBAMBA	99
4.1.2. MODELO DE LLUVIA	106
4.1.3. MODELO DE TORMENTA	131
4.1.4. MODELO HIDROLÓGICO	136
4.1.5. MODELO DE INUNDACIÓN	137
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	140

CAPITULO V.....	143
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	143
CONCLUSIONES	145
RECOMENDACIONES.....	146
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147
ANEXOS.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación por área.....	46
Tabla 2 Clasificación de densidad de drenaje	49
Tabla 3 Parámetros estadísticos.....	54
Tabla 4 Oblicuidad.....	55
Tabla 5 Valores de periodo de retorno.....	66
Tabla 6 Valores de rugosidad	67
Tabla 7 Escorrentía en función a la vegetación	70
Tabla 8 Escorrentía en función a la zona urbana.....	70
Tabla 9 Factor Mac Math	71
Tabla 10 Valor del número de curva “N”	72
Tabla 11 Organización de suelos.....	73
Tabla 12 Operacionalización de variables	77
Tabla 13 Ficha de identificación de punto de aforo.....	79
Tabla 14 Ficha de parámetros geomorfológicos	85
Tabla 15 Ficha altitudinal de la cuenca.....	85
Tabla 16 Ficha de caracterización de pendiente de la cuenca	86
Tabla 17 Ficha de hidrografía de la cuenca.....	86
Tabla 18 Ficha de cobertura vegetal.....	86
Tabla 19 Ficha de coeficiente de escorrentía	87
Tabla 20 Ficha de número de curva	87
Tabla 21 Ficha de tiempo de concentración	87
Tabla 22 Ficha de registro de precipitaciones	88
Tabla 23 Ficha de distancias entre estaciones	89
Tabla 24 Ficha de prueba Outlier.....	89
Tabla 25 Ficha de valores de resumen de precipitación.....	90
Tabla 26 Ficha de dobles masas para precipitaciones	90
Tabla 27 Ficha de análisis estadístico	91
Tabla 28 Ficha de distribución estadística de Gumbel.....	92
Tabla 29 Prueba de bondad Kolmogorov-Smirnov	92
Tabla 30 Ficha de precipitaciones	92
Tabla 31 Ficha de precipitaciones máximas	93

Tabla 32 Ficha de precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno	93
Tabla 33 Ficha de intensidades de lluvia	94
Tabla 34 Regresión lineal para ecuación de intensidad.....	94
Tabla 35 Ficha de tormenta de diseño.....	95
Tabla 36 Ficha de caudales.....	95
Tabla 37 Punto de aforo para la cuenca	99
Tabla 38 Tabla de altitudes.....	100
Tabla 39 Pendiente de la cuenca Chinobamba	102
Tabla 40 Pendientes de la red hídrica	103
Tabla 41 Valores de geomorfología de la cuenca Chinobamba.....	103
Tabla 42 Distribución de la cobertura vegetal de la cuenca Chinobamba ..	104
Tabla 43 Valor estimado del número de curva	105
Tabla 44 Coeficiente de escorrentía	106
Tabla 45 Valores de tiempo de concentración	106
Tabla 46 Distancia entre estaciones	107
Tabla 47 Registro histórico de precipitaciones-Estación Tulumayo	108
Tabla 48 Registro histórico completado de precipitaciones-Estación Tulumayo	110
Tabla 49 Prueba Outlier de la estación Tulumayo	113
Tabla 50 Registro interpolado de precipitaciones en el centroide de la cuenca	115
Tabla 51 Prueba Outlier para valores del centroide de la cuenca.....	118
Tabla 52 Registro interpolado corregido de precipitaciones en el centroide	120
Tabla 53 Prueba Outlier para valores corregidos del centroide de la cuenca	123
Tabla 54 Resumen de valores de precipitación para la cuenca Chinobamba.....	124
Tabla 55 Análisis de doble masa para las precipitaciones.....	126
Tabla 56 Valores seleccionados para el análisis estadístico de precipitación.....	128
Tabla 57 Distribución Normal.....	129
Tabla 58 Prueba de bondad Kolmogorov-Smirnov	130

Tabla 59 Precipitaciones para diferentes periodos de retorno	131
Tabla 60 Estimación de precipitaciones para diferentes periodos de retorno	131
Tabla 61 Precipitaciones máximas	131
Tabla 62 Intensidades de lluvia.....	132
Tabla 63 Estimación de los valores de parámetros para un PR=25 años...	133
Tabla 64 Resumen de valores de parámetros	133
Tabla 65 Regresión final	134
Tabla 66 Factores de la ecuación de intensidad.....	134
Tabla 67 Intensidades de acuerdo a los factores de ecuación	135
Tabla 68 Tormentas de diseño PR=100 años.....	135
Tabla 69 Valores de caudal de diseño para diferentes periodos de retorno	137
Tabla 70 Matriz de Consistencia.....	150
Tabla 71 Registro histórico de precipitaciones-Estación Canchán	152
Tabla 72 Registro histórico completado de precipitaciones-Estación Canchán	155
Tabla 73 Prueba Outlier de la estación Canchán.....	158
Tabla 74 Registro histórico corregido -Estación Canchán	160
Tabla 75 Prueba Outlier corregido de la estación Canchán.....	163
Tabla 76 Registro histórico de precipitaciones-Estación Huánuco	165
Tabla 77 Registro histórico completado de precipitaciones-Estación Huánuco	167
Tabla 78 Prueba Outlier de la estación Huánuco.....	170
Tabla 79 Registro histórico de precipitaciones-Estación San Rafael.....	172
Tabla 80 Registro histórico completado de precipitaciones-Estación San Rafael	174
Tabla 81 Prueba Outlier de la estación San Rafael	177
Tabla 82 Registro histórico de precipitaciones-Estación Tingo María.....	179
Tabla 83 Registro histórico completado de precipitaciones-Estación Tingo María.....	181
Tabla 84 Prueba Outlier de la estación Tingo María.....	184
Tabla 85 Registro histórico de precipitaciones-Sistema PISCO	186
Tabla 86 Prueba Outlier deL sistema PISCO	189

Tabla 87 Distribución Log Normal 2P	192
Tabla 88 Distribución Gamma 2P	193
Tabla 89 Distribución de Gumbel.....	194
Tabla 90 Distribución Log de Gumbel.....	195
Tabla 91 Estimación de los valores de parámetros para un PR=2 años	196
Tabla 92 Estimación de los valores de parámetros para un PR=5 años	196
Tabla 93 Estimación de los valores de parámetros para un PR=10 años...	197
Tabla 94 Estimación de los valores de parámetros para un PR=50 años...	197
Tabla 95 Estimación de los valores de parámetros para un PR=100 años.	197
Tabla 96 Estimación de los valores de parámetros para un PR=105 años.	198
Tabla 97 Estimación de los valores de parámetros para un PR=500 años.	198
Tabla 98 Estimación de los valores de parámetros para un PR=1000 años	199
Tabla 99 Estimación de los valores de parámetros para un PR=10000 años	199
Tabla 100 Tormentas de diseño PR=10 años.....	199
Tabla 101 Tormentas de diseño PR=25 años.....	200
Tabla 102 Tormentas de diseño PR=50 años.....	201
Tabla 103 Tormentas de diseño PR=500 años.....	202

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo hidrológico	41
Figura 2 Cuenca hidrográfica.....	43
Figura 3 Zonas de la cuenca.....	44
Figura 4 Área de drenaje	46
Figura 5 Forma de cuenca	47
Figura 6 Grado de ramificación.....	48
Figura 7 Principales relieves formados	50
Figura 8 Cálculo de pendiente ponderada	51
Figura 9 Tipos de precipitación	52
Figura 10 Cálculo de pendiente ponderada	54
Figura 11 Características graficas de oblicuidad	56
Figura 12 Polígonos de Thiessen	61
Figura 13 Isoyetas	62
Figura 14 Curva IDF	64
Figura 15 Hietograma de precipitación	65
Figura 16 Sistema satelital ALOS PALSAR	80
Figura 17 Entorno del software ArcMap.....	81
Figura 18 Base de datos históricos SENAMHI.....	82
Figura 19 Servidor ANDREA de la base de datos de la ANA	83
Figura 20 Esquema metodológico para la delimitación de la cuenca	84
Figura 21 Esquema de parámetros geomorfológicos de una cuenca	84
Figura 22 Plantilla general de información cartográfica	96
Figura 23 Delimitación de cuenca Chinobamba	99
Figura 24 Cuenca del río Chinobamba	100
Figura 25 Curva hipsométrica y polígono de frecuencia de la cuenca Chinobamba.....	101
Figura 26 Pendiente de la cuenca Chinobamba	101
Figura 27 Pendientes de red hídrica de la cuenca Chinobamba	102
Figura 28 Cobertura vegetal de la cuenca Chinobamba.....	104
Figura 29 Valor del número de curva de la cuenca Chinobamba	105
Figura 30 Mapa de isoyetas de la cuenca	107
Figura 31 Gráfica Outlier-Estación Tulumayo	114

Figura 32 Gráfica Outlier – Centroide de la Cuenca Chinobamba	119
Figura 33 Gráfica Outlier corregido – Centroide de la Cuenca Chinobamba.....	124
Figura 34 Valores de precipitación máxima para la cuenca del río Chinobamba.....	125
Figura 35 Análisis de doble masa estación del centroide y del sistema PISCO.....	128
Figura 36 Gráfica de ajuste para la distribución Normal	130
Figura 37 Estimación de caudal para un PR=100 años HEC-HMS	136
Figura 38 Área de estudio en específico.....	137
Figura 39 Zonas de inundación para un PR=10 años.....	138
Figura 40 Zonas de inundación para un PR=25 años.....	138
Figura 41 Zonas de inundación para un PR=50 años.....	139
Figura 42 Zonas de inundación para un PR=100 años.....	139
Figura 43 Zonas de inundación para un PR=500 años.....	140
Figura 44 Gráfica Outlier-Estación Canchán	159
Figura 45 Gráfica Outlier corregido-Estación Canchán.....	164
Figura 46 Gráfica Outlier-Estación Huánuco	171
Figura 47 Gráfica Outlier-Estación San Rafael	178
Figura 48 Gráfica Outlier-Estación Tingo María.....	185
Figura 49 Gráfica Outlier-Sistema PISCO	190
Figura 50 Análisis doble masa-Estación Canchán.....	190
Figura 51 Análisis doble masa-Estación Huánuco.....	190
Figura 52 Análisis doble masa-Estación San Rafael	191
Figura 53 Análisis doble masa-Estación Tingo María	191
Figura 54 Análisis doble masa-Estación Tulumayo	191
Figura 55 Distribución Log Normal 2P	192
Figura 56 Distribución Gamma 2P	194
Figura 57 Distribución de Gumbel.....	195
Figura 58 Distribución Log de Gumbel.....	196
Figura 59 Estimación de caudal para un PR=10 años HEC-HMS	203
Figura 60 Estimación de caudal para un PR=25 años HEC-HMS	203
Figura 61 Estimación de caudal para un PR=50 años HEC-HMS	204
Figura 62 Estimación de caudal para un PR=500 años HEC-HMS	204

Figura 63 Levantamiento topográfico.....	205
Figura 64 Levantamiento topográfico.....	205
Figura 65 Levantamiento topográfico.....	206
Figura 66 Levantamiento topográfico.....	206
Figura 67 Levantamiento topográfico.....	207
Figura 68 Levantamiento topográfico.....	207
Figura 69 Levantamiento topográfico.....	208
Figura 70 Levantamiento topográfico.....	208
Figura 71 Levantamiento topográfico.....	209
Figura 72 Levantamiento topográfico.....	209
Figura 73 Levantamiento topográfico.....	210
Figura 74 Levantamiento topográfico.....	210
Figura 75 Levantamiento topográfico.....	211
Figura 76 Levantamiento topográfico.....	211
Figura 77 Levantamiento topográfico.....	212
Figura 78 Levantamiento topográfico.....	212
Figura 79 Levantamiento topográfico.....	213
Figura 80 Levantamiento topográfico.....	213
Figura 81 Levantamiento topográfico.....	214
Figura 82 Levantamiento topográfico.....	214
Figura 83 Resolución de aprobación de proyecto.....	215

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivos la elaboración de un modelo hidráulico que facilite la identificación de las zonas de inundación que se generen en los márgenes del río Chinobamba en el distrito de Churubamba, con ello se planteó la identificación de las llanuras de inundación en los márgenes, el cálculo de los caudales para diferentes periodos de retorno, la identificación de los parámetros que influyan en los resultados de las simulaciones hidráulicas de la zona, la identificación de las zonas más críticas afectadas por las inundaciones y el planteamiento de medidas no estructurales que mitiguen los efectos negativos de las inundaciones. A partir de la caracterización hidrológica e hidráulica de la zona del río Chinobamba se logró estimar que, para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años las superficies de inundación son de 7.78, 7.87, 7.96, 8.03 y 8.21 ha respectivamente dichos valores fueron determinados a partir del modelo hidráulico ejecutado en el software HEC-RAS, para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años los valores de caudal estimados fueron de 15.73, 16.38, 16.90, 17.42 y 18.72 m³/s respectivamente dichos valores fueron estimados a partir de la metodología del SCS el cual se pudo aplicar directamente en el software HEC-HMS teniendo así un modelo que brinda resultados confiables, se pudo identificar que para la simulación hidráulica es muy relevante la caracterización del suelo de la zona de interés ya que esto puede influenciar directamente con los valores del número de curva que finalmente son usados para el cálculo de los caudales de diseño, junto con ello se tiene que tener también en cuenta la influencia que genera la lluvia interpolada para la zona de interés, los puntos más críticos frente a una inundación se presentaron en ambos márgenes del río Chinobamba en la parte final de su recorrido, en dicha zona es en la cual se establecieron centros urbanos y actividades agrícolas de la población que habita la zona y elaborar un plan de manejo de riesgos frente a inundaciones en la zona del río Chinobamba se lograr a partir de una caracterización de la población que habita en la zona identificando los puntos más vulnerables que presenten con el fin de mitigar los riesgos que se generen en la zona.

Palabras clave: Chinobamba, inundaciones, caudal, hidrología, hidráulica, lluvias, precipitación, HEC-RAS, HEC-HMS.

ABSTRACT

The research had as objectives the elaboration of a hydraulic model that facilitates the identification of the flood zones that are generated in the margins of the Chinobamba river in the district of Churubamba, with this the identification of the flood plains in the margins was raised. the calculation of flows for different return periods, the identification of the parameters that influence the results of the hydraulic simulations of the area, the identification of the most critical areas affected by floods and the proposal of non-structural measures that mitigate the negative effects of flooding. From the hydrological and hydraulic characterization of the Chinobamba river area, it was possible to estimate that, for the return periods of 10, 25, 50, 100 and 500 years, the flood surfaces are 7.78, 7.87, 7.96, 8.03 and 8.21. ha respectively, these values were determined from the hydraulic model executed in the HEC-RAS software, for the return periods of 10, 25, 50, 100 and 500 years the estimated flow values were 15.73, 16.38, 16.90, 17.42 and 18.72 m³/s respectively, these values were estimated from the SCS methodology, which could be applied directly in the HEC-HMS software, thus having a model that provides reliable results, it was possible to identify that characterization is very relevant for hydraulic simulation. of the soil of the area of interest since this can directly influence the values of the curve number that are finally used for the calculation of the design flows, along with this it must be taken into account Also taking into account the influence generated by interpolated rain for the area of interest, the most critical points in the face of a flood occurred on both banks of the Chinobamba River in the final part of its route, in said area is where centers were established. urban and agricultural activities of the population living in the area and developing a risk management plan for flooding in the Chinobamba river area can be achieved based on a characterization of the population living in the area, identifying the most vulnerable points they present in order to mitigate the risks generated in the area.

Keywords: Chinobamba, floods, flow, hydrology, hydraulics, rainfall, precipitation, HEC-RAS, HEC-HMS.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los eventos de inundación son uno de los desastres naturales más recurrentes y devastadores ocurridos en todo el mundo. Anualmente miles de familias se ven damnificadas por este tipo de eventos naturales generando daños a la salud y afectaciones económicas a toda la población, este tipo de eventos vienen directamente ligados a los eventos de cambio climático que cada vez son más evidentes en el entorno en el que vivimos. Por lo tanto, comprender las causas y los impactos de las inundaciones son fundamentales para la gestión efectiva de este tipo de eventos naturales. En la presente investigación nos centramos en la realidad del río Chinobamba que se encuentra en el distritito de Churubamba, este río fue sometido a un análisis hidrológico e hidráulico con la finalidad de identificar las zonas con un alto grado de inundación, para ello se establecieron procesos de identificación de la cuenca que se genera por el cauce del río, la identificación de los valores de lluvias ocurridas en las zonas cercanas al área de interés, la interpolación de valores de lluvia en el centroide de la cuenca a fin de obtener valores confiables de precipitación, se elaboraron modelos hidrológicos aplicando la metodología del SCS para la estimación de caudales de diseño y la elaboración de un modelo hidráulico en el software HEC-RAS a fin de obtener las zonas más propensas a inundaciones a los largo del tramo de investigación. Con este procedimiento establecido la investigación se seccionó de la siguiente manera:

CAPÍTULO I: Se estableció la problemática de la zona de interés, así como los objetivos y la justificación de la realización.

CAPÍTULO II: Se estableció el marco teórico con el cual se estructura la investigación, así como la hipótesis con sus respectivas variables.

CAPÍTULO III: Se estableció el marco metodológico con el cual se basa la investigación.

CAPÍTULO IV: Se presentaron los resultados obtenidos a partir de marco metodológico y fundamentado en las bases teóricas establecidas.

CAPÍTULO V: Se presentó la discusión de los resultados teniendo en cuenta los antecedentes de la investigación, de la misma manera se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según evidencia Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI (2022), para el Perú se ocasionaron grandes inundaciones en diferentes periodos de tiempo la mayoría de estas inundaciones se produjeron en la costa norte del país, se logró identificar que gran parte de las cuencas de la costa presentaron una alta actividad debido a las lluvias que se originaron dentro de sus influencias. Estudios recientes también evidenciaron que la recurrencia de eventos de tipo inundaciones serán más recurrentes, aproximadamente en el Perú se dieron 120 inundaciones causados directamente por la influencia del fenómeno El Niño. Se pudo proyectar que para el año 2050 la recurrencia ante inundaciones se verá multiplicada casi hasta por tres veces, causado directamente por el incremento poblacional y las actividades económicas que se realizan en dichas zonas afectando el ecosistema que se encuentra. Para el Perú los efectos del fenómeno de las inundaciones se vieron resaltadas en el año 1997 en la zona norte, en específico en las regiones de Piura y Tumbes y como era de esperarse los efectos del fenómeno llegaron a extenderse a más regiones del territorio, en consecuencia de ello El Niño generó alrededor de 3.500 millones de dólares en pérdidas, representando casi el 4% del PIB, la realización de un registro histórico de inundaciones en el país se hizo relevante para tener en consideración cuales fueron las zonas más afectadas dentro de la región y poder así plantear a futuro soluciones que mitiguen los efectos negativos en la zona. Para la región se pudo registrar que los efectos de inundaciones también fueron relevantes, indica el SENAMHI que para el año 2000 la región presento inundaciones en las zonas de cultivos llegando a acaparar alrededor de las 2200 hectáreas de cultivo afectados por inundaciones, generando alrededor de 715 casa dañadas y con una población afectada de alrededor de los 6400 habitantes. En el sector denominado Caserío Vado en el distrito de Churubamaba, se generó un ficha de identificación de peligros a inundaciones realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en la cual se evidencia la

alerta de inundaciones ocasionadas por el desborde del río Chinobamba, dicho desborde puede ser ocasionado por eventos de precipitaciones anómalas generado dentro de la microcuenca que forma el río Chinobamba, generando así un peligro para la población que habita en los márgenes del río y planteando así la necesidad de determinar las llanuras de inundación que se generen y el nivel de impacto que tenga dentro de la zona habitada.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida la simulación hidráulica facilita la determinación de llanuras de inundación en el río Chinobamba, distrito de Churubamba?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuál es el área total de la llanura de inundación en los márgenes del río Chinobamba, distrito de Churubamba?

¿Cuál es el caudal máximo que alcanza el río Chinobamba para diferentes periodos de retorno?

¿Cuáles son los parámetros de cálculo que influyen de manera directa en la simulación hidráulica?

¿Cuáles son las zonas más críticas afectadas por un posible desborde del río Chinobamba?

¿Cuáles con las medidas no estructurales que se pueden plantear con el fin de mitigar los efectos de inundación?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar como la simulación hidráulica facilita la identificación de llanuras de inundación en el río Chinobamba, distrito de Churubamba

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Calcular el área total de la llanura de inundación en los márgenes del río Chinobamba, distrito de Churubamba.

Estimar el caudal máximo que alcanza el río Chinobamba para diferentes periodos de retorno.

Identificar los parámetros de cálculo que influyen de manera directa en la simulación hidráulica.

Identificar las zonas más críticas afectadas por un posible desborde del río Chinobamba.

Plantear medidas no estructurales que se pueden plantear con el fin de mitigar los efectos de inundación.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta investigación estuvo relacionada a la rama de la hidrología que se encarga de establecer características de caudales críticos para la estimación de eventos de inundación, presentó una contribución teórica en lo concerniente a la caracterización hidrología de la zona del río Chinobamba que no contaba hasta la realización de esta investigación con informes de estimación y determinación de caudales, con esta información se pudo establecer las bases para cálculos de diseño de estructuras hidráulicas que se pueden ejecutar en la zona.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Esta investigación tuvo un valor práctico relacionado a la solución parcial de los efectos de inundación que puedan generar eventos de precipitaciones anómalas en la zona, así mismo los resultados que se obtuvieron pudieron servir para el análisis posterior para fines de ejecución de medidas estructurales convenientes para la mitigación total de los efectos adversos de las inundaciones.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La investigación planteó resolver las dificultades metodológicas que se aplicaron a una zona que no tengan mucha información hidrológica específica para el área de interés, ejecutando procedimientos que aproximen o interpolen informaciones de zonas cercanas y que puedan ser validadas para los resultados óptimos de estimación de caudales.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La zona del río Chinobamba no cuenta con estaciones pluviométricas en el cauce del río ni en las zonas circundantes, sin embargo mediante interpolaciones matemáticas y validaciones estadísticas de información se pudo sobrepasar estas dificultades, para la validación de la información registrada en las estaciones hidrológicas cercanas se hicieron uso de distribuciones estadística que aseguren la veracidad y confiabilidad de los datos recopilados, las limitantes topográficas de la zona se lograron solucionar a partir de levantamientos topográficos y verificaciones a través de visores satelitales que permitieron ejecutar una validación visual de los datos topográficos.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación si bien comprometió un tiempo considerable para la recolección, procesamiento e interpretación de datos, dicho intervalo de tiempo se encontró dentro de los límites para la presentación final de esta investigación. La investigación requirió de una inversión considerable en equipo topográfico y procesamiento en gabinete el cual fue asumido completamente por el tesista, ya que se encontró en un rango económico aceptable para su ejecución. Siendo así pues la investigación se clasificó como viable para la ejecución.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según Martínez (2019), en la tesis doctoral de investigación que titula como “Simulación numérica de inundaciones fluviales en Las Omañas (León). Propuesta de medidas correctoras” en la Universidad Politécnica de Madrid, plantea como objetivos: el estudio de la configuración presente en el entorno geográfico, analizando los distintos suelos que se presentan en el área de interés, analizar y caracterizar la geomorfología hidráulica de la zona, analizando los cantos rodados y su petrografía, analizar las induraciones que se sufrieron en la zona. Con respecto a la metodología aplicada la investigación se centró en la elaboración de una metodología simple para la investigación de zonas inundables a partir de una cantidad de información baja, de la misma forma plantear un sistema de actuación para las áreas de convergencia de ríos que presenten inundaciones recurrentes y determinar los parámetros fundamentales para la elaboración de investigaciones similares de forma que se logró extrapolar las metodologías a diferentes zonas de aplicación. En relación a las simulaciones que se realizaron, la investigación planteó investigar la influencia que tiene ingresar condiciones iniciales secas o con presencia de calados en la simulación, y realizar el mismo proceso para diferentes aplicaciones de cálculo, a partir de ello la investigación también planteó la validación numérica a partir de información fotográfica. Para las medidas de prevención se tuvieron en cuenta, mejorar las condiciones de orientación de la topografía de la zona de la misma manera fomentar la aplicación de usos de suelo adecuados para la mitigación de los efectos de riesgo, con ello también se planteó conseguir un decrecimiento de la peligrosidad relacionada con la salud, con las actividades que generen ingresos económicos y con las afectaciones que se puedan generar en el

patrimonio cultural de la zona, la investigación también se centró en la descripción estratégica de medidas estructurales y no estructurales aplicables en la zona y finalmente, se planteó realizar una simulación de los efectos que se presenta al utilizar medidas estructurales como diques de contención con el fin de reducir los alcances que generan las inundaciones en el río Luna y Omaña, con el fin de mitigar o evitar completamente los daños que se genere en las poblaciones circundantes. Realizada la investigación se pudo concluir de la misma que: Las características de geología, geomorfología y geografía que se presenta en el área de investigación presenta las características típicas de una zona que se ubique al norte de la provincia de León, se observan transiciones de montañas con presencia de areniscas, lutitas y cuarcitas, a una zona con material arcilloso con presencia activa de conglomerados. De la zona también se pudo determinar que a sufrido cambios en el ordenamiento territorial pero no de naturaleza urbanizable, dicho evento se pudo evidenciar a partir de los registros fotográficos que se presentaron para la zona. La zona de investigación presenta un clima de características áridas – templadas con presencia de inviernos intensos a partir de la clasificación de Walter, en ciertas temporadas de año se tiene un clima templado con humedad con falta de estaciones secas esto a partir de las clasificaciones de Köpper, dicho de otra manera, más simplificada se trata de un clima con presencia de precipitaciones altas que se reparten a lo largo de las estaciones de otoño y primavera. Para el río Luna se pudo identificar que cuenta con 2 embalses uno en la zona de Barrios de Luna y otra ubicada en Selgas de Ordás, la cual se utiliza para el riego, Sin embargo, esto no genera un cambio con respecto a las inundaciones que se generan aguas abajo del río. En relación a la comparación de las épocas húmedas, con las épocas normales y épocas secas, se pudo determinar que los años húmedos presentan caudales muy superiores al doble de los años con características secas y casi igualando al doble de los caudales generados en años considerados como normales. Dichas épocas húmedas han generado una serie de inundaciones que causaron graves daños a la zona de investigación si bien fueron generados en gran parte

por los temporales de lluvia a esto se le tienen que adicionar los efectos que ocasionan los deshielos y los desembalses en el río. La zona esta considera en un nivel de riesgo alto frente a inundaciones caracterizado en el Plan Hidrológico de Cuenca, sin embargo, no se la cataloga como una zona prioritaria para actuantes en el Plan Hidrológico del 2015-2020. Con ello se pudo determinar que la Confederación Hidrográfica del Duero no pretende realizar acciones de mitigación en la zona. Caracterizando el cauce del río se pudo determinar que los materiales que transporte el río presentan un diámetro de 5cm aproximadamente, esto genera que se originen barras en la parte central del cauce y en los laterales, esto explica porque en la zona no se encuentra material fino. Dichos materiales presentan una esfericidad promedio que va incrementando a medida que se aleja más de la cabecera. A partir de un análisis de muestras tomadas en el cauce del río se pudo hallar que muy probablemente estos materiales se originen en la formación Barrios, esto no se puede explicar con una total certeza debido a que cuando se realizó la investigación no se originaron avenidas en la zona y tampoco se pudo determinar si el transporte de ese material se produjo en una o en diferentes eventos de inundación. Al realizar la caracterización de inundación de la zona, a fin de que se pueda simular de manera efectiva los efectos que se puedan presentar es necesario contar con información como: Una base de datos de calado y/o datos de pluviometría, un modelo topográfico de la zona o en su reemplazo un análisis de batimetría para el río, conocer los cambios que presentó el río a lo largo de su evolución, tener en cuenta el tipo de suelo y el uso que se le aplique a los alrededores de la llanura de inundación, así también si se tiene presencia de redes de comunicación que puedan ser afectadas como edificaciones de una alta importancia para la población. Las propuestas para la mitigación de los efectos en zonas donde el río tenga una tendencia a inundaciones alta se basan en un sistema que asegure una caracterización profunda de la cuenca, para a posterior realizar la simulación y su respectiva validación con valores reales tomados en alguna avenida relevante, propuestas de medidas de mitigación que aseguren reducir los costos y incrementen la mitigación de efectos

desastrosos por las inundaciones. La investigación se basó en la aplicación del software Iber, con este tipo de programas se puede describir de manera óptima y ajustada a la realidad las características del terreno, de esta manera asegurar que la simulación que se ejecute en el software será o es la más ajustada a la realidad posible. A partir de la realización de simulaciones, se pudo determinar que no hay un cambio significativo en los resultados de investigación si se toma en cuenta una condición inicial seca o con presencia de un calado, esto se explica a partir de que los valores de caudales generados presentan un valor demasiado alto que no hace evidente un cambio significativo en los resultados, de esto entonces se tomó en cuenta una condición inicial seca debido a que disminuye considerablemente el tiempo de cálculo. La simulación se realizó con un esquema generalizado como es el de Roe esto por ser de primer orden y disminuir el tiempo de proceso en la simulación. Para la validación de la simulación realizada se tomó en cuenta el registro fotográfico del evento de la gran avenida con fecha 2 de abril del 2014, con ello se pudo asegurar la fidelidad de los resultados debido a que los resultados obtenidos se ajustaron a la realidad y que se encontraban dentro de la incertidumbre esperada, dicha validación sirvió para la corrección de algunas condiciones que ajustan al modelo matemático aplicado. Para la ejecución de un plan de mitigación de efectos en la zona se planteó una metodología de consideración de tiempos con los cuales se determinaron los valores en los cuales se tendrían que basar los tiempos de alerta y evacuación de la zona si es que fuese necesario dicha acción, a partir de ello la investigación planteó una extensión de medidas no estructurales por generar un menor costo de inversión y de la misma manera una propuesta estructural con un costo que se encuentre dentro de la razonabilidad de la inversión. Los planteamientos no estructurales se basaron netamente en la elaboración de una cartografía de riesgo adecuada, algunos de dichas cartografías ya fueron elaboradas por la CHD, en ellas se lograron identificar las zonas con un riesgo potencial de inundación. Esto pues fundamentó la necesidad de elaborar un Plan de Prevención frente a Inundaciones, el cual hasta la elaboración de esta investigación era inexistente. A estas

medidas se le adiciona también una optimización de la predicción y control de inundaciones, en la cual se encuentre una mejor administración de los embalses que se tienen en el cauce, con el fin de mejorar los sistemas de alerta temprana, de manera que la población esté más informada acerca de este tipo de peligros en la zona. Con ello se adiciona la medida estructural de la creación de diques para evitar el desplazamiento del agua a los municipios circundantes, este planteamiento se validó a partir de la simulación del terreno con la presencia de diques en el software Iber dando como resultado que las localizaciones de los diques se ejecuten entre el río Omaña y en el río Luna, con un total de 4 diques.

Según Pérez (2018), en la publicación de investigación para la Universidad de Guajira que titula “Modelación Hidráulica 2D de Inundación en Regiones con Escasez de Datos. El Caso del Delta del Río Ranchería, Riohacha – Colombia”, la cual plantea la base para la aplicación de una metodología que compense la escasez de información en una modelación en dos dimensiones para inundaciones en una delta, partiendo de digitalizaciones encontradas en la plataforma de Google Earth, las cuales fueron combinadas con elevaciones tomadas de en el lugar mediante trabajos topográficos. Los valores de puntos topográficos fueron interpolados juntamente con una red de triángulos irregulares con la cual se logró obtener un modelo digital de terreno con la cual se pudo trabajar simulaciones en el software Iber. A partir de la cual la investigación siguió los siguientes procesos: Se caracterizo al delta del río denominado Ranchería, del cual se pudo determinar que las características de suelo presentan una topografía plana, con la presencia de suelos aluviales arcillosos y con arbustos como vegetación predominante en la zona del bosque seco tropical y características de manglares en la zona cercana a la costa. Para la zona se pudo caracterizar a partir de la información de la autoridad meteorológica nacional que las lluvias en la región tiene características bimodales en años de contexto hidrológico “normal”, para la zona denominada Riohacha las lluvias en un año son de alrededor de los 540 mm,

presentado en los meses de septiembre y octubre una lluvia más recurrente, de la zona del Delta es categorizada como un área de cuidado ambiental, pero en algunas zonas se encuentran asentamientos, uno de estos asentamientos son los de la zona de la comunidad sub-urbana de "Villa Fátima", esta zona está expuesta constantemente a inundaciones fluviales por estar en la cercanía de los brazos que forma la delta. Para la elaboración de ingreso de valores de topografía, se tomaron en cuenta de la altimetría que proporciona el servidor de Google Earth a partir de la misión topográfica de SRTM, estos valores fueron seleccionados a partir de la libre información que brinda y la cobertura global que sustenta, esta información sirve de punto de partida para la investigación a fin de aproximar la morfología del terreno de interés, sin embargo los valores altimétricos que brinda son números enteros en metros, con lo cual limita los detalles de altitudes de canales o cauces que se presenten en el terreno afectando el modelo digital de elevación que use en la simulación de inundación. Partiendo de ello nace la necesidad de realizar una aproximación del cauce y la llanura de inundación, la investigación se centró a partir de la aproximación geométrica, esta fue idealizada a partir de un trapecio triangular con configuración plana con poca pendiente que es característico de un delta. Con la idealización del canal y con la información obtenida de Google Earth se logró realizar una interpolación en un archivo shapefile con el fin de obtener un modelo de elevación digital muy próximo a la realidad. Con ello se lograron obtener los siguientes resultados: Para la nube de puntos topográficos se lograron alcanzar a un total de 3110 puntos de elevación, los cuales se lograron agrupar entre los que pertenecen al cauce de inundación y los pertenecientes a la llanura que la circunda, con ello se logró obtener un modelo TIN compuesta por alrededor de 6190 triángulos con un valor altitudinal que varía dentro de los -3 a los 11 m, este proceso se mejoró a partir de que la información fue tratada en un software SIG, ya que al ser un modelo idealizado se tuvieron que realizar correcciones en relación al terreno y a partir de conocimientos de campo con el fin de obtener un modelo más ajustado a la realidad, a partir del análisis

topográfico realizado por especialistas se logró determinar que si el modelo es funcional para los objetivos y las escalas de la investigación, sin embargo el consumo computacional al momento de realizar una simulación es muy alto por lo cual se requiere de una capacidad computacional alta. Para la simulación de inundaciones se partió a partir de análisis de caudales registrados en el periodo del 10 al 1 de septiembre del 2011 y con ello se determinó un caudal permanente de 58.51 m³/s dicho valor medido fue incrementando hasta el 24 de septiembre del mismo año, con lo cual se definió el periodo del hidrograma, con ello se llevaron a cabo las simulaciones en el software teniendo en cuenta periodos de tiempo diferentes para que el modelo llegue a terminar su recorrido a lo largo de su cauce, con ello la investigación llegó a concluir que la cobertura de nubes de puntos brindada por servidores internacionales sirven como punto de partida para la realización de simulaciones de inundaciones que si bien requieren de un ajuste considerable y de idealizaciones más ajustadas a la realidad pueden servir como punto de partida para las investigaciones de peligros relacionados a las inundaciones superando así la falta de información tomada en el punto de interés. Si bien las simulaciones no todas fueron exitosas y requirieron de ajuste a medida que se fue realizando la investigación se puede considerar que a medida se realicen más ejecuciones de simulación y se encuentre algún registro histórico que valide el modelo se pueden ajustar resultados a fin de mejorar las alertas de inundación en lugares donde la obtención de la topografía sea muy complicada o requiera de un presupuesto elevado, llevando así una solución válida para la identificación de puntos críticos en una zona determinada, llevando así soluciones estructurales o no estructurales para la población que habite las periferias de la zona.

Según Ortega (2019), en el artículo científico titulado “Análisis de Herramientas de modelización Hidráulica Bidimensional” para el WPS Spain, plantea una revisión de dos modelos en 2D de uso libre como son los modelos del HEC-RAS e Iber, partiendo de ellos para la investigación de cauces y los efectos que se tengan dentro de las llanuras de

inundación, a partir de la evaluación de la peligrosidad y riesgo de inundaciones que se presentan en España. En la actualidad se presenta de manera muy relevante los análisis de inundaciones ya que los cambios climáticos a nivel mundial han sido muy notorios y las temporadas de lluvias torrenciales y su consecuente inundación se han vuelto recurrentes, a partir de ello nace la necesidad de realizar acciones de prevención, reparación y protección de las zonas más vulnerables, identificar los riesgos y el nivel de peligrosidad en la cual se encuentre una determinada zona. Con esta necesidad nacieron los modelos hidráulicos 2D ya que estos se convirtieron fácilmente en una herramienta de análisis de comportamientos de caudales y llanuras de inundación. A partir de dichos modelos se pueden determinar los niveles de impacto que tendrán medidas correctivas ejecutadas dentro de los cauces analizados y con ello determinar si su eficacia es la adecuada y la más óptima para la acción de mitigación de efectos negativos que se presenten en la zona, posibilitando así no solo medidas de mitigación estructurales sino una amplia variedad de opciones de acción con el fin de evitar catástrofes. Si bien en la actualidad las herramientas computacionales han desarrollado programas que determinen y hagan uso de estos modelos hidráulicos, esta investigación se centra en la comparación de 2 softwares muy aplicados en la misión de caracterizar simulaciones de inundaciones, dichos programas son el software Iber y HEC-RAS los cuales son de licencia libre, la investigación se enfoca en el análisis de los modelos de terreno con los cuales trabaja cada software, condiciones de rugosidad del entorno, aplicación de estructuras, flexibilidad en el proceso matemático, la optimización del tiempo y el tipo de resultado que se pueda obtener de la investigación. Planteado los fundamentos de la investigación, el autor pudo concluir lo siguiente: Para el software HEC-RAS uno de los puntos más fuertes del software es la aplicación sencilla de creación de modelos de terreno debido a la aplicación del RAS Mapper que permite observar los resultados de la simulación de manera más sencilla y entendible, adicionalmente a ello el software presenta la versatilidad de poder obtener simulaciones en diferentes periodos de retorno permitiendo así

observar resultados con diversos valores de ingresados con la generación automática de los perfiles considerados. Sin embargo en comparación a otros softwares con la misma naturaleza que el HEC-RAS esta presenta una relevante desventaja al momento de modelar estructuras que se encuentren dentro del cauce dificultando así la simulación de modelos con un gran complejidad en estructuras, adicionalmente a ello pues presenta limitaciones al momento de intentar manipular errores dentro de la malla del terreno en el cual se está generando la simulación, obligando al usuario a la aplicación de herramientas externas que ayuden a mejorar dichos detalles. En relación al software Iber, el programa presenta una gran ventaja sobre el otro software esto debido a que Iber te permite crear los modelos estructurales existentes en el entorno ya sean elementos estructurales de encausamiento o puentes de acceso, con ello pues se permite la realización de modelos más complejos obteniéndose así resultados más óptimos en la investigación, el trabajo que realiza el software Iber permite la elaboración de mallas y resultados en cada uno de los nodos de la misma, con ello se obtienen resultados para diferentes puntos de la investigación y una serie de resultados más complejos que sus competidores, sin embargo esto requiere de un potencial tecnológico alto ya que el programa requiere de una serie de procesos muy complejos para la determinación de los resultados detallados los cuales hacen que no todos los equipos computacionales puedan aprovechar el software libre, a ello se le adiciona que los resultados requieren de un post proceso en un programa con especialización en SIG a fin de obtener resultados visualmente más óptimos y procesados. Concluyéndose así ambos softwares tienen ventajas el uno con respecto al otro y depende íntegramente de la necesidad de la investigación la elección del software que se utilice, ambos al presentar modelos matemáticos para la modelización de inundaciones se requieren de algún parámetro medible con la cual comparar los resultados y determinar si el modelo es ajustado al entorno o se está teniendo una incertidumbre considerable para los resultados.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Según (Metzger, 2017), en la investigación que titula “Sistema de alerta de inundaciones en tiempo casi real usando percepción remota para el río Tumbes en Perú” para la cual se plantea como objetivo analizar desde el punto de vista científico la realización de un sistema en alerta temprana frente a inundaciones planteadas a partir de percepciones a distancia que se apliquen al río Tumbes, de la cual se pudo concluir que: Si bien en la zona de investigación no se encuentra una red pluviométrica de información en tiempo real y por ende no se establece un monitoreo actualizado y la elaboración de un modelo en tiempo real, hay mecanismos que se pueden aplicar para la obtención de información a partir de un análisis observacional en tiempo remoto para la estimación de eventos de precipitación en la zona. De la infestación se pudo determinar que el modelo que mejor se ajusta a una metodología de observaciones es la del modelo Sacramento (SAC-SMA), este modelo permitió generar los valores de descargas diarias a partir de la lectura de una sola estación, con el cual se logró realizar estimaciones de precipitación mejoradas de un sistema satelital en conjunto con la estación mencionada. Esta investigación logra aplicar las funciones tecnológicas de percepción remota para el análisis de las lluvias en zonas donde no se encuentre una cantidad considerable de estaciones establecidas. Los valores del satélite TRMM 3B42 para la zona de la cuenca de Puyango no se pueden aplicar de manera directa debido a la falta de ajuste de la información y una corrección en las lecturas recopiladas, dicho satélite demostró que presenta una subestimación y que es proporcional a la altitud, dicho de otra forma, a mayor altura una mayor subestimación. Para el sistema de alerta se establece que el primer parámetro que se debe tomar en cuenta es el valor del caudal pico ya que si este supera a los 450m³/s se debe iniciar con una alerta en la zona porque a este nivel la capacidad de caudal del río es superada. Si se aplica una metodología de corrección adecuada se puede hacer uso de los valores de datos TRMM ya que con esta investigación se logró demostrar la utilidad de esa información.

Para el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI (2019), en la publicación de divulgación científica que titula “Evaluación de zonas de inundación utilizando un modelo hidrológico-hidráulico en Tumbes” plantea como objetivos lo siguiente: Realizar un modelo hidráulico con la finalidad de analizar las zonas de inundaciones a lo largo del cauce del río Tumbes, con ello se tendrá que realizar un control de calidad para los datos de hidrometeorología, hacer un análisis y proyección de los valores de precipitación y caudal para los periodos de retorno que se consideren pertinentes y determinar las zonas de inundación usando los modelos hidráulicos del RRI y HEC-RAS. Para la obtención del resultado se evaluaron 4 funciones de distribución con el fin de identificar el que más se ajusta a la serie de datos que se obtuvieron de las lecturas realizadas de precipitación máxima de 24 hrs. Para el caso de la estación denominada “El Tigre” según la aplicación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov el modelo que más se ajusta a la serie de datos es la función LogNormal de 3 parámetros con ello se procedió a determinar los valores de máxima precipitación para la zona. Con dicha información la investigación pudo concluir lo siguiente: Para la determinación del nivel de calidad de información que se obtuvo se realizó un análisis a 10 estaciones circundantes a la zona, de las cuales 5 pertenecían al Perú y las otras 5 al Ecuador, con ello se pudo cruzar que el periodo en común para todas las estaciones se encuentra entre los años 2001-2012, con dicha información se aplicó un análisis de doble masa con el cual se determinó de manera visual que la información recolectada es consistente. Con el análisis de la precipitación y las lecturas de los caudales en la estación El tigre se pudo identificar que los eventos suscitados en el mes de abril del año 2017 tienen un periodo de 3 años. El modelo resultante del software RRI con el empleo de un modelo de elevación digital (DEM) de 1 km de resolución solo pudo identificar niveles críticos de agua en las zonas de Cabo Inga, aunque dichos valores se encuentran por debajo de los valores registrados, este modelo presentó deficiencias cuando se compararon los resultados simulados con los lecturados por la estación El Tigre y Puente Tumbes para el periodo comprendido del 3 al 12 de abril del 2017. Si bien el

problema con el modelo RRI se puede deber a la calidad de la imagen DEM, si se hubiese realizado la simulación con un DEM de mayor resolución el nivel de proceso computacional hubiese sido demasiado grande impidiendo la ejecución del modelo computacional, es por ello que se consideró óptima la resolución con 1 km. Los valores que se llegaron a procesar con el modelo RRI se subestiman a partir de los niveles observados por las estaciones cercanas, esto puede deberse a los factores de precipitación areal no han sido representados de manera óptima en el modelo de simulación. Generalizando el modelo RRI presenta un panorama generalizado para zonas inundables a nivel de cuenca con la facilidad de representarlo de manera visual las zonas que serían invadidas por el desborde del río. Con respecto al modelo ejecutado en el software HEC-RAS, este modelo permitió obtener un resultado más detallado de la zona ya que solo se centra en determinar el flujo que transcurre por el cauce y las llanuras de interés. Para ello se generó un DEM de 2x2 metros de resolución que se pudieron determinar a partir del análisis batimétrico y de topografía, con ello se pudo determinar 60 secciones transversales para el tramo de interés del río Tumbes que fue de una longitud de alrededor de los 30 km. Los resultados de inundación que se obtuvieron del software HEC-RAS fueron validados a partir de las imágenes satelitales brindadas por el CONIDA con ello se validaron la información y identificación de zonas con un alto riesgo a inundaciones. Con el modelo de inundación HEC-RAS se pudo determinar que las zonas denominadas como San Juan de la Virgen y la ciudad de Tumbes serían afectadas directamente con inundaciones, las cuales se lograron validar con los eventos generados en el año 2017. Con esta investigación se pudo determinar que las capacidades de los modelos ejecutados en los softwares RRI y HEC-RAS presentan limitaciones y ventajas en algunos casos, esto dependerá netamente de la calidad de la información y de la fidelidad del modelo digital de elevación.

Según Oyola (2018), en la tesis que titula “Estimación de caudales máximos con fines de prevención de inundaciones aplicando el modelo

hidrológico HEC-RAS, caso río Zarumilla-2018” para optar el grado de ingeniero en la Universidad Nacional de Tumbes, plantea como objetivo la determinación de zonas de riesgo a inundaciones en diversos periodos de retorno a partir de la aplicación de los modelos de los softwares HEC-RAS y ArcGis, junto con ello se planteó la estimación de los caudales máximos para el río Zarumilla en los periodos de retorno partiendo de los modelos del HEC-RAS, la determinación de las zonas que presentan un alto riesgo en la cuenca del río Zarumilla, generar mapas de riesgo para los eventos de inundación en el distrito de Papayal y realizar un estudio hidráulico para un tramo de cauce del río Zarumilla, aplicando los modelos del HEC-RAS. A partir de estos objetivos se llegaron a las siguientes conclusiones: Para las zonas denominadas Las Palmas, Los Olivos y La Coja presentan áreas de desplazamiento de agua en el margen izquierdo de 8, 13, 31, 58, 97 y 167 ha respectivamente. Aplicando las herramientas del software HIDROESTA, se pudo determinar que, aplicando los modelos probabilísticos de Normal, LogNormal y Gumbel se calcularon los valores de los caudales para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años los cuales fueron 445, 722, 889, 1089, 1231 y 1368 m³/s para cada uno de los periodos. Al caracterizar los desbordes del río Zarumilla causado por las crecidas de caudal se pudo identificar que las zonas más dañadas son zonas netamente de uso agrícola que los pobladores de la zona usan como uno de los ingresos económicos. Las características del suelo de las llanuras de inundación se pudo identificar una vegetación compuesta de arbustos, pastizales y zonas de cultivo de zapallo, yuca, limón, etc, adicionalmente a ello se pudo identificar la presencia de limos esto en consecuencia a los espigones que se presentan en la zona. De las características hidráulicas de la zona se pudieron identificar un ancho de cauce de entre los 100 y 150 metros, con cotas desde los 22 al 34 m, la presencia de una pendiente de 0.004 con velocidades que llegan hasta los 3 m/s en promedio y con un caudal máximo de 1000 m³/s. La topografía característica de la zona es plana con algunas acumulaciones de hasta 10 m de alto con una longitud de entre los 50 a 100 m de largo, parte de la composición del cauce también se ve afectado por la

intervención humana en las cuales se ejecutaron estructuras de hidráulicas de encausamiento, la características que presenta el lecho del cauce arenoso con un poco de vegetación.

Según Frías (2017), en su investigación para la obtención del grado de ingeniero que titula “Simulación hidráulica bidimensional de las zonas de inundación aguas abajo del sector Huabalito-Chicama-2017” en la Universidad Privada Antenor Orrego, plantea como objetivos de investigación lo siguiente: Elaborar una simulación bidimensional hidráulica con el fin de determinar las zonas de inundación en la parte inferior del sector denominado Huabalito con el fin de proyectar una estructura de defensa ribereña. Para ello se tiene que recolectar la información topográfica, caracterización de suelos y datos de naturaleza hidrológica del río Chicama, analizar la hidrología de la zona con el fin de determinar los caudales máximos extraordinarios, analizar la zonas de inundación para diferentes periodos de retorno. Aplicación de hojas de cálculo para la determinación de dimensiones de defensas ribereñas, con ello finalmente realizar una simulación de la efectividad de las estructuras de protección y encauzamiento. De la investigación se pudo concluir que: a partir del estudio topográfico de la zona se pudo determinar que la zona de investigación posee una pendiente promedio del 6‰ en comparación al valor de la pendiente del río que presenta un 8‰, característicamente la zona presenta secciones irregulares que vas desde los 172 hasta los 900 m de ancho causada por la erosión de la avenidas del Fenómeno del Niño. Para la clasificación del suelo se pudo determinar que hay presencia de materiales arcillosos con una plasticidad media clasificadas como (CL), presencia de gravas en el borde, arenas pobremente graduadas en los márgenes del río. Para los valores información hidrométrica se realizó la validación a partir de un análisis de confianza de datos observados y calculados. Para la estimación de las máximas avenidas se pudo determinar mediante las metodologías de Log-Pearson Tipo III y Gumbel que los valores del caudal para 10 años son de 644.60 m³/s, para 25 años el valor es de 863.75 m³/s y para 50 años un valor de 1104.33 m³/s. De la metodología

aplicada en el software HEC-RAS en conjunto con las herramientas del Sig-ArcView presentan facilidades para la ejecución del pre procesamiento y post procesamiento de la información recolectada y calculada. Para los resultados obtenidos se puede determinar que la alternativa de protección de la vía de acceso a Huabalito y las zonas agrícolas son las más idóneas con el fin de reducir los efectos negativos de las inundaciones. Los valores calculados para la velocidad de flujo son de alrededor a los 3 m/s con los cuales se acarrearán materiales en el lecho del río. A partir de los valores determinados para el valor de Froude se puede concluir que la velocidad que presenta el flujo es tal que se mantiene un flujo estable con características subcríticas, para lo cual se asegura que los efectos de socavación no son los necesarios para afectar a las medidas estructurales aplicadas.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Según Carhua (2018), en la tesis que titula “Estimación de la intensidades máximas de precipitación para diferentes tiempos de duración y periodo de retorno, y su conceptualización en mapas para la región de Huánuco” para la obtención del grado de ingeniero civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, plantea como objetivos los siguientes: Determinar los valores para el cálculo de la precipitación máxima analizado en diferentes periodos de retorno y tiempos de duración, con el fin de determinar mapas de intensidades a precipitaciones con el fin de facilitar las labores de caracterización del entorno en la cual se ejecuten obras hidráulicas. Esto se logró a partir de la obtención de información acerca de las precipitaciones máximas suscitadas en 24 hrs, determinar las ecuaciones de las curvas IDF para las estaciones pluviométricas consideradas en la investigación. Partiendo de estos objetivos la investigación concluyó que: Para la investigación se tomaron en cuenta a alrededor de 13 estaciones que se encontraban en las cercanías de la región, de las cuales solo 12 pasaron las pruebas estadísticas de validación. Con relación a las pruebas de bondad y ajuste, se tomó en cuenta a la función de distribución de

Gumble quien presentó mejores resultados frente al test de Kolmogorov-Smirnov para la prueba de bondad y con un coeficiente de determinación de R^2 para la elaboración de las curvas IDF para la zona, ya que esta opción resulta ser la más idónea al momento de tratar datos extremos de precipitación, con las cuales se obtuvieron alrededor de 12 curvas IDF. Con la aplicación de los softwares SIG, se pueden facilitar procesos de estimación estadística para valores equivalentes de precipitación en un determinado ámbito geográfico, así como poder representarlos en mapas de tendencias a través de las interpolaciones de Kriging. Para el punto de análisis de intensidades máximas se lograron plantear relaciones entre las intensidades y el tiempo de duración de una precipitación, relacionado que si el tiempo de duración es menor a lo previsto estas tienden a tener un efecto adverso frente a los valores de precipitación máxima del análisis, es por ello que las intensidades críticas se presentan más intensas en la parte inicial de evento de lluvia. La finalidad con la que se realizó la investigación fue la de mejorar los vacíos de información que se tienen al momento de realizar trabajos hidrológicos en la provincia de Huánuco y de esta forma mejorar la ejecución de estudios relacionados con las estructuras hidráulicas en la zona.

Según (López, 2021), en la tesis que titula “Análisis hidrológico e hidráulico para la evaluación de riesgo de inundación fluvial por desborde del río Huallaga en el sector de Huayopampa, distrito de Amarilis, provincia de Huánuco 2021” para la obtención del grado de ingeniero civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, en dicha investigación el autor plantea como objetivos los siguientes: Calcular el nivel de riesgo en el cual se encuentra un tramo del río Huallaga ante inundaciones para un periodo de retorno de 100 años, identificar el nivel de peligrosidad ante inundaciones de la zona, caracterizar el nivel de vulnerabilidad en el cual se encuentra la población circundante al tramo del río Huallaga en investigación. De dicha investigación el autor pudo concluir lo siguiente: Para la determinación del nivel de riesgo de la zona de Huayopampa se pudo caracterizar que se presenta un alto riesgo en las

zonas cercanas al muro de protección del Jr. Los Gorriones, los valores de riesgo se encuentran entre el rango de 0.03 a 0.06, la presencia de un nivel de riesgo medio se presenta en la zona desde la segunda manzana del jirón hasta llegar a la vía regional de la zona, dicha estimación se encuentra dentro de los valores del 0.061 a 0.119. Para la caracterización de peligrosidad se pudo determinar los valores numéricos de clasificación los cuales fueron, para el caso de un nivel bajo de peligrosidad se encuentra dentro del rango de 0.331 a 0.344, para un nivel medio de peligrosidad se encuentran en un rango de 0.344 a 0.368 y para un nivel alto de peligrosidad se encuentra dentro de los valores de 0.368 a 0.411 y con un nivel muy alto a el rango entre los 0.411 a 0.497. Para la zona de Huayopampa teniendo en cuenta los factores sociales, económicos y ambientales se pudo determinar que para la zona predomina un nivel de vulnerabilidad media que se encuentra dentro del rango numérica de 0.089 a 0.169. Las características geomorfológicas que presenta la zona de investigación es variada ya que presenta rasgos de vertiente coluvial del río Huallaga vertiente torrencial en uno de los márgenes de la zona y mientras la zona urbana presenta características de llanura inundable y zonas no inundables dando así pues a esta zona una gran variedad de características geomorfológicas a tener en consideración al momento de elaborar una simulación de inundación. Para las características de pendientes de la zona se presenta que en el margen izquierdo se encuentran valores entre los 10° a 20° de pendiente con ondulaciones propias de las velocidades de flujo que discurren por esa parte del cauce, mientras que en el margen derecho se presentan pendientes entre los 0° a 5° lo que es considerado plano y lo cual está más propenso a inundarse por un desborde del río Huallaga. Para la caracterización hidrológica se pudo determinar que el valor de caudal es de 890.40 m³/s en un periodo de retorno de cien años, para el cual se pudo determinar que la zona alcanzaría un tirante de aproximadamente 6m lo cual por efecto conllevaría a una inundación en los márgenes del río Huallaga en el sector de Huayopampa.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CONCEPTUALIZACIÓN DEL CICLO DEL AGUA

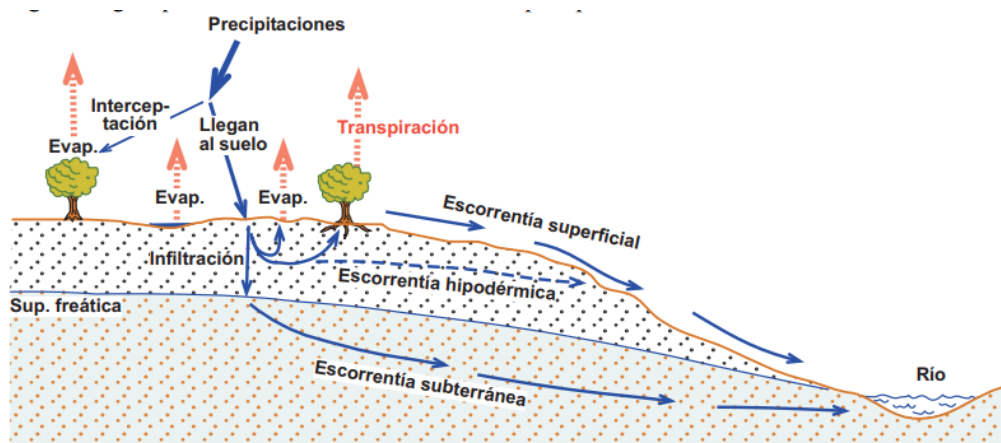
Los fundamentos de hidrología moderna se fundamentan a partir de las experiencias de los científicos Perrault, Halley y Mariotte. Para el año 1674 el investigador Perrault publica la investigación en donde realizó la medición de las precipitaciones suscitadas en la cuenca alta de la zona denominada Serna, aplicándose en ella aforos de medición de la investigación se pudo determinar que el volumen de la precipitación era 6 mayor a la aportación que genera el río.

De esta investigación partieron la replicas en diferentes zonas por diferentes investigadores de los cuales Perrault pudo identificar que los caudales del manantial variaban de acuerdo a las oscilaciones con respecto a las precipitaciones suscitadas en la zona.

Con todas las investigaciones realizadas en la rama de la hidrología se logra realizar la conceptualización de la idea generalizada de ciclo hidrológico con lo cual se puede decir que se denomina a “Ciclo Hidrológico” al traslado de agua, de forma ascendente por evaporación y descendente causado por las precipitaciones y en segundo por la formación de escorrentía superficial y subterránea. Al ser denominado este proceso como “Ciclo” se puede iniciar la puntualización desde cualquier punto, intuitivamente se puede plantear el inicio del ciclo a partir de la precipitación y considerar a partir de ello el proceso secuencial que continua, para ello se puede iniciar a partir del siguiente esquema gráfico:

Figura 1

Ciclo hidrológico



Fuente: (Sánchez, 2020)

A partir del esquema se pueden identificar los siguientes procesos:

Evaporación: Parte del agua que transcurre en el suelo en forma de charcos o se queda estancada en algún depósito se verá sometida a un proceso de evaporación, en esta etapa se puede identificar un fenómeno llamado “interceptación”, este fenómeno parte de la retención del agua en hojas de la vegetación evitando así que el agua llegue a tocar el suelo.

Infiltración: El agua que forma parte de la infiltración puede llegar a formar parte de la cadena de evaporación, transpiración, escorrentía subsuperficial o escorrentía subterránea, esto dependerá netamente del recorrido que ejecute el agua dentro del ciclo hidrológico.

Escorrentía Superficial: Para el agua que no se ha logrado evaporar ni infiltrar, estas pueden seguir un procedimiento de escurrimiento, con ello pues parte de esa agua puede evaporarse, quedarse retenida como parte de la composición glaciar de la zona o finalmente se transporta hasta el mar de desembocadura.

2.2.2. BALANCE HÍDRICO EN UNA CUENCA

El tiempo mínimo a tener en consideración para el planteamiento de un balance hídrico es la del año hidrológico, este periodo será

cambiante de acuerdo a la ubicación donde se requiera hacer el análisis, generalmente este postulado se puede expresar de la siguiente manera:

$$\textit{Entrada} = \textit{Salidas} \pm \Delta \textit{almacenamiento}$$

Del cual se puede definir a las entradas de la siguiente forma:

$$\textit{Entradas} = \textit{Precipitación} + \textit{Aguas de otras cuencas}$$

$$\textit{Salidas} = \textit{ET} + \textit{Escorrentía Superficial}$$

$$+ \textit{Escorrentía Subterránea}$$

$$+ \textit{Agua de otras cuencas}$$

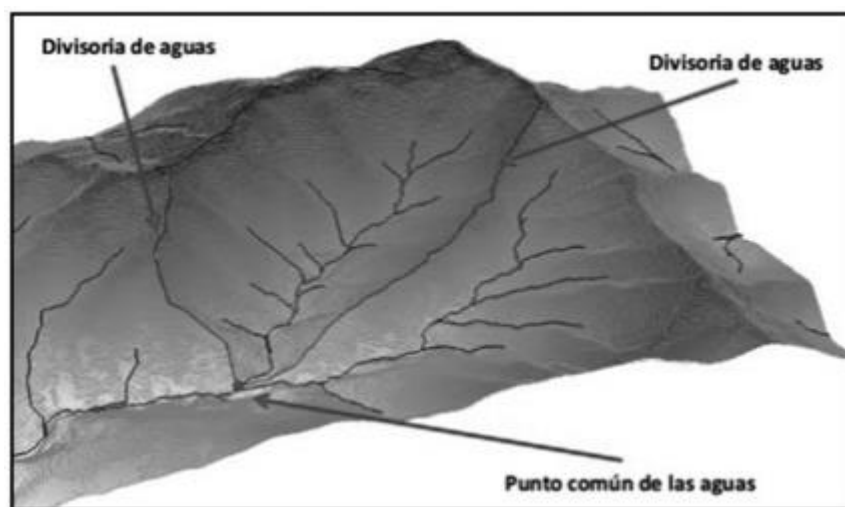
Si bien esto se puede aplicar para diversos periodos de tiempo, si tenemos en consideración que el tiempo de investigación es de varios años y no solo un año hidrológico, el volumen que se tiene en total para las precipitaciones que hayan sido evapotranspiradas deberían ser equivalentes a la aportación del río que se presenta en la desembocadura durante el periodo de tiempo investigado. (Sánchez, 2020)

2.2.3. CUENCA HIDROGRÁFICA

Se puede definir a una cuenca hidrográfica como un espacio territorial que es limitado por elementos denominados parteaguas, partes altas de montañas, en dicho lugar existe una concentración de escurrimientos que se unen y desembocan en un punto común al cual se denomina punto de desfogue de cuenca, dicho punto puede formar parte de un lago o el mar, a partir de ello también se puede clasificar a la cuenca como endorreica o exorreica. Estos espacios permiten comprender de manera espacial el ciclo hidrológico o también llamado ciclo del agua, con ello también se logra identificar y valorar los efectos de las actividades antrópicas en la red hídrica que compone la cuenca, estos efectos se pueden clasificar de manera positiva o negativa dependiendo del efecto que tenga en la calidad del agua, los efectos en el ecosistema y en la calidad de vida de los habitantes de la zona. (Cotler, 2013)

Figura 2

Cuenca hidrográfica



Fuente: (Cotler, 2013)

Si bien se puede entender a una cuenca hidrográfica como una clasificación funcional y presentar limitaciones territoriales definidas con salidas establecidas, estas también presentan una clasificación jerárquica dentro de sí misma ya que se pueden clasificar a las subcuencas a partir de la identificación de parte aguas las cuales desembocan en el cauce de un río principal de la cuenca, y dentro de las subcuencas también se pueden clasificar a las microcuencas, limitadas por lineamientos administrativos o no, dicha delimitación se verá dependiendo del contexto en el cual se requiera realizar una caracterización de problemas a resolver a partir de un manejo de gestión adecuada. Se plantea también que a partir de una subdivisión jerárquica de una cuenca hidrográfica no define el funcionamiento de cada una de las partes en toda la extensión del terreno, (Cotler, 2013), es por ello que también se llega a identificar 3 zonas funcionales diversas dentro de la cuenca:

Zona de captación, Cuenca alta: Zonas cercanas a la línea divisoria de aguas, se encuentra en la parte más alta de la cuenca, contiene a los sistemas montañosos y lomas cercanas. En dicha zona se generan los escurrimientos iniciales posteriormente a que los suelos hayan alcanzado su máxima capacidad de absorción.

Zona de almacenamiento, Cuenca media: Zona intermedia entre la parte alta y baja de la cuenca, dicha zona presencia los efectos de escurrimientos iniciales, en esta zona confluyen y generan una concentración de sedimentos, contaminantes entre otros desentendiendo de las actividades que se realicen en las circundantes a la cuenca, esta zona es una zona de transporte y erosión.

Zona de descarga, Cuenca baja: Esta zona es la que presenta a la desembocadura del río principal a un lago o a el mar, dentro de esta parte de la cuenca se encuentran ecosistemas como humedales, dicha zona presenta en gran mayoría de veces grandes capacidades agrícolas, pero también se concentran todos los impactos que se generen dentro de la cuenca de interés.

Figura 3

Zonas de la cuenca



Fuente: (Cotler, 2013)

2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA

A partir de una relación de características de una determinada cuenca se pueden lograr determinar comportamientos recurrentes en

cada tipo de cuenca frente a eventos hidrológicos y con ello poder lograr una planificación más adecuada de las acciones para su prevención.

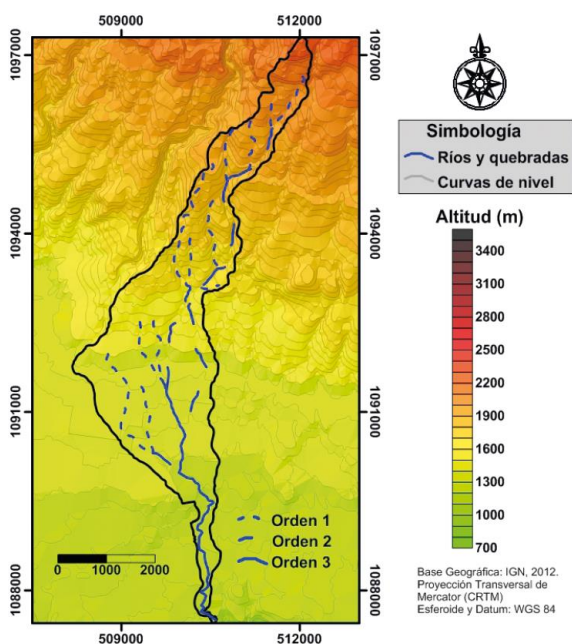
2.2.4.1. ÁREA DE DRENAJE

Proyección horizontal que es delimitada por la línea divisoria de agua, es necesario aclarar que para la determinación del área de drenaje no se considera el área de las laderas, sin embargo, si se toma en cuenta las proyecciones que se generen en un plano. Si tenemos una topografía accidentada dentro de una cuenca los valores de área de drenaje y el área de la superficie varían de manera considerable.

Para lograr determinar los valores de área de una cuenca de interés es necesario realizar una representación gráfica de la misma, esta información pueden ser imágenes satelitales o en su defecto un mapa topográfico de la zona que delimite la cuenca de una manera óptima, en la actualidad el proceso de determinación de área de cuenca se facilita a partir de la aplicación de programas GIS, aunque ellos requieren de una serie de archivos satelitales que se pueden obtener de servidores internacionales o nacionales dependiendo de la precisión y la localización de la zona de interés, si bien dicha información va a requerir de un procesamiento especializado para la aplicación de una delimitación correcta, esta se puede realizar a partir de una asesoría virtual del mismo software SIG que implementa herramientas enfocadas en la hidrología a partir de información que se pueda obtener de cartas topográficas.

Figura 4

Área de drenaje



Fuente: (Cotler, 2013)

Tabla 1

Clasificación por área

Tipo de cuenca	Rango de valores
Cuenca muy grande	> 5000 km ²
Cuenca grande	2500 < A < 5000 km ²
Cuenca intermedia grande	500 < A < 2500 km ²
Cuenca intermedia pequeña	250 < A < 500 km ²
Cuenca pequeña	25 < A < 250 km ²
Cuenca muy pequeña	< 25 km ²

Fuente: (Vásconez, 2019)





2.2.4.2. FORMA DE CUENCA

Una cuenca se forma a partir de las características geológicas en la que se encuentre la zona, a partir de ello se puede realizar un análisis de forma de la cuenca, dicha forma puede influir directamente en el periodo de tiempo en que una gota de precipitación logra trasladarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de desembocadura de la misma. Otra de las características que se ve directamente influenciada por la forma es el valor del índice de Gravelius, el cual se basa en la relación que

existe entre los valores del perímetro de la cuenca con el valor del área de un circunferencia equivalente al valor del área de drenaje, dicho valor basa su presencia a partir de la determinación de que tan circular es la cuenca, y con ello determinar si la cuenca presenta tendencias a generar inundaciones en la zona. Similar al valor de Gravelius se presenta el índice de Horton con el cual se puede determinar qué tan cuadrada es la cuenca en reemplazo de que tan circular sea. En definitiva se pueden explicar que las formas que predominen en las cuencas pueden tener una estrecha relación con los valores de reacción del río principal frente a las lluvias que se generen dentro de la cuenca, ya que si tenemos una cuenca con una forma circular los puntos de límites están más cercanos en comparación a una cuenca ovalada, esto en efectos de precipitación se puede decir que si se genera un precipitación el tiempo para el cual la precipitación llegue al río será menor incrementando así las probabilidades de inundaciones en la zona.

Figura 5

Forma de cuenca

Factor de forma (Ff)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
	Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
$Ff = \left(\frac{A}{Lc^2} \right)$ <p>Ff= Factor de forma de Horton A= Área de la cuenca (m²) Lc= Longitud del cauce principal (m)</p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

Fuente: (Cotler, 2013)

2.2.4.3. SISTEMA DE DRENAJE

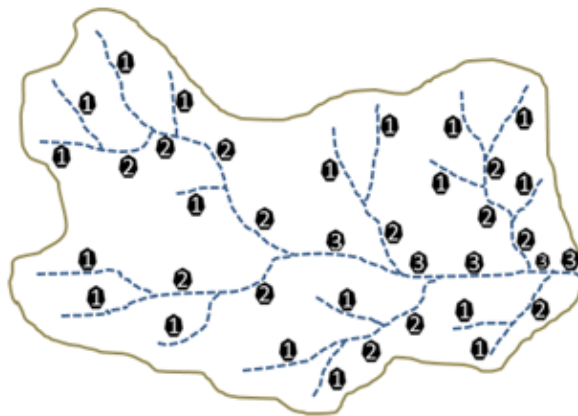
El sistema de drenaje de una cuenca se puede clasificar a partir de los siguientes factores:

- **Grado de ramificación**

Este grado se define a partir de el orden que tiene los ríos en una cuenca determinada. Se plantea que para los ríos nacientes o que no tienen un río tributario se les cataloga de orden 1, la unión de 2 ríos con orden 1 da como resultado un río de grado 2, este proceso continua sucesivamente hasta llegar a un cauce en común. La cantidad de ríos que presenta una cuenca evidencia el grado de ramificación que presenta una determinada cuenca, dicha ramificación depende directamente de la geología y topografía de la zona.

Figura 6

Grado de ramificación



Fuente: (Vásconez, 2019)

- **Densidad de drenaje**

Este factor se define a partir de la proporción que se genera de la longitud total de los cursos para una cuenca con el área que tiene. Este valor facilita la representación de la longitud de los cauces por unidad de superficie. Este valor se ve influenciado de manera directa por la permeabilidad que presenta el suelo, el tipo de vegetación y los factores climáticos.

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

Tabla 2*Clasificación de densidad de drenaje*

Tipo de densidad	Rango de valores
Cuencas con drenaje pobre	$Dd < 0.5 \text{ km/km}^2$
Cuenca con drenaje regular	$0.5 < Dd < 1.5 \text{ km/km}^2$
Cuenca con drenaje bueno	$1.5 < Dd < 2.5 \text{ km/km}^2$
Cuenca con drenaje muy bueno	$2.5 < Dd < 3.5 \text{ km/km}^2$
Cuenca con drenaje excepcionalmente drenadas	$Dd > 3.5 \text{ km/km}^2$

Fuente: (Vásconez, 2019)

2.2.4.4. RELIEVE DE LA CUENCA

Se define como relieve a la forma en que se compone la cuenca a partir de efectos de compresión o acciones del agua y viento que modifican el entorno topográfico de la cuenca, estos relieves se pueden clasificar de la siguiente manera:

Llanuras: Se clasifican así a las grandes extensiones de terreno que se encuentran generalmente alrededor de los 500 msnm, este tipo de relieve es comúnmente aprovechado para la construcción de zonas habitables.

Depresión: Son formaciones que se encuentran por debajo en altitud a las zonas que la circundan.

Colina: Son elevaciones de terreno que generalmente no superan a los 300 metros de altura, se originan a partir de fallas geológicas o causales del terreno.

Valle: Es un tipo de llanura que se limita a partir de cadenas de montañas, en general estas formaciones tienen dentro de ellas ríos que se encargan de drenar las aguas superficiales, este tipo de relieves son aprovechados para la producción agrícola y las actividades de ganadería.

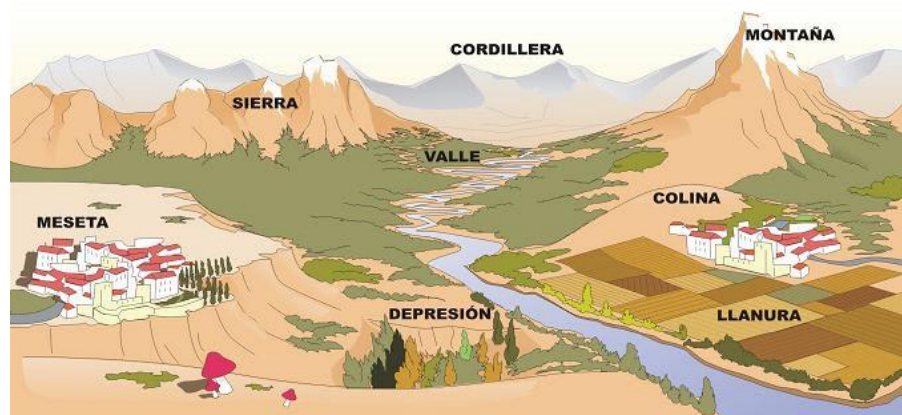
Montaña: Son al igual que la colinas elevaciones de terreno, pero en el caso de las montañas estas pueden alcanzar alturas

elevadas, por efecto de la altitud en las montañas existe la presencia de nevados.

Cordillera: Este tipo de relieve se define a partir de la sucesión de montañas.

Figura 7

Principales relieves formados



Fuente: (Vásconez, 2019)

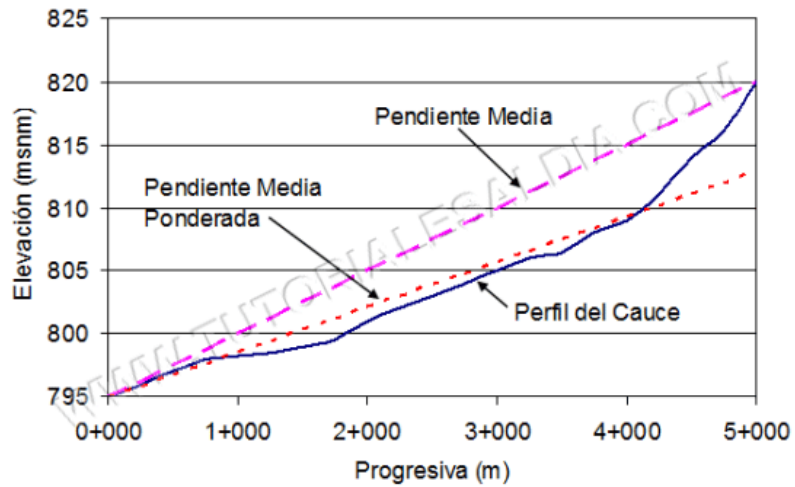
Los valores de la pendiente son relevantes en la caracterización de una cuenca, debido a que estos valores influyen directamente en las velocidades y los tiempos que tardan las precipitaciones en escurrir sobre toda la cuenca, estos valores se pueden determinar a partir de las siguientes aplicaciones:

Desnivel entre los extremos de los cauces: Es la metodología más sencilla, realizando la comparación de las alturas del punto inicial y final de la cuenca, pero en este tipo de aplicaciones se sobreestiman los valores de pendiente media.

Pendiente ponderada: Se realiza a partir de un análisis visual del perfil del río generado, dentro la imagen del perfil se traza una línea recta que compense los valores superiores e inferiores medidos a partir de la línea trazada.

Figura 8

Cálculo de pendiente ponderada



Fuente: (Vásconez, 2019)

2.2.5. PRECIPITACIÓN

El termino precipitación hace referencia a toda forma de humedad que es emanada de la atmosfera logra depositarse en la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada.

Para la formación de una precipitación es necesaria la confluencia de: humedad atmosférica, radiación solar, formas de enfriamiento del aire, un entorno de condensación, mecanismos para el crecimiento de partículas. (Monsalve, 1996)

2.2.5.1. TIPOS DE PRECIPITACIÓN

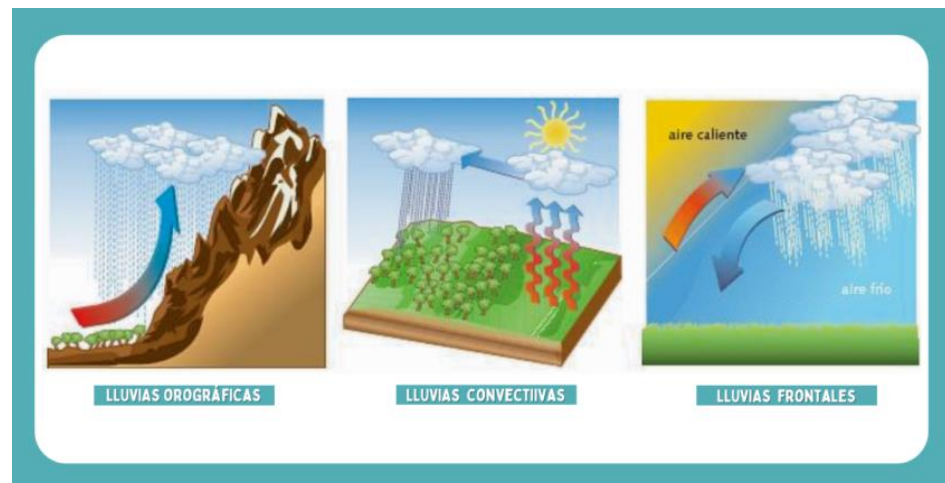
Precipitación convectiva: Este tipo de precipitaciones se da cuando una porción de aire empieza a incrementar su temperatura, existe una disminución de densidad y el aire sigue un trascurso de ascendencia para intentar ser reemplazada por otra masa de aire un poco más densa.

Precipitación orográfica: Este es el resultado de corrientes de aire que ascienden a partir de un movimiento horizontal hasta chocar con barreras naturales, principalmente formaciones montañosas.

Precipitación por convergencia: Este tipo de precipitación se genera a partir del choque de 2 masas de aire que poseen casi la misma temperatura y la colisión provoca que ambas masas se eleven y precipiten.

Figura 9

Tipos de precipitación



Fuente: (Vásconez, 2019)

2.2.5.2. MEDICIÓN DE PLUVIOMETRÍA

Este tipo de medición sustentas las cantidades de lluvia, a partir de la altura caída y acumulada en una superficie con características impermeables, dichas mediciones se realizan con los pluviómetros o pluviógrafos.

La altura de pluviometría se mide generalmente en mm, estos valores podrán ser expresados en periodos temporales diarios, mensuales y anuales. En una medición corriente se puede plantear un periodo de medición en horas con ello se asegura el registro de inicio a fin de la precipitación.

2.2.5.3. DATOS INEXISTENTES

Se sabe que para una investigación hidrológica se requiere de una serie continua de datos, sin embargo, en la realidad existen tanto errores en el registro de datos o el proceso de la información

que hacen que en ciertos periodos de tiempo no se tenga un registro de valores, los cuales pueden ser calculados a partir de la siguiente expresión:

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{N_x}{N_1} \right) P_1 + \left(\frac{N_x}{N_2} \right) P_2 + \dots + \left(\frac{N_x}{N_n} \right) P_n \right]$$

De la expresión se define:

n: Cantidad de estaciones cercanas a la estación "x"

P_x: Valor de la precipitación a estimar en el periodo de tiempo faltante.

P₁ a P_n: Precipitación de las estaciones 1 a n en el periodo de tiempo por completar.

N_x: Precipitación media anual.

N₁ a N_n: Precipitación media anual de las estaciones 1 a n.

2.2.5.4. ANÁLISIS DE DOBLE MASA

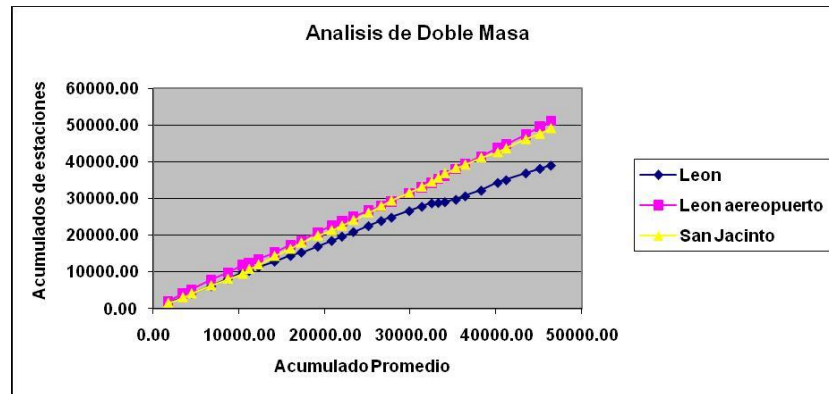
Esta metodología se aplica para la verificación de la homogeneidad de la serie de datos que se tiene.

Con esta metodología se pretende determinar las alteraciones que se puedan generar en los registros de las estaciones pluviométricas.

La metodología basa su aplicación en la realización de una curva doble acumulativa, en dicha gráfica se relaciona los valores totales anuales acumulados de precipitación, conjuntamente se tienen valores de la media acumulada de los totales anuales en todas las estaciones de la región.

Figura 10

Cálculo de pendiente ponderada



Fuente: (Loayza, 2017)

Si se presenta un cambio de pendiente dentro del análisis de doble masa se puede corregir a partir de la siguiente expresión:

$$P_{aj} = \left(\frac{M_a}{M_p} \right) P_o$$

De la expresión se define:

P_{aj} : Son las observaciones ajustadas

P_o : Datos para la corrección

M_a : Pendiente correcta en la toma de datos

M_o : Pendiente en el periodo de corrección

2.2.5.5. PRESENTACIÓN DE LOS VALORES CENTRALES O DOMINANTES DE LA SERIE

Tabla 3

Parámetros estadísticos

Media	Mediana	Rango de valores
$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$	Valor de la serie que se encuentra con una probabilidad del 50%, este valor en análisis hidrológico se presenta como el valor de tendencia central que no se ve afectada por máximos o mínimos.	Es el valor que se define como el valor más recurrente en la distribución de probabilidades.

Fuente: (Adaptación Propia)

2.2.5.6. DISPERSIÓN DE LOS VALORES CENTRALES

- **Desviación estándar**

$$S = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}\right)}$$

- **Varianza**

$$Var = S^2$$

- **Rango**

Valor de diferencia entre el máximo y mínimo valor de la serie.

- **Coefficiente de variación**

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

2.2.5.7. CARACTERÍSTICAS DE FORMA

Para el análisis de la forma que presentan los datos de pluviometría se plantean los coeficientes de oblicuidad, dicho valor presenta las características de simetría de la distribución que se está analizando:

$$C_s = \frac{a}{S^3}$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3$$

Tabla 4

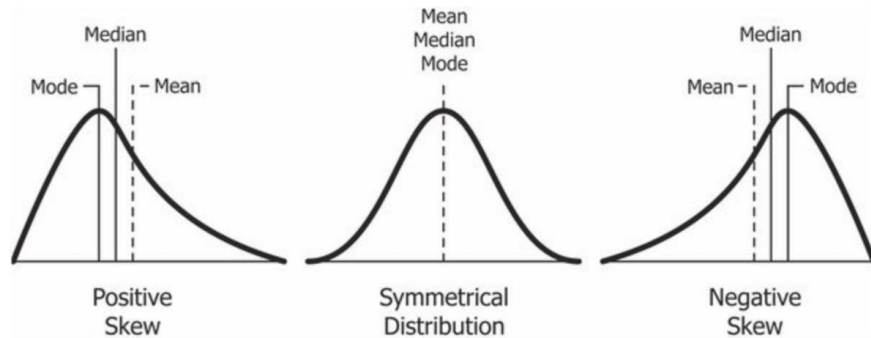
Oblicuidad

Característica	Valor
Distribución simpátrica	Cs=0
Distribución oblicua hacia la derecha	Cs>0
Distribución oblicua hacia la izquierda	Cs<0

Fuente: (Adaptación Propia)

Figura 11

Características gráficas de oblicuidad



Fuente: (Loayza, 2017)

2.2.5.8. DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PARA HIDROLOGÍA

- **Normal o Gauss**

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(-\frac{(x-\bar{X})^2}{2S^2}\right)} dx$$

A partir del planteamiento de una nueva variable aleatoria que llamaremos para la metodología una variable reducida, se podrá plantear una distribución normal o de Gauss con un valor de media igual a 0 y una desviación estándar igual a 1.

- **Log-Normal**

Para esta distribución se puede definir los siguientes parámetros:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \frac{\log x_i}{n}$$

Se define así a la media de los valores.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}}$$

Definiendo así los valores para la desviación estándar

$$C_s = \frac{a}{S_y^3}$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Con ello se puede definir los valores de coeficiente de oblicuidad.

- **Gumbel o de valores extremos**

Esta distribución en general se usa para una serie de datos aleatorios sacadas de poblaciones considerablemente grandes.

$$P(x \leq x_i) = e^{-e^{-y_i}}$$

De la expresión se puede definir:

e: Base neperiana

y_i: Variable reducida

$$y_i = a(x_i - x_f)$$

$$a = \frac{S_n}{S}$$

$$x_f = \bar{X} - S \frac{Y_n}{S_n}$$

De la expresión se puede definir:

X: Promedio de datos muestrales

S: Desviación estándar

x_i: Datos de muestra

Y_n y S_n: Valores dependientes de la cantidad de muestra, se definen como media y desviación estándar de la variable reducida.

- **Log-Gumbel**

Para esta distribución se conocen los siguientes parámetros estadísticos:

$$\bar{W} = \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{\log x_i}{n}$$

Para la media

$$S_w = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(w_i - \bar{W})^2}{n-1}}$$

Para los cálculos de desviación estándar

- **Log-Pearson tipo III**

Este tipo de metodología se aplica para serie de datos pluviométricos o de caudales anuales.

- **Pearson tipo III**

De la misma forma que la anterior distribución esta se aplica a series anuales de datos, ambas metodologías se aplican en conjunto con el método de Chow.

2.2.5.9. RECURRENCIA DE LLUVIAS

- **Frecuencia de lluvias totales anuales**

Son la serie de datos que se recolectan de forma total anual, generalmente se ajustan a las distribuciones normal o log-normal, siendo la última la más recurrente.

- **Frecuencia de lluvias máximas anuales**

Las precipitaciones anuales máximas generalmente se ajustan a distribuciones de Gumbel, Log-Gumbel, Pearson y Log-Pearson.

2.2.5.10. FRECUENCIA DE RIESGOS

Para proyectos hidrológicos se requiere un análisis de riesgos para cuando la estructura pueda fallar y con ello poder determinar su vida útil. Con los datos que se pueden observar se pueden lograr clasificar en orden descendente y con cada uno ellos atribuirle un valor de ordenamiento. (Monsalve, 1996) La frecuencia con el cual

se presenta dicho valor se puede determinar a partir de las siguientes expresiones:

$$F(x \geq x_i) = \frac{i}{n}$$

$$F(x \geq x_i) = \frac{i}{n + 1}$$

Las expresiones responden a los planteamiento del método de california y método Kimbal respectivamente.

A partir de la aplicación de recurrencia de eventos, se puede plantear un tiempo de retorno determinado para la investigación, definiendo a el periodo de retorno como el periodo temporal en años en que determinado suceso se puede igualar o superar al menos una vez.

$$T = \frac{1}{F(x \geq x_i)} \quad \text{ó} \quad T = \frac{1}{P(x \geq x_i)}$$

Cabe resaltar que para periodos de retorno menores al periodo de observaciones, usar la función puede dar mejores ideas sobre el valor real de la probabilidad, pero con periodos mayores la repartición debe ser más ajustada con el fin de realizar cálculos más precisos en las probabilidades.

$$T = \frac{1}{1 - F(x \leq x_i)}$$

2.2.5.11. VARIACIONES DE PRECIPITACIÓN

Las variaciones de precipitación se generan a partir de las características de geografía en las cuales se encuentran el entorno de la cuenca, estos pueden presentar a los efectos locales o por factores de orografía, otro de los más importantes cambios que generan una variación de en las precipitaciones son los cambios temporales dentro del contexto del cambio climático.

2.2.5.12. PRECIPITACIONES PROMEDIO EN LA CUENCA

Los valores de precipitación varían de acuerdo a la zona en donde se requiera caracterizar la hidrología en un determinado periodo temporal. Es por ello que se plantean los fundamentos de metodologías de cálculo. (Monsalve, 1996)

- **Método aritmético**

Esta metodología es aplicable siempre y cuando las estaciones pluviométricas sean de un número considerable dentro de la cuenca y tengan una distribución uniforme, otra de las características que hacen más o menos optimas para la determinación es que la cuenca tenga una topografía plana y la variación de las lecturas entre estaciones es pequeña.

$$\bar{P} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n P_i$$

De la expresión se puede establecer:

n: cantidad de estaciones pluviométricas

P_i: Valor de precipitación registrada

- **Polígonos de Thiessen**

Esta metodología fundamenta su aplicación en cuencas con una distribución de estaciones no uniformes, si bien da como resultado información más confiable no toma en cuenta las influencias orográficas, ya que la metodología solo basa su ejecución a partir de la proporción de la influencia en la estación dentro de la cuenca en función al área, la metodología se basa en unir las líneas que conforman las ubicaciones de las estaciones y a partir de estas líneas realizar mediatrices formado los polígonos que delimitan las influencias de cada una de las estaciones, matemáticamente esta metodología se puede representar como:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times P_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

De la expresión se puede definir:

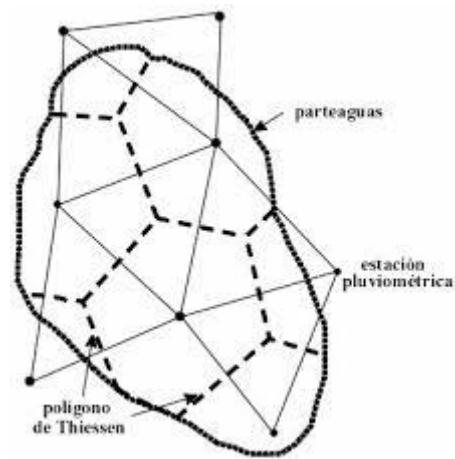
n: Cantidad de estaciones

P_i: Valor de precipitación registrada

A_i: Área de influencia

Figura 12

Polígonos de Thiessen



Fuente: (Villón, 2004)

- **Método de Isoyetas**

De las metodologías para el cálculo de una precipitación promedio la más óptima es la del método de las isoyetas. Para esta metodología se aplican curvas con el mismo valor de precipitación de manera similar a las curvas de nivel pero reemplazando el nivel de las alturas por valores de precipitación. Esta metodología se puede expresar matemáticamente de la siguiente forma:

$$\bar{P} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{P_i + P_{i+1}}{2} \right) A_{i,i+1}}{\sum_{i=1}^{n-1} A_{i,i+1}} \right]$$

De la expresión se sabe:

n: Número de curvas

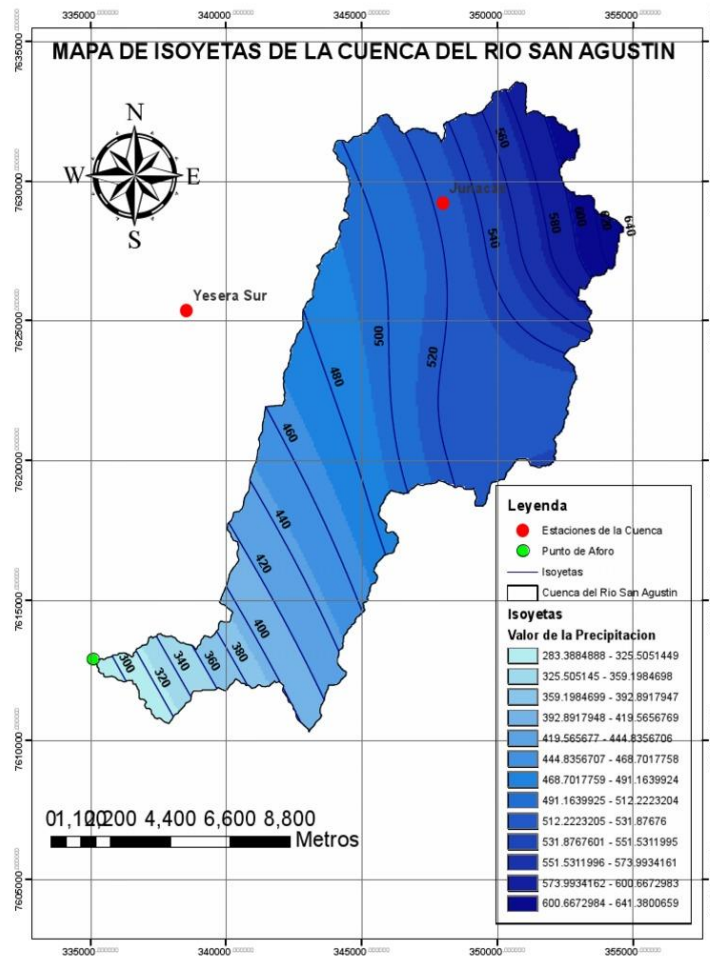
P_i: Precipitación de la curva i

P_{i+1}: Precipitación de la curva i+1

A_{i,i+1}: Área entre las curvas i y i+1

Figura 13

Isoyetas



Fuente: (Cotler, 2013)

2.2.5.13. Variación en la intensidad de duración de precipitación

Se puede definir como una duración de precipitación intensa a los valores registrados acumulados a lo largo de un determinado tiempo, las duraciones usuales para la elaboración de registros son de 5, 10, 15, 30, 45 minutos y 1, 2, 3, 6, 12, 24 horas, el valor mínimo para el registro es de 5 minutos, esto debido a que con este tiempo se pueden hacer lecturas más confiables con precisiones adecuadas, y la máxima lectura a las 24 hrs ya que a partir de ello si se requiere superar ese tiempo se hace utilización de los registro de pluviometría. Los valores de intervalos que se generan deben ser suficientes para la elaboración de curvas de intensidad-

duración de un determinada precipitación, con diferentes frecuencias de recurrencia.

2.2.5.14. INTENSIDAD Y FRECUENCIA

Si para una determinada investigación se requiere analizar un periodo de tiempo mayor a 5 años en periodo de retorno, se recomienda aplicar una serie de datos compuesta por valores máximos anuales, se define como una serie parcial a la elaboración de un modelo tomando en cuenta todos los valores de la variable hidrológica que se está investigando. Para el planteamiento de series anuales el periodo de retorno debe estar en el intervalo promedio de un evento hidrológico. La relación que se presenta entre los valores de intensidad y frecuencia se pueden realizar a partir de la observación de datos máximos (series anuales) o los valores observados en un periodo de tiempo total (Series parciales).

2.2.5.15. INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA

Esta relación se plantea para analizar las lluvias observadas en diferentes intervalos de duración, así como plantear la ecuación que la fundamenta y los parámetros de la misma. Generalmente en hidrología se hace uso de la aplicación de la ecuación:

$$i = \frac{C}{(t + t_0)^n}$$

De la expresión se puede determinar que:

i: intensidad de precipitación

t: duración de precipitación

t₀: constante

C y n: Valores ctes.

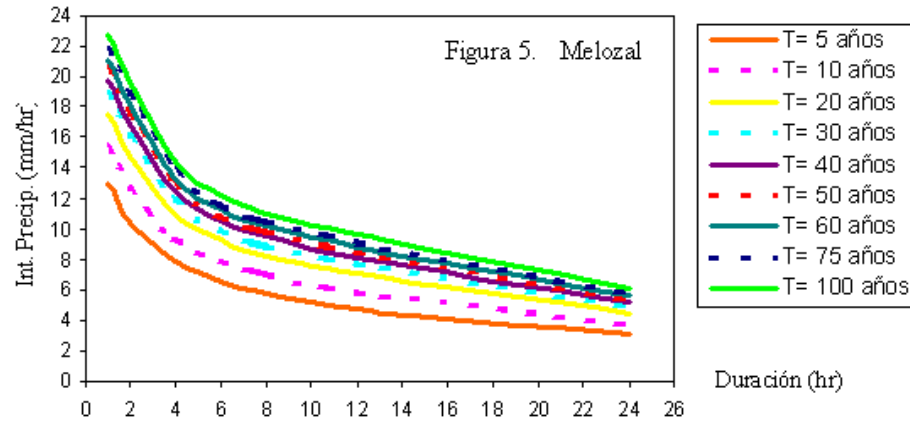
El valor de C en la ecuación anterior se puede relacionar con el periodo de retorno a partir de la siguiente ecuación:

$$C = KT^m \rightarrow i = \frac{KT^m}{(t + t_0)^n}$$

Generándose así graficas de tipo:

Figura 14

Curva IDF



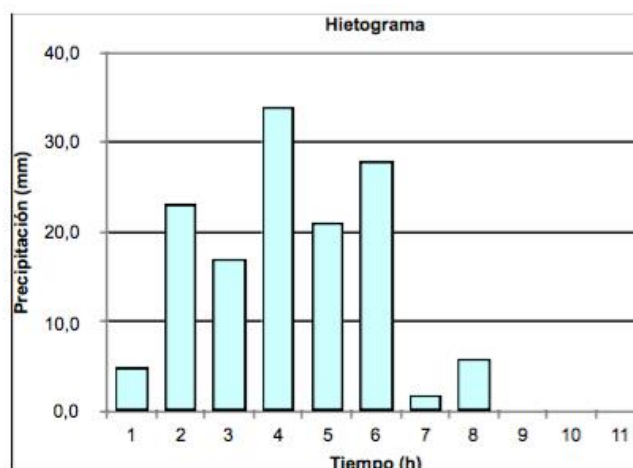
Fuente: (Cotler, 2013)

2.2.5.16. ESTUDIO DE INTENSIDADES

A partir del análisis de los registros pluviográficos se puede lograr determinar una curva denominada curva de masa de precipitación, o lo mismo que decir que la cantidad de agua caída desde el inicio de una precipitación. A partir de dicha información se puede plantear, que si tenemos en cuenta las intensidades estas pueden formar parte de las ordenadas de una nueva gráfica denominada Hietograma en las cuales los valores de las abscisas son los periodos de tiempo en que se relacionan.

Figura 15

Hietograma de precipitación



Fuente: (Cotler, 2013)

2.2.6. CAUDALES CRÍTICOS

Para diseñar estructuras de encasamiento, sistemas de drenaje, alcantarillas, vertedores o luces de puentes se debe realizar una estimación de los caudales para los cuales se van a enfrentar, que en algunos cálculos se deben de estimar los valores más críticos. Se sabe que los valores que adoptan los caudales de diseño están directamente ligados a los periodos de retorno que se considere y la vida útil que deberá tener la estructura a diseñar.

2.2.7. PERIODO DE RETORNO

Se puede establecer que el periodo de retorno es el intervalo temporal en el cual un evento de magnitud Q, es superado o igualado al menos 1 vez. Esto en características de probabilidad se puede definir como:

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

A partir de esta expresión y de algunas interpretaciones matemáticas se puede llegar a la conclusión de que, la probabilidad de que un evento ocurra al menos una vez en “n” años secuenciales,

denominado como riesgo (R), se puede representar a partir de la siguiente expresión matemática:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Con el valor del riesgo se puede estimar cuales son las implicancias al seleccionar un periodo de retorno para una obra que presenta una vida útil de “n” años.

Tabla 5

Valores de periodo de retorno

Tipo de estructura	Periodo de Retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 – 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 – 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje Agrícola	5 – 10
Muros de encauzamiento	2 – 50 *

*Puede aumentar si estas obras protegen poblados de importancia.

Fuente: (Villón, 2004)

2.2.7.1. MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES

- **Método directo**

También llamado de sección y pendiente, este tipo de metodología se aplica luego de que se suscitase una avenida y se procediera a realizar mediciones en campo, con lo cual se tiene que realizar una elección de un tramo del río que sea representativo para la información y con una profundidad considerable para que contenga los niveles máximos de caudales. Conjuntamente con ello se tiene que determinar los valores de la sección, el valor de la pendiente, caracterizar las rugosidades del tramo de interés y aplicar la fórmula siguiente:

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

De la expresión se puede identificar:

Q: Caudal máximo

n: Coef. Rugosidad

A: Área hidráulica

R: Radio hidráulico

S: Pendiente

Tabla 6

Valores de rugosidad

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD “n” de MANNING TÍPICOS			
TIPO DE CAUCE Y DESCRIPCIÓN	Valor de “n”		
	Mínimo	Normal	Máximo
D: Cauces naturales menores (ancho superior, a nivel de crecida, menor que 30 m)			
D1: Cauces en planicie			
Limpio recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
Igual que arriba pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
Igual que arriba, pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más inefectivas.	0.040	0.048	0.055
Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
Tramos con mucho pasto, pozos profundos o recorrido de la crecida con mucha madera o arbustos bajos	0.075	0.100	0.150
D2: Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos			
Fondo: grava, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
Cantos rodados y algunas rocas.	0.040	0.050	0.070
E: Cauces con planicie de crecidas			
Pastos sin arbustos			
Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
Pastos altos	0.030	0.035	0.050
Áreas cultivadas			
Sin cultivo	0.020	0.030	0.040

Cultivos maduros alincados	0.025	0.030	0.045
Campos de Cultivos maduros	0.030	0.040	0.050
Arbustos			
Arbustos escasos, muchos pastos	0.035	0.050	0.070
Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
Arbustos medianos a densos, en invierno	0.045	0.070	0.160
Arbustos medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
Arboles			
Sauces densos, en verano y rectos	0.710	0.150	0.200
Tierra clara con ramas sin brotes	0.030	0.040	0.050
Igual que arriba, pero con gran crecimiento de brotes	0.050	0.060	0.080
Grupos grandes de madera, algunos árboles caídos, poco crecimiento inferior y nivel de la inundación por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
Igual que arriba, pero con el nivel de inundación alcanzando las ramas	0.100	0.120	0.160
F: Cursos de agua importadas (Ancho superior, a nivel de inundación, mayor que 30 m). Los valores de n son menores que los de los cursos menores similar, ya que los bancos ofrecen menor resistencia efectiva			
Sección regular sin rocas y arbustos	0.025	-	0.060
Sección irregular y áspera	0.035	-	0.100

Fuente: (Chow, 1994)

• Método Racional

Para esta metodología se realizan suposiciones para la máxima esorrentía generada por una precipitación, esto suscita cuando el tiempo de duración es el mismo valor que el tiempo de concentración de un determinado evento. Si esto llegase a pasar entonces toda la cuenca contribuye al caudal en el punto de desfogue de la misma. Partiendo de estas bases se puede definir al caudal máximo como la siguiente expresión matemática:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

A partir de la expresión se puede definir:

Q: Caudal máximo

C: Coef. Escorrentía

A: Área de la cuenca

I: intensidad crítica de lluvia

Con este planteamiento sale a lucir una nueva variable la cual se conoce como tiempo de concentración, dicho valor se determina a partir de las siguiente fórmulas empíricas.

Kirpich:

$$t_c = 0.0195K^{0.77}$$
$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Australiana:

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

George Rivero:

$$t_c = \frac{16L}{(1.05 - 0.2p)(100S)^{0.004}}$$

Fórmula del SCS:

$$t_c = \frac{0.02872L^{0.80} \left(\frac{1000}{N} - 9 \right)^{1.67}}{S^{0.50}}$$

También para la aplicación de la metodología racional hace falta conocer los valores de coeficiente de escorrentía el cual se puede determinar a partir:

$$C = \frac{V \text{ escorrentía superficial total}}{V \text{ precipitado total}}$$

Dicho valor presenta aproximaciones a partir de las siguientes tablas realizadas por investigadores relacionados al estudio de escorrentía, lo cual ayuda a generalizar algunos entornos:

Tabla 7*Escorrentía en función a la vegetación*

Tipo de vegetación	Pendiente (%)	Textura		
		Franco arenosa	Franco arcillolimoso Franco limosa	Arcillosa
Forestal	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.25	0.35	0.50
	10 – 30	0.30	0.50	0.60
Praderas	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.15	0.35	0.55
	10 – 30	0.20	0.40	0.60
Terrenos cultivados	0 – 5	0.30	0.50	0.60
	5 – 10	0.40	0.60	0.70
	10 – 30	0.50	0.70	0.80

Fuente: (Villón, 2004)

Tabla 8*Escorrentía en función a la zona urbana*

Tipo de área drenada	Coefficiente C
Áreas comerciales	
Céntricas	0.7 – 0.95
Vecindarios	0.5 – 0.7
Áreas Residenciales	
Familiares simples	0.30 – 0.50
Multifamiliares separados	0.40 – 0.60
Multifamiliares concentrados	0.60 – 0.75
Semi-urbanos	0.25 – 0.40
Casas de habitación	0.50 – 0.70
Áreas industriales	
Densas	0.60 – 0.90
Espaciadas	0.50 – 0.80
Parques, cementerios	0.10 – 0.25
Campos de juego	0.10 – 0.35
Patios de ferrocarril	0.20 – 0.40
Zonas urbanas	0.10 – 0.30
Calles	
Asfaltadas	0.70 – 0.95
De concreto hidráulico	0.80 – 0.95
Adoquinadas	0.70 – 0.85
Estacionamientos	0.75 – 0.85
Techados	0.75 – 0.95

Fuente: (Villón, 2004)

Con dichos valores tabulares se pueden realizar las aproximaciones ajustadas al entorno que se está investigando a partir de la siguiente generalización matemática:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n C_iA_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

- **Método de Mac Math**

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

A partir de la expresión se define:

Q: Caudal máximo

C: Factor de escorrentía

I: Intensidad máxima de lluvia

A: Área de la cuenca

S: Pendiente

Para la definición del factor de escorrentía se calculan a partir de las funciones vegetales, textura de suelo y topografía a la cual se encuentre el terreno de la investigación, al igual que para el método racional los valores del factor de escorrentía también se encuentran determinados a partir de estudios realizados con anticipación:

Tabla 9

Factor Mac Math

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

Fuente: (Villón, 2004)

- **Número de curva**

$$Q = \frac{[N(P + 5.08) - 508]^2}{N[N(P - 20.32) + 2032]}$$

A partir de la expresión se puede determinar lo siguiente:

Q: Caudal máximo

P: Precipitación en tormenta

N: # de curva

Tabla 10

Valor del número de curva "N"

Uso de la tierra	Cobertura		Número de curva			
	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	A	B	C	D
Descuidado en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	---	7	8	9	9
			7	6	1	4
	Surcos rectos	Pobre	7	8	8	9
			2	1	8	1
Cultivos	Surcos rectos	Buena	6	7	8	8
			7	8	5	9
	Curvas de nivel	Pobre	7	7	8	8
			0	9	4	8
	Curvas de nivel	Buena	6	7	8	8
			5	5	2	6
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	6	7	8	8
			6	4	0	2
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	6	7	7	8
			2	1	8	1
	Surcos rectos	Pobre	6	7	8	8
			5	6	4	8
Surcos rectos	Buena	6	7	8	8	
		3	4	2	5	
Pequeños granos	Curvas de nivel	Pobre	6	7	8	8
			3	4	2	5
	Curvas de nivel	Buena	6	7	8	8
			1	3	1	4
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	6	7	7	8
			1	2	9	2
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	5	7	7	8
			9	0	8	1
	Surcos rectos	Pobre	6	7	8	8
			6	7	5	9
Surcos rectos	Buena	5	7	8	8	
		8	2	1	5	
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Curvas de nivel	Pobre	6	7	8	8
			4	5	3	5
	Curvas de nivel	Buena	5	6	7	8
			5	9	8	3
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	6	7	8	8
			3	3	0	3
Curvas de nivel y en terrazas	Buena	5	6	7	8	
		1	7	6	0	
Pastizales o similares		Pobre	6	7	8	8
			8	9	6	9
		Regular	4	6	7	8
			9	9	9	4
		Buena	3	6	7	8
			9	1	4	0

	Curvas de nivel	Pobre	4	6	8	8
			7	7	1	8
	Curvas de nivel	Regular	2	5	7	8
			5	9	5	3
	Curvas de nivel	Buena	6	3	7	7
			6	5	0	9
Pradera		Buena	3	5	7	7
			0	8	1	8
		Pobre	4	6	7	8
			5	6	7	3
Bosques		Regular	3	6	7	7
			6	0	3	9
		Buena	2	5	7	7
			5	5	0	7
Patios		---	5	7	8	8
			9	4	2	6
	Cieno	---	7	8	8	8
Caminos, incluyendo derecho de vía			2	2	7	9
	Superficie firme	---	7	8	9	9
			4	4	0	2

Fuente: (Villón, 2004)

Tabla 11

Organización de suelos

Grupos de suelos	Descripción
A	Son suelos que tienen altas tasas de infiltración (bajo potencial de escurrimiento) aún cuando están enteramente mojados y están constituidos mayormente por arenas o gravas profundas, bien y hasta excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
B	Son suelos que tienen tasas de infiltración moderadas cuando están cuidadosamente mojados y están constituidos mayormente de suelos profundos de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión de agua.0
C	Son suelos que tienen bajas tasas de infiltración cuando están completamente mojados y están constituidos mayormente por suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo, o suelos con una textura que va de moderadamente fina a fina. Estos suelos tienen una baja tasa de transmisión de agua.
D	Son suelos de alto potencial de escurrimiento, de tasas de infiltración muy bajas cuando están completamente mojados y están formados mayormente por suelos arcillosos con un alto potencial de esponjamiento, suelos con índice de agua permanentemente alto, suelos con arcilla o capa de arcilla en la superficie o cerca de ella y suelos superficiales sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa muy baja de transmisión del agua.

Fuente: (Villón, 2004)

- **Método de Gumbel**

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (\bar{Y}_N - \ln T)$$

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - N Q_m^2}{N - 1}}$$

De la expresión se sabe:

Q: Caudal crítico

N: Años de registro

Qi: Caudal anual

Qm: Caudal medio

T: Periodo de retorno

- **Método Nash**

$$Q_{m\acute{a}x} = a + b \log \log \frac{T}{T - 1}$$

De la expresión se sabe:

Q: Caudal crítico

T: Periodo de retorno

2.2.8. INUNDACIONES

Se puede definir a una inundación como al evento en el cual se desborda un cuerpo de agua, invadiendo un terreno generalmente seco que en ciertos contextos puede ser habitado o no por una población. Este tipo de eventos son los más recurrentes debido al cambio de clima y estas a su vez afectan directamente a las áreas urbanas en donde ocurran, este tipo de desastre natural se puede ocasionar de las siguientes maneras:

Inundación fluvial: Este tipo de inundaciones se genera por la excedencia de la capacidad de transporte de un río o canal, este exceso de agua desborda en las áreas adyacentes.

Inundación pluvial: Este tipo de inundaciones son causadas generalmente por lluvias anómalas que no logran realizar el proceso de infiltración y fluye por la superficie hasta llegas a las corrientes de agua naturales.

Inundación costera: Se generan por el desborde del océano o el mar, diferenciándose de las mareas alta por el aumento inesperado del nivel del río.

Inundación agua subterránea: Se generan a partir del que el nivel freático se incrementa de manera súbita llegando así el agua a la superficie.

Fallas de sistemas artificiales: Se generan a partir de que los sistemas artificiales de transporte de agua fallan por algún error en el diseño generando así un desborde del agua.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Afluentes: “Los afluentes de una cuenca hidrográfica constituyen los ríos secundarios que vierten sus aguas al cauce principal, uno de los problemas de mayor recurrencia es la contaminación de sus aguas especialmente por laborar agrícolas y ganaderas.” (Vásconez, 2019)

Divisoria de aguas: “Se define como la línea imaginaria que limita las vertientes hidrográficas continuas, se ubica en la parte más alta de las montañas que es el límite natural, es decir, es el límite en el cual al momento de presentarse una precipitación las aguas superficiales se dirigen hacia vertientes distintas.” (Vásconez, 2019)

Escorrentía Directa: “Es la que llega a los cauces superficiales en un periodo de tiempo corto tras la precipitación, y que normalmente engloba la escorrentía superficial y la subsuperficial. Son imposibles de distinguir: una gran parte de lo que parece escorrentía superficial (por el aumento de los caudales que sigue a las precipitaciones) ha estado infiltrada subsuperficialmente.” (Sánchez, 2020)

Escorrentía Básica: “Es la que alimenta los cauces superficiales en los estiajes, durante los periodos sin precipitaciones, concepto que engloba la Escorrentía Subterránea y la superficial diferida.” (Sánchez, 2020)

Inundación: “Una inundación es un desbordamiento de agua sobre áreas que generalmente se encuentran secas. Las inundaciones son fenómenos

naturales, pero se convierten en un motivo de grave preocupación cuando afectan a la población. A nivel mundial, las inundaciones son los eventos naturales destructivos más frecuentes, que afectan tanto a los asentamientos rurales como a los urbanos.” (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2022)

SIG: “Un sistema de información geográfico es el conjunto de datos espaciales y descriptivos, los métodos analíticos, y el software de computadoras y equipo físico todo ordenado automáticamente, para llevar y visualizar la información a través de la presentación geográfica.” (Chaglla, 2010)

Tiempo de concentración: “Se denomina tiempo de concentración, al tiempo transcurrido desde que una gota cae, en el punto más alejado de la cuenca hasta que llega a la salida de esta (estación de aforo). Este tiempo es función de ciertas características geográficas y topográficas de la cuenca.” (Villón, 2004)

Variable Aleatoria: “Se define como variable aleatoria una cantidad variable x por medio de la cual sea posible definir una función $P(x_i)$ que, para cada valor real x que la variable aleatoria pueda tomar, mida la probabilidad de que se verifiquen valores de x menores o al menos iguales a x .” (Monsalve, 1996)

2.4. HIPÓTESIS

Al realizar la simulación hidráulica del río Chinobamba se pueden determinar las llanuras de inundación en los márgenes del río.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Llanura de inundación

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Simulación hidráulica

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 12

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIONES OPERACIONALES	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Llanura de inundación	Se identifica como llanura de inundación a las zonas que son tomadas por el agua de un cauce natural a causa de la sobre saturación de la capacidad de transporte hidráulico del canal, este tipo de incrementos pueden ser causales de precipitaciones anómalas que por efectos del ciclo hidrológico llegan a escurrir de manera superficial.	Variable Dependiente	Tirantes de caudal Áreas tomadas por el desborde Caudales máximos	Altura desde el punto más hondo del río hasta la superficie Zonas con presencia de agua desbordada Valores de caudal en estado crítico
Simulación hidráulica	Una simulación parte de un conocimiento real hacia una proyección a futuro de un evento determinado, en específico una simulación hidráulica se ejecuta a partir de parámetros de pluviometría, topografía y características de suelo con el fin de determinar el comportamiento del caudal dentro de un canal artificial o natural.	Variable Independiente	Precipitaciones Topografía Características del suelo	Registro de lluvias Características altitudinales de la zona Suelo impermeables o permeables

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Se plantea como enfoque cuantitativo al que se realiza a partir de la estimación y cálculo que relaciona magnitudes ocasionadas por fenómenos o hechos planteados como problema en la investigación, dichos problemas son estudiados a partir de hechos reales de interés para el investigador vistos a partir de elementos estadísticos que validen la confiabilidad y factibilidad de los hechos. (Hernández, 2014)

Dada esa definición se establece que la presente investigación tuvo un enfoque “**cuantitativo**” sustentado en la relación de variables que se analizan con la finalidad de demostrar o refutar una hipótesis planteada.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Una investigación explicativa se basa en pretender establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian. Van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos físicos o sociales. Determinan las causas de los fenómenos. (Hernández, 2014)

A partir de la definición anterior se establece que el alcance de la presente investigación fue de naturaleza “**explicativa**” ya que realizan predicciones y cuantifican las relaciones presentes dentro de las variables que se consideran en esta investigación.

3.1.3. DISEÑO

Se puede definir a una investigación no experimental, ya que no se hacen manipulaciones de las variables de manera deliberada. Dicho de otra manera, no se hacen variar de forma intencional a las variables independientes dentro de una investigación dada. (Hernández, 2014)

Con ello se puede establecer que esta investigación fue de un diseño “*no experimental*” ya que no se están alterando las variables de manera intencional o con un fin determinado.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para Hernández (2014), se define a población como el conjunto de casos que tienen en común una serie de parámetros especificados.

Para esta investigación se planteó como población al cauce del río Chinobamba, el cual se encuentra dentro del distrito de Churubamba.

3.2.2. MUESTRA

Para Hernández (2014), se define a la muestra como al subgrupo de la población en la cual se pueden generalizar una serie de características para establecer resultados en común.

Para esta investigación se planteó como muestra al tramo que comprende 1 km aguas arriba a la altura de la iglesia de Cascay, del río Chinobamba.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1.1. TERRENO DE LA CUENCA

En la investigación se hizo necesaria la delimitación de la cuenca que se genera a partir de un análisis del río Chinobamba, para ello se hizo necesaria la identificación del punto de aforo en el cual se inicia el tramo de interés:

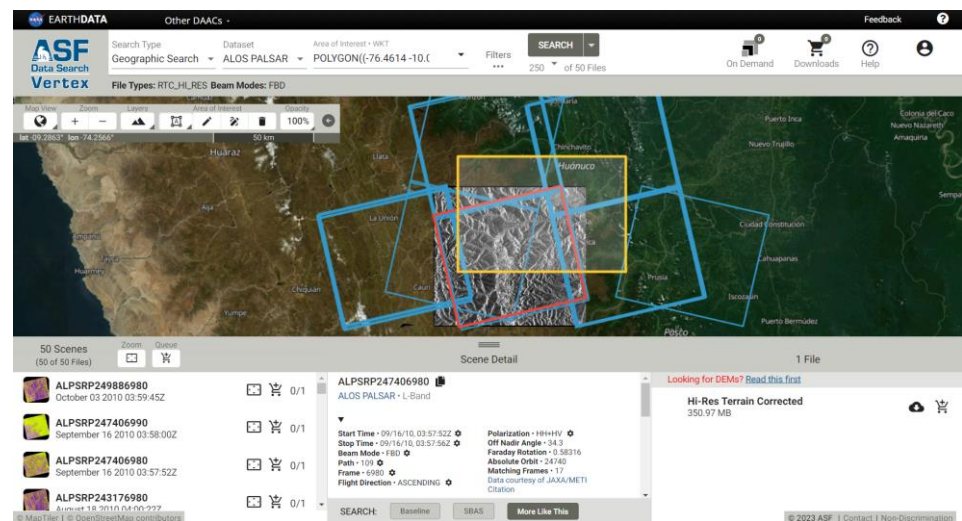
Tabla 13

Ficha de identificación de punto de aforo

PUNTO DE AFORO		
DESCRIPCIÓN	SUR	ESTE

Con en punto de aforo se logró identificar los cauces que aportan a la corriente principal del río Chinobamba, partiendo de los servicios satelitales de la NASA se lograron extraer las imágenes de elevación digital de la cuenca con las cuales se lograron delimitar la cuenca de manera más precisa en el software ArcMap.

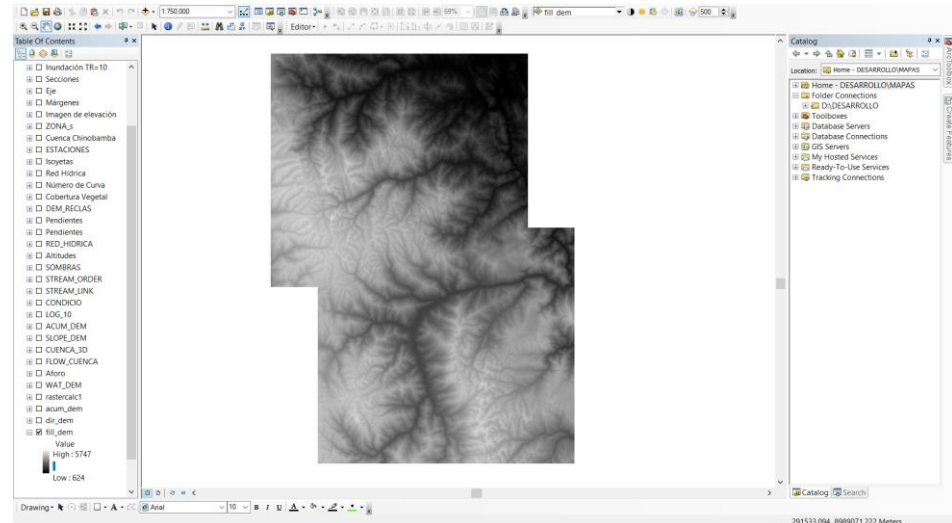
Figura 16
Sistema satelital ALOS PALSAR



Recolectada el área de interés en el cual se comenzará a delimitar la cuenca que se genera, se procedió a hacer uso de los sistemas de tratamiento GIS en los cuales se lograron delimitar de manera óptima y precisa las características de la cuenca.

Figura 17

Entorno del software ArcMap



Con la información satelital ya obtenida se iniciaron con los procesos de delimitación y caracterización geomorfológica de la cuenca.

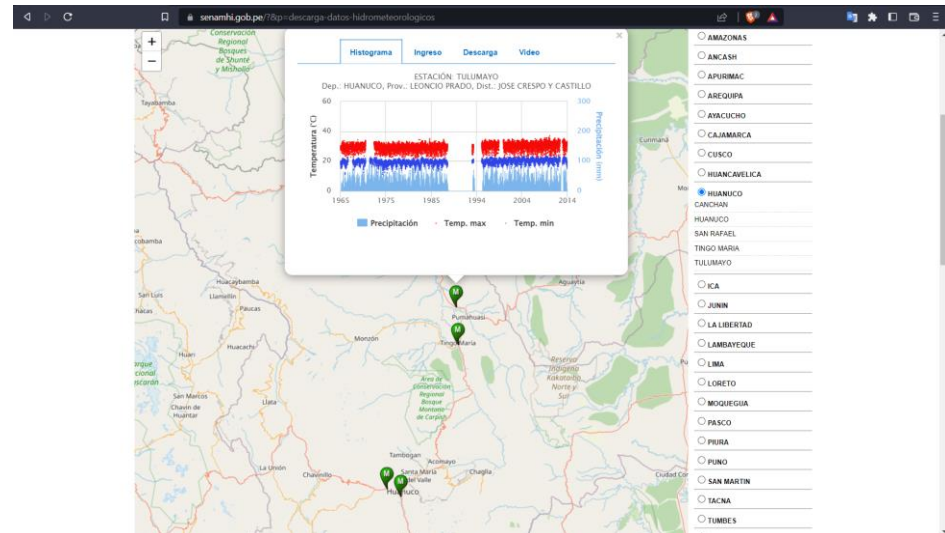
3.3.1.2. REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN

Para la estimación de los valores de caudales son necesarios los registros históricos registrados de precipitaciones, en la investigación y en la base de datos de los servidores del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y de la Autoridad Nacional del Agua no se lograron identificar estaciones en el mismo cauce del río Chinobamba con lo cual se estableció como criterio la interpolación de valores a partir de estaciones que se encuentren circundantes al área de interés. Es por ello que para la investigación se tomaron en cuenta las siguientes estaciones: Canchán, Huánuco, San Rafael, Tingo María y Tulumayo. Las estaciones anteriormente mencionadas cuentan con registros históricos desde el año 1976 hasta el 2014 sin embargo para la investigación solo se tomó en cuenta el periodo de 1988 a 2013 (25 años) cumpliendo así el mínimo de años establecido en el Manual de Hidrología del ministerio de Transportes. La información que se tomó para la investigación si bien cuenta con la validación del

SENAMHI fueron sometidos a una prueba de datos con la finalidad de descartar valores que se encuentren en discordancia con la serie de datos.

Figura 18

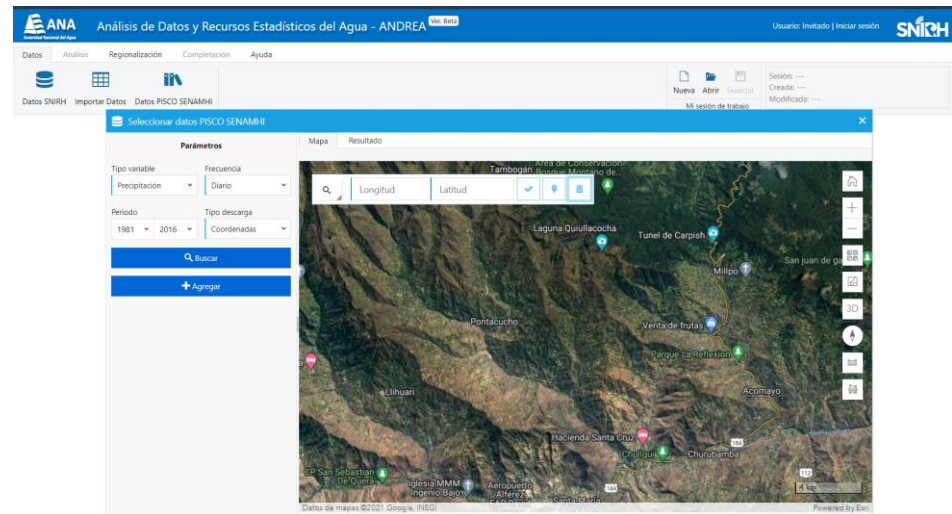
Base de datos históricas SENAMHI



Con la descarga de los datos históricos del SENAMHI se pudo identificar que el servidor de información del ANA también cuenta con series de registros histórico a partir de la plataforma denominada como ANDREA, en este servidor de información se logró estimar los valores de precipitación máxima en una zona en específico, dicha información servirá como punto de comparación con los valores estimados a partir de la interpolación de valores de las estaciones tomadas en cuenta.

Figura 19

Servidor ANDREA de la base de datos de la ANA



El sistema ANDREA se basa en la interpolación de valores pluviométricos de las estaciones colocadas y del sistema denominado como PISCO con el cual se realiza el proceso de interpolación satelital, con esta información recolectada ya se puede dar inicio a los procesos hidrológicos que conllevan en análisis de la cuenca del río Chinobamba.

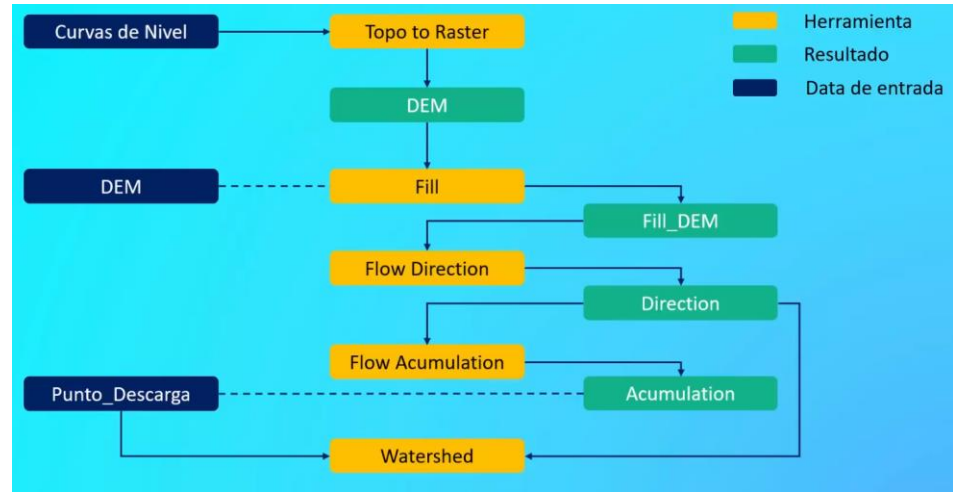
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

3.3.2.1. TERRENO DE LA CUENCA

De las imágenes de elevación digital del terreno (DEM) y con el punto de aforo de la cuenca se logró delimitar la cuenca de manera simplificada en el software ArcMap, siguiendo la siguiente metodología:

Figura 20

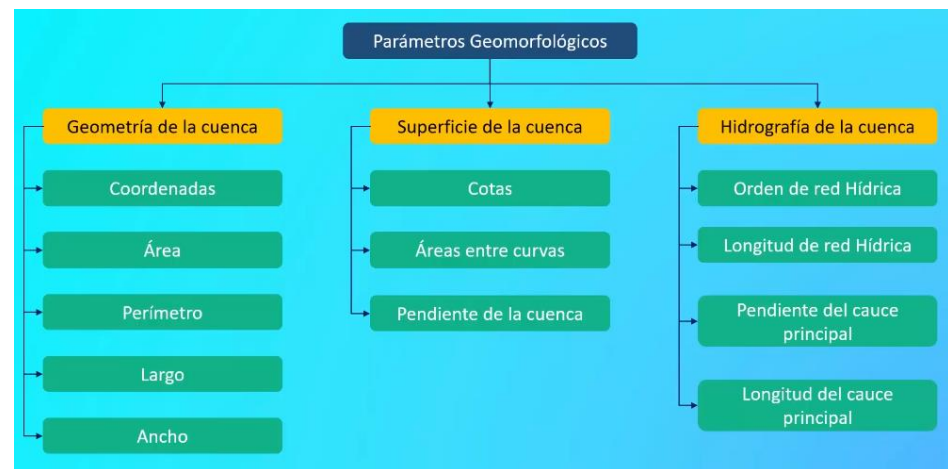
Esquema metodológico para la delimitación de la cuenca



Siguiendo el proceso de delimitación de la cuenca se lograron estimar los valores de parámetros geomorfológicos los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Figura 21

Esquema de parámetros geomorfológicos de una cuenca



Dicha información se presentó a partir de las siguientes fichas que se presentan a continuación:

Tabla 14

Ficha de parámetros geomorfológicos

DATOS DE LA SUBCUENCA CHINOBAMBA	
PARÁMETROS GEOMETRICOS	
Área	Km ²
Perímetro	km
Ancho de la cuenca	km
Largo de la cuenca	km
COTAS	
Cota mínima	msnm
Cota Máxima	msnm
Centroide X	m
Centroide Y	m
Centroide Z	msnm
ALTURAS DE LA SUBCUENCA	
Altitud Media	msnm
Altitud más frecuente	msnm
Altitud de frecuencia (1/2)	msnm
VALORES DE PENDIENTE	
Pendiente de la cuenca	%
CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS	
Longitud del Cauce Principal	km
Orden de la red Hídrica	Adimensional
Longitud de la red Hídrica	km
Pendiente promedio de la red hídrica	%
GEOMORFOLOGÍA DE LA SUBCUENCA	
Factor Forma	S/N
Índice de Gravelius (Compacidad)	S/N
Rectángulo Equivalente (Lado Mayor)	km
Rectángulo Equivalente (Lado Menor)	km
Densidad de Drenaje	u/km ²
Índice de pendiente	S/N

En esta ficha se presentó de manera resumida los valores que caracterizan a la cuenca de manera completa con el fin de estimar valores de tiempos de concentración que se ocasionaron en la cuenca con el cual se puedan calcular los valores de hidrología que fueron necesarios para la obtención de resultados.

Tabla 15

Ficha altitudinal de la cuenca

Min	Max	Promedio	Áreas (Km ²)	Área Acumulada	Área Sobre la Cuna	Áreas en %	Área Sobre la Cuna (%)

Para lograr obtener los valores correspondientes para la Tabla 14 fueron necesarios la estimación de las características particulares, dada la necesidad de identificar valores altitudinales para la caracterización de la cuenca se hizo necesaria la sectorización de las alturas a partir de áreas comunes en la cuenca y con esto a partir de un promedio se logró estimar la altura media de la cuenca de interés.

De la cuenca delimitada se pudo identificar la composición de la cobertura vegetal de la cuenca de interés, esta información es relevante para la caracterización de los coeficientes de escorrentía y tiempo de concentración de la cuenca de interés.

Tabla 19

Ficha de coeficiente de escorrentía

CÁLCULO DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA					
ÁREA (ha)	COBERTURA	TEXTURA	PENDIENTE	TIPO DE ZONA	C
COEF. DE ESCORRENTÍA					

Otro de los parámetros de caracterización para la cuenca son los valores de cobertura y textura que presente la cuenca con el fin de estimar en promedio los coeficientes de escorrentía que afecten a la cuenca.

Tabla 20

Ficha de número de curva

NÚMERO DE CURVA		
RANGO	PROMEDIO	ÁREA
PROMEDIO		

Los valores de número de curva de una cuenca se estimaron a partir del cálculo promedio que brinda el Ministerio del Medio Ambiente del Perú, con dichos valores se logró estimar el valor adecuado con el cual se trabaje la hidrología de la cuenca.

Tabla 21

Ficha de tiempo de concentración

VALORES DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN										
KIRPICH	TEMEZ	JOHN CROSS	GIANDOTTI	SCS RANCO	V.T. CHOW	CUERPO ING. USA	HATHWAY	EC. FED. AVIATION	EC. RETARDO SCS	VALOR SELECCIONADO

Con los valores de coeficientes de escorrentía y las características geomorfológicas de la cuenca se lograron

Tabla 23*Ficha de distancias entre estaciones*

Los valores de distancia sirven para la interpolación sin embargo esto no asegura que los valores estimados mantengan una relación entre sí, a partir de esta discrepancia se estableció la ejecución de una prueba que valide la correlación de la información, se identificó que la prueba más adecuada que se pueda aplicar es la Outlier, con ello se establecieron que los parámetros de análisis.

Tabla 24*Ficha de prueba Outlier*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS		
SUMATORIA		
VALOR MÁXIMO		
VALOR MÍNIMO		
MEDIA		
VARIANZA		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		
COEFICIENTE DE SESGO		
CONCLUSIÓN		

PARÁMETROS
n
Kn
Kn
xH
PH
CONCLUSIÓN
xL
PH
CONCLUSIÓN

La información que se pudo obtener de la ficha anterior se puede establecer si se presentaron valores anómalos superiores y/o inferiores de la serie de datos de interés, con ello se logró asegurar la veracidad de la información.

Tabla 28

Ficha de distribución estadística de Gumbel

N	x	F(x)	Ln(x)	Media Ln(x)	S Ln(x)	μ	α	F(x)	Δ
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									

Una vez determinado la distribución de ajuste más óptima se estimaron los valores de precipitación para diferentes periodos de retorno con la finalidad de estimar las curvas de intensidad-duración-frecuencia.

Tabla 29

Prueba de bondad Kolmogorov-Smirnov

PRUEBA DE BONDAD KOLMOGOROV-SMIRNOV	
DISTRIBUCIÓN	Δ TEÓRICO
NORMAL	
LOG NORMAL 2P	
GAMMA 2P	
GUMBEL	
LOG-GUMBEL	
CONCLUSIÓN	

La prueba que se realizó para la determinación de la distribución más óptima es la Kolmogorov-Smirnov.

Tabla 30

Ficha de precipitaciones

PRECIPITACIONES	
PERIODO DE RETORNO	PP (mm)
5	
10	
25	
50	
100	
500	

Con la distribución seleccionada y la serie de datos corregida se estimaron los valores de precipitación de acuerdo a diferentes periodos de retorno con los cuales se realizaron los análisis de tormenta para la cuenca.

Tabla 31

Ficha de precipitaciones máximas

PRECIPITACIONES MÁXIMAS			
PERIODO DE RETORNO	PP	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PP AJUSTADA (1.13)
2		0.50000	
5		0.80000	
10		0.90000	
25		0.98000	
50		0.98000	
100		0.99000	
105		0.99048	
500		0.99800	
1000		0.99900	
10000		0.99990	

Una vez estimado los valores de precipitación estos valores se reajustan a partir de un coeficiente de valor 1.13 el cual fue establecido para la corrección de lecturas en zona que solo se realicen revisiones 1 vez al día en cada estación.

Tabla 32

Ficha de precipitaciones máximas en diferentes periodos de retorno

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACIÓN (mm)										
TIEMPO DE DURACIÓN COEFICIENTE	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	105 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS	10000 AÑOS
1 hr	0.30									
2 hr	0.30									
3 hr	0.48									
4 hr	0.52									
5 hr	0.57									
6 hr	0.61									
8 hr	0.68									
10 hr	0.75									
12 hr	0.80									
14 hr	0.84									
16 hr	0.88									
18 hr	0.91									
20 hr	0.94									
22 hr	0.97									
24 hr	1.00									

Con los valores de precipitación ajustada se pudo establecer los valores de precipitación máximas para diferentes periodos de retorno, estos valores se estimaron a partir de la metodología de los coeficientes con lo cual se puedan estimar valores confiables para la elaboración del modelo hidrológico.

Tabla 33*Ficha de intensidades de lluvia*

TIEMPO DE DURACIÓN	MIN	INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/hr)									
		2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	105 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS	10000 AÑOS
1 hr	60.00										
2 hr	120.00										
3 hr	180.00										
4 hr	240.00										
5 hr	300.00										
6 hr	360.00										
8 hr	480.00										
10 hr	600.00										
12 hr	720.00										
14 hr	840.00										
16 hr	960.00										
18 hr	1080.00										
20 hr	1200.00										
22 hr	1320.00										
24 hr	1440.00										

Los valores de intensidades se determinaron a partir de las precipitaciones en diferentes periodos de retorno con ello se establecerán los valores de ajuste para la ecuación de la intensidad.

Tabla 34*Regresión lineal para ecuación de intensidad*

PERIODO DE RETORNO PARA T= 2 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X) ²
1	60					
2	120					
3	180					
4	240					
5	300					
6	360					
7	480					
8	600					
9	720					
10	840					
11	960					
12	1080					
13	1200					
14	1320					
15	1440					
15	9900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Ln(d)=		d=		r=	

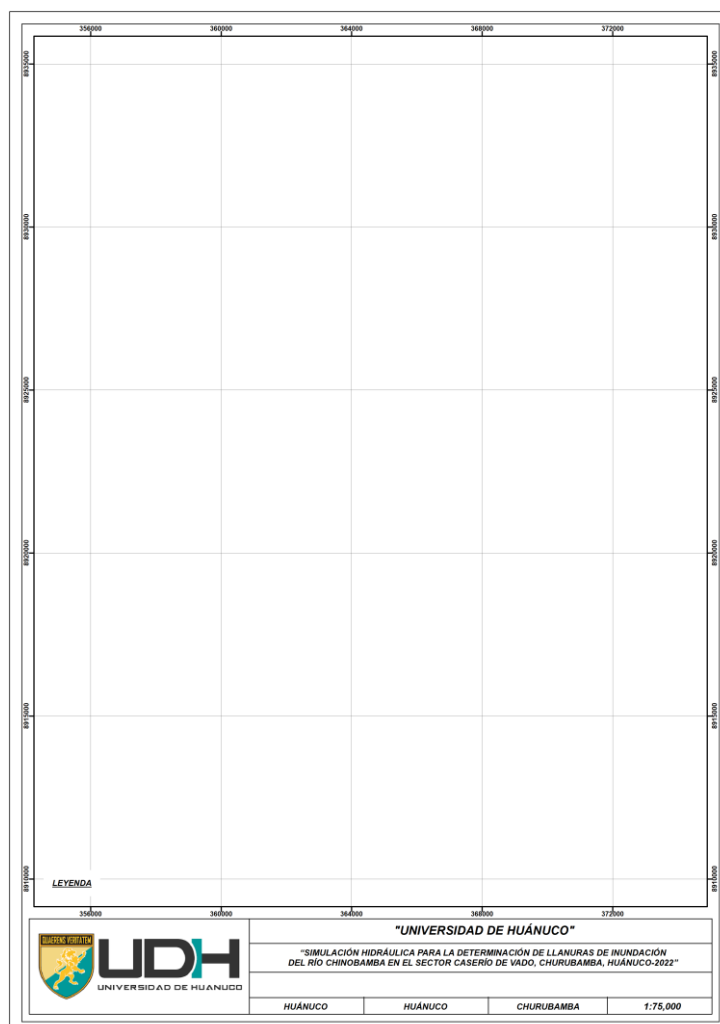
Con los valores de intensidad se estimaron los valores para la ecuación que logre estimar los valores de intensidad en diferentes tiempos de estimación, este proceso se repite para cada periodo de retorno a fin de estimar un valor promedio de factores con el cual se puedan establecer una ecuación general para las intensidades.

3.3.2.4. MODELO DE INUNDACIÓN

Una vez estimados los caudales de diseño para diferentes periodos de retorno, se estimaron los parámetros topográficos específicos de la zona de interés llegando así a elaborar un modelo digital de terreno específico para la zona de muestra de la investigación. El proceso de estimación de las zonas de inundación se realizó íntegramente en el software HEC-RAS debido a la facilidad de exportación en formato trabajable para ArcMap.

Figura 22

Plantilla general de información cartográfica



En general toda la información cartográfica determinada en la investigación se elaboró con la finalidad de armar mapas temáticos para su simple interpretación y comprensión de resultados.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

3.3.3.1. TERRENO DE LA CUENCA

La información recolectada que corresponde al modelo de elevación digital de la cuenca se analizó en el software ArcMap a fin de facilitar y minimizar los tiempos de procesamiento que implique delimitar una cuenca de esas dimensiones, con esto se estimaron los valores de características geométricas de la cuenca que a partir de proporciones generaron coeficientes que facilitaron la caracterización de la cuenca, con el software se lograron discretizar la información de pendientes y alturas tanto de la cuenca y de la red hídrica de la zona, dichos valores generan una relevancia para los procesos de escorrentía y tiempo de concentración que tenga la cuenca. Estos procesos de segmentación y agrupamiento que se elabora en el software facilitan la estimación de valores promedios característicos de la cuenca de interés con esto se genera un modelo más adecuado para la hidráulica de la zona.

3.3.3.2. PRECIPITACIÓN

Los registros históricos obtenidos de los servidores estatales de información brindaron registros incompletos en la serie temporal de análisis con lo cual se establecieron una metodología para el cálculo de los valores faltantes, una vez estimados los valores faltantes se determinaron los parámetros de correlación entre los datos registrados este proceso se determinó a partir de la prueba Outlier que estima valores anómalos que sobrepasan o están por debajo de los valores máximos y mínimos respectivamente. Estimados los valores que se ajuste a la prueba Outlier se elaboro un análisis de doble masa entre la base de datos del sistema PISCO con la información interpolada de las estaciones de análisis y con ello se determinó cual de todas es la más adecuada para la estimación del análisis hidrológico. Seleccionada la serie de datos

para la investigación se elaboro un modelo de ajuste para las distribuciones con lo cual se identificó la distribución más adecuada a la serie de datos esto a partir de la prueba de bondad de Kolmogorov-Smirnov, finalmente con esta distribución identificada se estimaron los valores de precipitación para diferentes periodos de retorno los cuales fueron punto de partida para el cálculo de los hietogramas de diseño.

3.3.3.3. CAUDALES DE DISEÑO

Una vez que se estimaron los valores de precipitación para los periodos de retorno, se calcularon las fórmulas de intensidad para el modelo de tormenta que se ajusta a la cuenca de interés con esta fórmula se logró estimar los valores de intensidad para un periodo de retorno y distribución en específico estimándose así el hietograma de tormenta que sirve como base para el cálculo de caudales de la cuenca, con dicho hietograma y con las características de la cuenca, con ayuda del software HEC-HMS se logró elaborar el modelo SCS para la estimación de caudales de diseño a partir e la utilidad de su interfaz lográndose así obtener los valores de caudal máximos para los diferentes periodos de retorno considerados en la investigación.

3.3.3.4. MODELO DE INUNDACIÓN

La estimación del modelo de inundación se realizó íntegramente en el software HEC-RAS, este software requiere de un modelo topográfico de la zona en específico en el que se quiera ejecutar la simulación, el modelo topográfico se estimó de un levantamiento echo en la zona con la cual se pueda tener una topografía adecuada en la zona con ello y con los valores de caudal de diseño estimados previamente se lograron ejecutar una simulación en la zona de interés obteniéndose así las áreas de inundación y las zonas críticas que se enfrentan a este tipo de eventos naturales.

CAPITULO IV

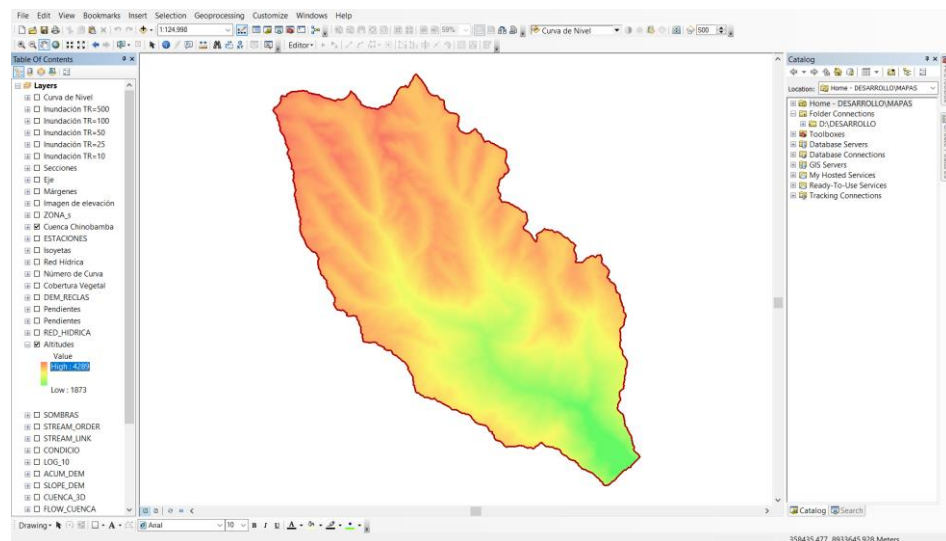
RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. MODELO DE LA CUENCA CHINOBAMBA

Figura 23

Delimitación de cuenca Chinobamba



Nota. De las imágenes satelitales recolectadas de los servidores satelitales de ALOS PALSAR se logró determinar los límites de la cuenca que se forma a partir de los cauces tributarios del río Chinobamba.

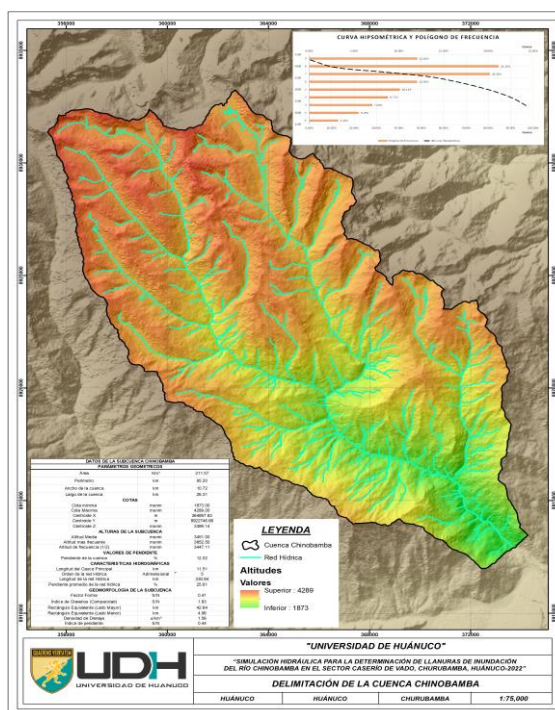
Tabla 37

Punto de aforo para la cuenca

PUNTO DE AFORO		
DESCRIPCIÓN	SUR	ESTE
P-1	8912948.67	373664.14

Nota. Para la delimitación de la cuenca es necesario tener un punto de aforo, el cual se estableció a partir del inicio de la muestra que se tomó para la investigación del río Chinobamba.

Figura 24
Cuenca del río Chinobamba



Nota. Delimitada la cuenca en el software ArcMap se lograron determinar los valores de los parámetros geométricos que lo componen como el área, perímetro, ancho, largo, ubicación del centroide, etc.

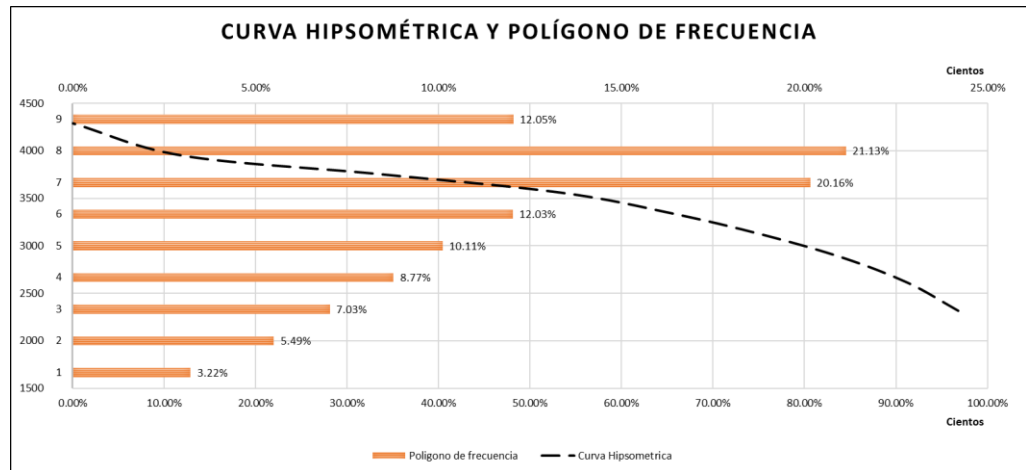
Tabla 38
Tabla de altitudes

Min	Max	Promedio	Áreas (Km ²)	Área Acumulada	Área Sobre la Curva	Áreas en %	Área Sobre la Curva (%)
1873	2314	2093.50	6.83	6.83	205.34	3.22	96.78
2314	2608	2461.00	11.66	18.48	193.68	5.49	91.29
2608	2870	2739.00	14.91	33.40	178.77	7.03	84.26
2870	3114	2992.00	18.61	52.01	160.16	8.77	75.49
3114	3343	3228.50	21.46	73.46	113.17	10.11	65.37
3343	3559	3451.00	25.53	98.99	113.17	12.03	53.34
3559	3757	3658.00	42.78	141.77	70.39	20.16	33.18
3757	3948	3852.50	44.83	186.61	25.56	21.13	12.05
3948	4289	4118.50	25.56	212.17	0.00	12.05	0.00

Nota. Los valores altitudinales de la cuenca se tomaron a partir de la presencia de la altura en una determinada área con ello se estimó el valor promedio con el cual se caracteriza la cuenca, teniendo como cota mínima la de 1873 msnm y como cota máxima 4289 msnm. De esta caracterización también se puede estimar que el valor de la altitud media es de 3451 msnm, teniendo un valor altitudinal más recurrente de 3852 msnm.

Figura 25

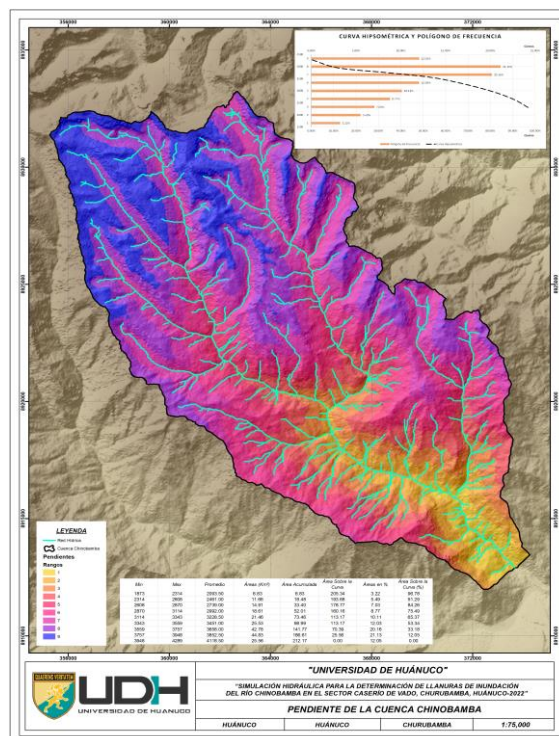
Curva hipsométrica y polígono de frecuencia de la cuenca Chinobamba



Nota. Con la clasificación altitudinal se puso establecer la curva hipsométrica de la cuenca con la cual se puede inferir que la cuenca estaba en un estado maduro de acuerdo a la forma de la curva, del polígono de frecuencias se pudo establecer que la altura más recurrente presenta un porcentaje de 21.13% del total del área.

Figura 26

Pendiente de la cuenca Chinobamba



Nota. Con la imagen DEM de la cuenca se lograron estimar los valores de pendiente promedio a partir de una reclasificación de las pendientes tomando en cuenta las áreas que abarcan a fin de estimar los valores promedio de la pendiente de la cuenca.

Tabla 39

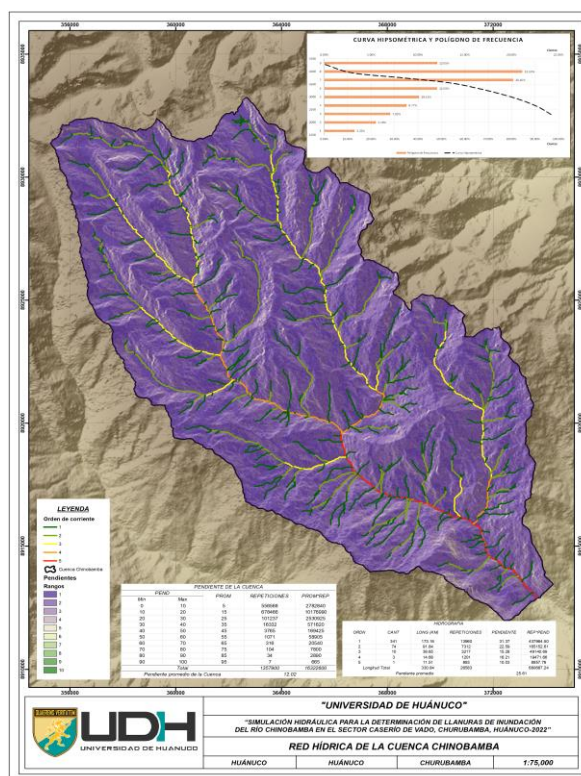
Pendiente de la cuenca Chinobamba

PENDIENTE DE LA CUENCA				
PEND		PROM	REPETICIONES	PROM*REP
Min	Max			
0	10	5	556568	2782840
10	20	15	678466	10176990
20	30	25	101237	2530925
30	40	35	16332	571620
40	50	45	3765	169425
50	60	55	1071	58905
60	70	65	316	20540
70	80	75	104	7800
80	90	85	34	2890
90	100	95	7	665
<i>Total</i>			<i>1357900</i>	<i>16322600</i>
<i>Pendiente promedio de la Cuenca</i>			<i>12.02</i>	

Nota. Con los valores clasificados a partir de porcentajes se puede estimar que el valor de la pendiente promedio de la cuenca es del 12.02%.

Figura 27

Pendientes de red hídrica de la cuenca Chinobamba



Nota. A partir de una reclasificación de las pendientes este se pudo interpolar con la red hídrica identificada del modelo digital de elevación, con ello se lograron establecer los valores promedios de la pendiente de la red hídrica y el número de orden que tiene la cuenca.

Tabla 40*Pendientes de la red hídrica*

HIDROGRAFIA					
ORDN	CANT	LONG (KM)	REPETICIONES	PENDIENTE	REP*PEND
1	341	173.16	13960	31.37	437964.50
2	74	91.84	7312	22.59	165152.61
3	10	39.65	3217	15.28	49140.69
4	3	14.68	1201	16.21	19471.66
5	1	11.51	893	10.03	8957.78
<i>Longitud Total</i>		330.84	26583		680687.24
<i>Pendiente promedio</i>				25.61	

Nota. Con la identificación de los valores de pendiente y las repeticiones que se determinan de la interpolación de la cuenca con la red hídrica identificado del modelo digital de elevación, se estimó que el valor promedio de la pendiente de la red hídrica es de 25.61%. Con una orden de red hídrica de 5.

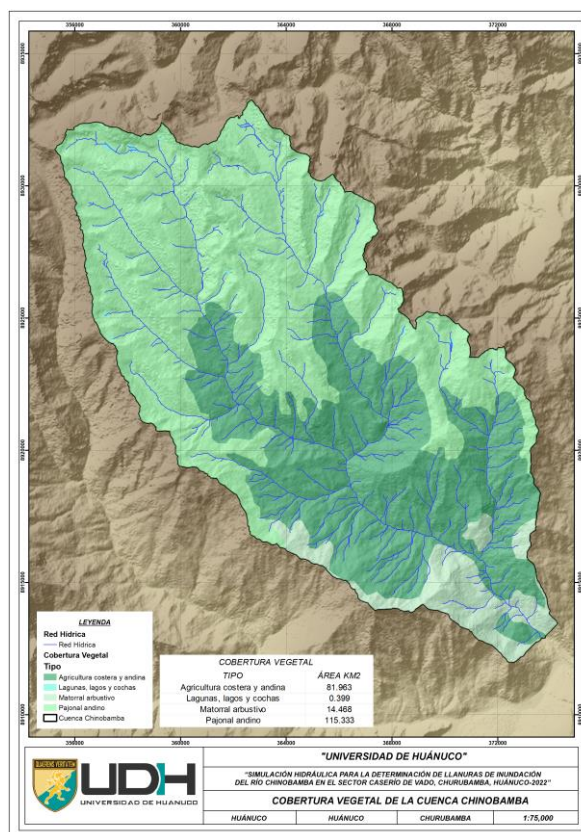
Tabla 41*Valores de geomorfología de la cuenca Chinobamba*

DATOS DE LA SUBCUENCA CHINOBAMBA		
PARÁMETROS GEOMETRICOS		
Área	Km ²	211.57
Perímetro	km	95.20
Ancho de la cuenca	km	10.72
Largo de la cuenca	km	26.31
COTAS		
Cota mínima	msnm	1873.00
Cota Máxima	msnm	4289.00
Centroide X	m	364897.83
Centroide Y	m	8922746.66
Centroide Z	msnm	3389.14
ALTURAS DE LA SUBCUENCA		
Altitud Media	msnm	3451.00
Altitud más frecuente	msnm	3852.50
Altitud de frecuencia (1/2)	msnm	3447.11
VALORES DE PENDIENTE		
Pendiente de la cuenca	%	12.02
CARACTERISTICAS HIDROGRÁFICAS		
Longitud del Cauce Principal	km	11.51
Orden de la red Hídrica	Adimensional	5
Longitud de la red Hídrica	km	330.84
Pendiente promedio de la red hídrica	%	25.61
GEOMORFOLOGÍA DE LA SUBCUENCA		
Factor Forma	S/N	0.41
Índice de Gravelius (Compacidad)	S/N	1.83
Rectángulo Equivalente (Lado Mayor)	km	42.64
Rectángulo Equivalente (Lado Menor)	km	4.96
Densidad de Drenaje	u/km ²	1.56
Índice de pendiente	S/N	0.44

Nota. De la delimitación de la cuenca se logró estimar los valores característicos para la cuenca como el factor de forma de 0.41, índice de Gravelius de 1.83, densidad de drenaje de 1.56 y un índice de pendiente de 0.44.

Figura 28

Cobertura vegetal de la cuenca Chinobamba



Nota. De la delimitación de la cuenca y la información cartográfica de cobertura vegetal del Ministerio de Ambiente del Perú se pudo identificar que la zona de interés cuenta con zonas de agricultura andina, lagunas, matorrales arbustivos y pajonal andino con un área de 81.96, 0.40, 14.47 y 115.33 km² respectivamente.

Tabla 42

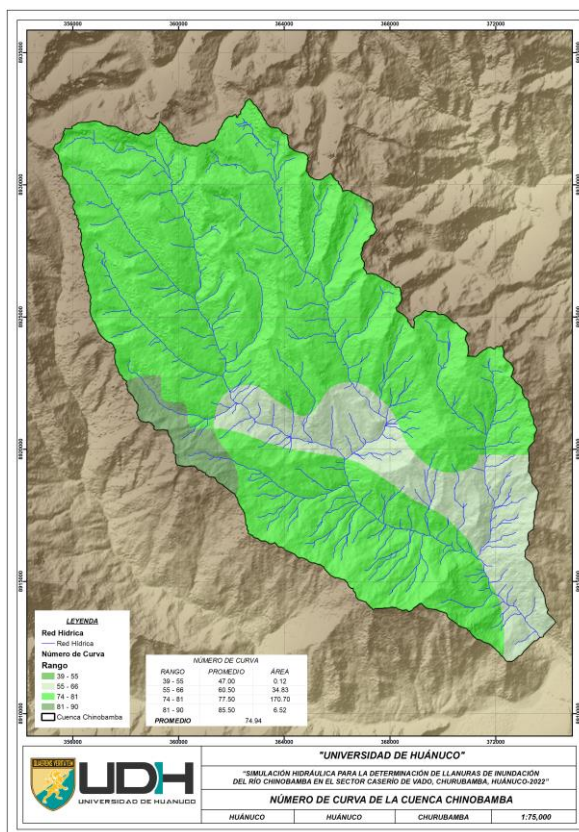
Distribución de la cobertura vegetal de la cuenca Chinobamba

COBERTURA VEGETAL	
TIPO	ÁREA KM2
Agricultura costera y andina	81.963
Lagunas, lagos y cochas	0.399
Matorral arbustivo	14.468
Pajonal andino	115.333

Nota. Con la clasificación de las coberturas vegetales se estimaron las áreas para cada una de las clasificaciones con el fin de identificar las características del suelo.

Figura 29

Valor del número de curva de la cuenca Chinobamba



Nota. Identificada el área de influencia de la cuenca Chinobamba con los valores cartográficos del número de curva brindado por el Ministerio del Ambiente del Perú, en el cual se estimaron los rangos de valores de 39-55, 55-66, 74-81 y 81-90.

Tabla 43

Valor estimado del número de curva

NÚMERO DE CURVA		
RANGO	PROMEDIO	ÁREA
39 - 55	47.00	0.12
55 - 66	60.50	34.83
74 - 81	77.50	170.70
81 - 90	85.50	6.52
PROMEDIO	74.94	

Nota. A partir de la información cartográfica del número de curva se pudo estimar los rangos y el área que comprende cada rango con ello a partir de un promedio a basado en las áreas que ocupa, estimándose así un valor de número de curva de 74.94 para el estudio hidrológico.

Tabla 44*Coefficiente de escorrentía*

CÁLCULO DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA					
ÁREA (ha)	COBERTURA	TEXTURA	PENDIENTE	TIPO DE ZONA	C
10648.54	FORESTAL	FRANCO LIMOSA	12	ÁREA SEMI-URBANA	0.4
9703.59	PRADERA	FRANCO ARCILLOLIMOSA	9	ÁREA SEMI-URBANA	0.4
805.13	TERRENOS CULTIVADOS	FRANCO LIMOSA	15	ÁREA SEMI-URBANA	0.4
COEF. DE ESCORRENTÍA					0.4

Nota. Con la caracterización del suelo de la cuenca se puede estimar los valores del coeficiente de escorrentía con el fin de estimar los valores de escorrentía para la determinación del tiempo de concentración de la cuenca, el valor del coeficiente de escorrentía para la cuenca es de 0.4.

Tabla 45*Valores de tiempo de concentración*

VALORES DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN										
KIRPI CH	TEM EZ	JOH N CR OSS	GIAND OTTI	SCS RANC ER	V.T. CHO W	CUER PO ING. USA	HAT HW AY	EC. FED AVI ATION	EC. RETA RDO SCS	VALOR SELECC IONADO
0.73 hrs	1.04 hrs	2.21 hrs	1.74 hrs	0.79 hrs	2.02 hrs	2.32 hrs	1.70 hrs	1.39 hrs	2.22 hrs	1.50 hrs

Nota. Con las características de suelo y parámetros geométricos de la cuenca se puede estimar el valor de tiempo de concentración por diversas metodologías, con ello para la cuenca se estimó que el valor promedio de la cuenca es de 1.50 hrs o 90 min.

4.1.2. MODELO DE LLUVIA

Para la caracterización de la lluvia sobre la cuenca se tomaron en cuenta las estaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú en la jurisdicción de la región de Huánuco las cuales fueron Canchán, Huánuco, San Rafael, Tingo María y Tulumayo. Del servidor de información de la Autoridad Nacional del Agua se tomó en cuenta la información del sistema denominado Pisco el cual estima valores en específico para un área de interés con ello se pudo establecer los valores de precipitación en el centroide de la cuenca ya determinada. Debido a

que en la zona del río Chinobamba no se tiene una estación con datos de precipitación se calculó con la interpolación IDW en el centroide de la cuenca con las estaciones de referencia tomadas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

Tabla 46

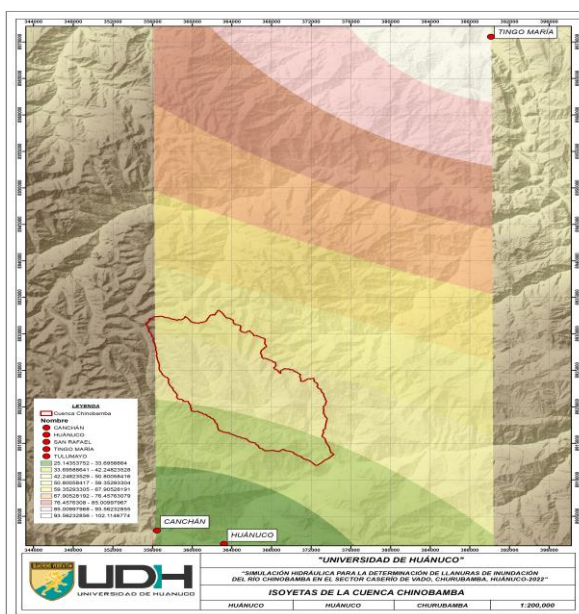
Distancia entre estaciones

DISTANCIA ENTRE ESTACIONES		
PARTIDA	FIN	DIST (KM)
CANCHÁN	HUÁNUCO	7.01
CANCHÁN	SAN RAFAEL	47.44
CANCHÁN	TINGO MARÍA	75.58
CANCHÁN	TULUMAYO	91.70
CANCHÁN	CENTROIDE	21.45
HUÁNUCO	SAN RAFAEL	43.98
HUÁNUCO	TINGO MARÍA	74.52
HUÁNUCO	TULUMAYO	91.27
HUÁNUCO	CENTROIDE	21.60
SAN RAFAEL	TINGO MARÍA	114.33
SAN RAFAEL	TULUMAYO	132.00
SAN RAFAEL	CENTROIDE	65.09
TINGO MARÍA	TULUMAYO	18.06
TINGO MARÍA	CENTROIDE	54.18
TULUMAYO	CENTROIDE	70.28

Nota. Valores de distancia entre estaciones que se tomaron en cuenta en la investigación.

Figura 30

Mapa de isoyetas de la cuenca



Nota. Con los valores de precipitación para las estaciones se lograron establecer los valores de las isoyetas que se pueden interceptar con la cuenca delimitada.

Tabla 47

Registro histórico de precipitaciones-Estación Tulumayo

DATOS DE PLUVIOMETRÍA															
ESTACIÓN:	TULUMAYO				LONGI TUD:	76°00'33.97"	LATITU D:	9°8'49.4"	ELEVACIÓ N:	612 msnm					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	34.00	43.50	57.30	54.40	50.00	23.00	25.00	10.60					37.23	10.60	57.30
1989													#¡DIV/0!	0.00	0.00
1990													#¡DIV/0!	0.00	0.00
1991													#¡DIV/0!	0.00	0.00
1992													#¡DIV/0!	0.00	0.00
1993													#¡DIV/0!	0.00	0.00
1994	53.50	52.00	53.50	72.00									57.75	52.00	72.00
1995													#¡DIV/0!	0.00	0.00
1996		36.00	28.30	102.90	95.70	43.60	4.20	19.20	25.20	55.20	65.30	71.10	49.70	4.20	102.90
1997	48.40	58.40	62.40	136.00	31.00	40.50	21.60	43.80	51.20	49.20	110.50	45.20	58.18	21.60	136.00
1998	63.70	109.00	82.00	67.20	113.30	35.80	23.20	60.80	37.00	65.70	27.20	65.60	62.54	23.20	113.30
1999	113.80	60.60	74.40	17.30	67.70	26.30	43.60	12.80	24.00	34.00	53.50	23.80	45.98	12.80	113.80
2000	47.40	57.80	63.20	34.00	40.90	49.50	26.10	96.60	21.20	35.40	28.30	58.10	46.54	21.20	96.60
2001	67.80	42.40	34.60	28.40	62.00	42.80	41.00	18.50	34.40	34.10	65.40	90.70	46.84	18.50	90.70
2002	56.30	103.50	50.50	43.30	58.00	31.30	72.50	35.00	12.00	40.30	79.00		52.88	12.00	103.50
2003	41.80	72.30	60.50	126.00	72.00	36.20	23.00	68.20	66.00	44.00	93.00	74.50	64.79	23.00	126.00
2004	70.80	31.30	60.00	40.20	32.30	21.30	102.40	22.70	22.10	32.20	50.20	45.70	44.27	21.30	102.40
2005	52.60	142.00	65.10	24.80	13.10	62.50	5.50	27.70	54.70	72.70	41.60	87.70	54.17	5.50	142.00
2006	46.40	118.60	40.80	38.00	38.00	51.40	30.40	60.00	35.50	55.30	63.20	62.30	53.33	30.40	118.60
2007	60.00	34.70	45.20	40.80	65.00	20.40	35.20	21.60	19.10	76.80	56.00	67.00	45.15	19.10	76.80
2008	34.80	43.40	45.50	68.30	37.80	36.40	61.00	22.80	47.90	57.40	26.20	43.00	43.71	22.80	68.30
2009	62.00	97.60	40.80	56.70	67.00	33.00	27.80	32.70	41.10	35.50	50.70	66.30	50.93	27.80	97.60
2010	36.30	70.90	108.50	56.70	26.30	11.30	40.30	14.40	12.50	39.60	78.60	43.60	44.92	11.30	108.50
2011	54.10	84.00	28.20	38.40	29.30	18.10	54.60	16.70	89.00	52.00	22.50	50.00	44.74	16.70	89.00
2012	80.00	73.00	69.00	43.00	52.60	54.60	13.80	31.10	36.40	22.70	61.80	52.70	49.23	13.80	80.00
2013	83.70								67.80	70.00	56.40	45.50	64.68	45.50	83.70

N° DE DATOS	19.00	19.00	19.00	19.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	17.00
DESV. ESTANDAR	19.47	31.56	19.54	32.63	25.29	13.87	24.38	23.23	20.90	15.69	23.63	17.29
COEF. VARIACIÓN	0.33	0.45	0.35	0.57	0.48	0.39	0.67	0.68	0.54	0.32	0.41	0.30
PRECIP. PROM	58.28	70.05	56.31	57.28	52.89	35.44	36.18	34.18	38.73	48.45	57.19	58.40
PRECIP. MÁX	113.80	142.00	108.50	136.00	113.30	62.50	102.40	96.60	89.00	76.80	110.50	90.70
PRECIP. MÍN	34.00	31.30	28.20	17.30	13.10	11.30	4.20	10.60	12.00	22.70	22.50	23.80

Nota. La base de datos de SENAMHI no siempre cuenta con el registro histórico completo como es el caso de la estación Tulumayo, a partir de ello se hizo necesario el cálculo de los valores faltantes a partir de un promedio relacionado a las distancias entre estaciones, para el cálculo de los valores faltantes en cada una de las estaciones solo se trabajaron entre las estaciones del SENAMHI.

Tabla 48

Registro histórico completado de precipitaciones-Estación Tulumayo

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS																
ESTACIÓN:	TULUMAYO			LONGITUD:	76°00'33.97"			LATITUD:	9°8'49.4"			ELEVACIÓN:	612 msnm			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OC	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX	Log(P24 hr)
1988	34.0 0	43.5 0	57.3 0	54.40	50.0 0	23. 00	25.0 0	10.60	58. 79	62. 23	59.9 8	41.95	43.40	10.60	62.23	1.79
1989	55.5 4	88.3 0	79.7 7	79.18	17.7 3	32. 70	34.4 5	48.29	40. 55	55. 39	62.8 0	34.89	52.47	17.73	88.30	1.95
1990	71.2 7	61.8 0	38.7 4	32.79	64.7 5	43. 47	54.8 3	33.51	27. 86	56. 62	49.1 6	79.48	51.19	27.86	79.48	1.90
1991	90.3 3	20.6 0	54.5 0	63.40	30.3 1	31. 17	26.0 6	15.31	19. 35	40. 57	64.8 3	68.63	43.75	15.31	90.33	1.96
1992	46.6 4	75.0 7	52.2 1	83.96	72.1 9	52. 92	19.2 5	55.47	52. 33	80. 46	92.1 0	91.27	64.49	19.25	92.10	1.96
1993	98.9 1	23.9 9	26.7 4	57.71	40.5 0	33. 45	44.2 6	37.18	51. 51	83. 13	74.7 2	90.38	55.21	23.99	98.91	2.00
1994	53.5 0	52.0 0	53.5 0	72.00	66.0 5	31. 34	61.4 8	20.74	55. 87	76. 46	42.5 6	137.32	60.24	20.74	137.32	2.14
1995	76.3 0	91.4 7	78.1 7	33.90	34.7 1	41. 62	40.3 7	15.48	41. 25	69. 52	47.9 5	65.92	53.05	15.48	91.47	1.96
1996	63.7 4	36.0 0	28.3 0	102.90	95.7 0	43. 60	4.20	19.20	25. 20	55. 20	65.3 0	71.10	50.87	4.20	102.90	2.01
1997	48.4 0	58.4 0	62.4 0	136.00	31.0 0	40. 50	21.6 0	43.80	51. 20	49. 20	110. 50	45.20	58.18	21.60	136.00	2.13
1998	63.7 0	109. 00	82.0 0	67.20	113. 30	35. 80	23.2 0	60.80	37. 00	65. 70	27.2 0	65.60	62.54	23.20	113.30	2.05
1999	113. 80	60.6 0	74.4 0	17.30	67.7 0	26. 30	43.6 0	12.80	24. 00	34. 00	53.5 0	23.80	45.98	12.80	113.80	2.06
2000	47.4 0	57.8 0	63.2 0	34.00	40.9 0	49. 50	26.1 0	96.60	21. 20	35. 40	28.3 0	58.10	46.54	21.20	96.60	1.98

2001	67.8 0	42.4 0	34.6 0	28.40	62.0 0	42. 80	41.0 0	18.50	34. 40	34. 10	65.4 0	90.70	46.84	18.50	90.70	1.96
2002	56.3 0	103. 50	50.5 0	43.30	58.0 0	31. 30	72.5 0	35.00	12. 00	40. 30	79.0 0	56.20	53.16	12.00	103.50	2.01
2003	41.8 0	72.3 0	60.5 0	126.00	72.0 0	36. 20	23.0 0	68.20	66. 00	44. 00	93.0 0	74.50	64.79	23.00	126.00	2.10
2004	70.8 0	31.3 0	60.0 0	40.20	32.3 0	21. 30	102. 40	22.70	22. 10	32. 20	50.2 0	45.70	44.27	21.30	102.40	2.01
2005	52.6 0	142. 00	65.1 0	24.80	13.1 0	62. 50	5.50	27.70	54. 70	72. 70	41.6 0	87.70	54.17	5.50	142.00	2.15
2006	46.4 0	118. 60	40.8 0	38.00	38.0 0	51. 40	30.4 0	60.00	35. 50	55. 30	63.2 0	62.30	53.33	30.40	118.60	2.07
2007	60.0 0	34.7 0	45.2 0	40.80	65.0 0	20. 40	35.2 0	21.60	19. 10	76. 80	56.0 0	67.00	45.15	19.10	76.80	1.89
2008	34.8 0	43.4 0	45.5 0	68.30	37.8 0	36. 40	61.0 0	22.80	47. 90	57. 40	26.2 0	43.00	43.71	22.80	68.30	1.83
2009	62.0 0	97.6 0	40.8 0	56.70	67.0 0	33. 00	27.8 0	32.70	41. 10	35. 50	50.7 0	66.30	50.93	27.80	97.60	1.99
2010	36.3 0	70.9 0	108. 50	56.70	26.3 0	11. 30	40.3 0	14.40	12. 50	39. 60	78.6 0	43.60	44.92	11.30	108.50	2.04
2011	54.1 0	84.0 0	28.2 0	38.40	29.3 0	18. 10	54.6 0	16.70	89. 00	52. 00	22.5 0	50.00	44.74	16.70	89.00	1.95
2012	80.0 0	73.0 0	69.0 0	43.00	52.6 0	54. 60	13.8 0	31.10	36. 40	22. 70	61.8 0	52.70	49.23	13.80	80.00	1.90
2013	83.7 0	96.6 7	61.0 9	106.33	29.7 6	55. 34	17.9 1	36.14	67. 80	70. 00	56.4 0	45.50	60.55	17.91	106.33	2.03
N° DE DATOS	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26. 00	26.0 0	26.00	26. 00	26. 00	26.0 0	26.00				
DESV. ESTANDAR	19.8 2	31.0 2	19.1 1	30.87	23.7 9	12. 75	21.8 2	20.71	18. 89	17. 07	21.3 8	23.49				
COEF. VARIACIÓN	0.32	0.45	0.34	0.52	0.47	0.3 5	0.60	0.61	0.4 7	0.3 2	0.36	0.37				
PRECIP. PROM	61.9 3	68.8 0	56.1 9	59.45	50.3 1	36. 92	36.5 3	33.74	40. 18	53. 71	58.6 0	63.80				

PRECIP. MÁX	113. 80	142. 00	108. 50	136.00	113. 30	62. 50	102. 40	96.60	89. 00	83. 13	110. 50	137.32
PRECIP. MÍN	34.0 0	20.6 0	26.7 4	17.30	13.1 0	11. 30	4.20	10.60	12. 00	22. 70	22.5 0	23.80

Nota. Los valores completados no necesariamente cumplen una correlación con el resto de valores de precipitación es por ello que se realizaron los procesos de validación con la prueba Outlier.

Tabla 49

Prueba Outlier de la estación Tulumayo

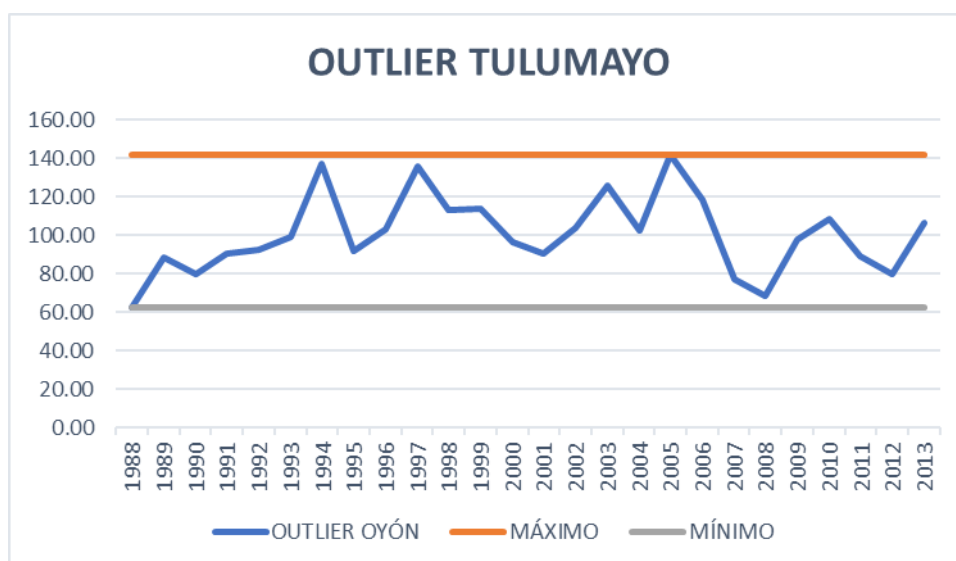
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	2612.47	51.83
VALOR MÁXIMO	142.00	2.15
VALOR MÍNIMO	62.23	1.79
MEDIA	100.48	1.99
VARIANZA	414.27	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	20.35	0.09
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.20	0.04
COEFICIENTE DE SESGO	0.34	-0.18
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

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

Nota. A partir de los parámetros estadísticos de la muestra se pudo establecer los factores que influyen en la prueba Outlier con lo cual se determinó que la estación Tulumayo no presenta datos dudosos en su serie de datos.

Figura 31

Gráfica Outlier-Estación Tulumayo



Nota. De la serie de datos se pudo graficar los límites superior e inferior y con ello identificar los valores que superan los extremos y que no guardan relación con la serie de datos. Aun así, si bien se parecen que se aproximan a los valores extremos, pero no superan los valores con ello se aseguró que la serie de datos de la estación Tulumayo si cuenta con datos óptimos para su análisis.

El análisis de las estaciones consideradas en la investigación se adjunta en los anexos de la presente tesis. Una vez obtenidos los valores de precipitación completados y validados se elaboró el registro histórico interpolado para el centroide de la cuenca del río Chinobamba.

Tabla 50

Registro interpolado de precipitaciones en el centroide de la cuenca

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	CENTROIDE DE CUENCA			LONGITU D:	76°13'54.08"			LATITU D:	9°44'35.11"			ELEVACIÓ N:	-		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OC T	NO V	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	22.33	25.61	14.48	26.62	10.10	2.59	7.27	2.24	14.49	12.34	15.62	19.89	14.47	2.24	26.62
1989	24.54	20.53	21.74	16.41	7.14	7.20	8.17	6.90	13.82	24.90	17.40	29.93	16.56	6.90	29.93
1990	22.81	14.25	16.51	19.43	19.57	10.78	7.51	6.98	7.20	23.50	21.16	18.79	15.71	6.98	23.50
1991	16.27	15.43	20.13	14.42	7.08	8.63	5.49	2.04	6.93	17.49	21.25	26.23	13.45	2.04	26.23
1992	13.99	28.98	19.49	16.41	10.35	9.43	2.46	28.28	9.05	29.88	34.08	20.46	18.57	2.46	34.08
1993	23.71	16.36	22.37	20.78	16.41	8.34	7.51	6.95	13.61	18.59	24.36	24.07	16.92	6.95	24.36
1994	26.32	21.34	16.84	29.50	20.25	4.43	7.77	2.66	25.75	24.58	14.83	37.38	19.30	2.66	37.38
1995	20.87	28.08	26.67	12.73	6.92	6.89	5.50	2.22	10.57	15.51	16.17	21.07	14.43	2.22	28.08
1996	18.54	15.78	17.93	26.72	17.26	6.10	2.23	5.41	8.85	15.27	20.80	15.79	14.22	2.23	26.72
1997	21.75	12.43	19.48	16.75	9.81	9.34	4.59	8.13	13.02	13.15	18.53	20.52	13.96	4.59	21.75
1998	23.68	26.62	33.68	9.53	18.94	9.22	2.16	5.72	8.44	19.75	29.14	17.58	17.04	2.16	33.68
1999	23.42	33.32	27.02	10.20	18.60	11.00	8.54	3.51	21.71	8.45	18.22	21.23	17.10	3.51	33.32
2000	19.87	20.18	19.51	10.11	7.42	13.59	10.51	17.18	9.45	13.96	17.55	29.95	15.77	7.42	29.95

2001	27.35	13.46	19.63	25.04	13.4 5	5.49	8.61	5.24	11.4 3	17.5 3	53.2 7	21.31	18.48	5.24	53.27
2002	20.01	25.21	32.22	28.97	14.6 9	6.23	13.6 1	6.06	8.57	26.5 5	16.1 2	16.89	17.93	6.06	32.22
2003	16.74	20.57	17.85	24.38	16.4 2	8.72	2.71	14.34	12.9 6	29.0 6	29.6 6	29.85	18.61	2.71	29.85
2004	15.84	19.52	29.83	15.00	18.0 8	5.21	12.9 9	7.33	14.3 6	14.7 1	16.9 1	22.44	16.02	5.21	29.83
2005	14.87	33.27	30.01	7.22	3.81	5.80	4.61	15.04	10.6 1	18.3 0	17.2 6	35.36	16.35	3.81	35.36
2006	33.65	26.38	23.60	15.69	7.56	7.74	5.76	6.58	13.3 2	28.8 8	29.6 9	23.29	18.51	5.76	33.65
2007	20.32	6.85	18.87	11.89	11.7 1	1.80	8.12	5.86	6.31	36.1 6	17.5 1	32.94	14.86	1.80	36.16
2008	23.71	24.51	19.52	19.09	7.42	5.07	5.94	3.15	20.7 0	19.6 8	30.5 1	32.38	17.64	3.15	32.38
2009	30.22	25.63	26.74	22.73	13.9 0	14.2 8	7.85	5.98	7.56	17.5 7	15.3 2	19.53	17.27	5.98	30.22
2010	10.17	24.09	33.92	16.86	7.51	3.17	8.90	6.36	14.0 1	17.9 9	27.2 0	21.93	16.01	3.17	33.92
2011	23.95	18.43	33.52	14.15	15.8 9	4.32	5.18	5.07	17.4 7	24.5 2	20.8 6	33.18	18.04	4.32	33.52
2012	23.63	21.58	23.39	20.16	9.51	6.58	5.40	5.32	5.98	20.6 3	29.9 2	32.99	17.09	5.32	32.99
2013	19.12	25.09	24.43	29.42	5.50	16.5 6	8.60	18.29	14.5 5	21.8 7	20.0 5	23.28	18.90	5.50	29.42
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00			
DESV. ESTANDAR	5.11	6.42	5.86	6.58	5.02	3.57	2.94	6.07	4.94	6.37	8.46	6.29			
COEF. VARIACIÓN	0.24	0.30	0.25	0.36	0.41	0.47	0.43	0.78	0.40	0.31	0.37	0.25			
PRECIP. PROM	21.45	21.67	23.44	18.47	12.1 3	7.63	6.85	7.80	12.3 4	20.4 2	22.8 2	24.93			

PRECIP. MÁX	33.65	33.32	33.92	29.50	20.2 5	16.5 6	13.6 1	28.28	25.7 5	36.1 6	53.2 7	37.38
PRECIP. MÍN	10.17	6.85	14.48	7.22	3.81	1.80	2.16	2.04	5.98	8.45	14.8 3	15.79

Nota. Estos valores fueron estimados a partir de interpolaciones por distancias entre el centroide y las estaciones tomadas en cuenta de SENAMHI.

Tabla 51*Prueba Outlier para valores del centroide de la cuenca*

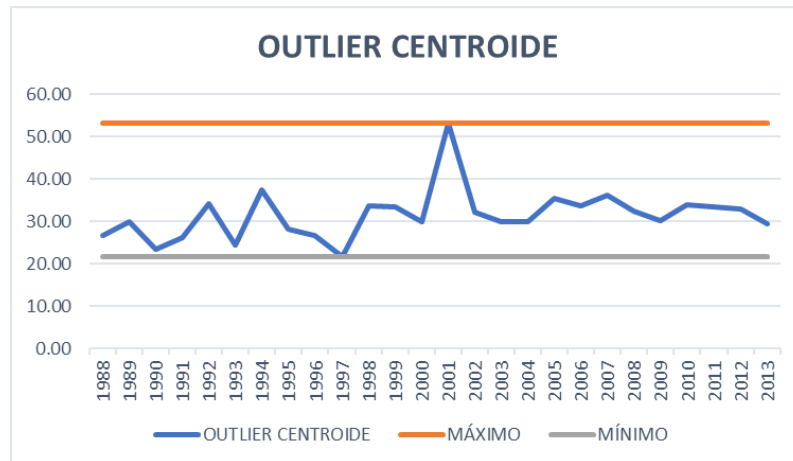
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	818.39	38.77
VALOR MÁXIMO	53.27	1.73
VALOR MÍNIMO	21.75	1.34
MEDIA	31.48	1.49
VARIANZA	35.61	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	5.97	0.08
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.19	0.05
COEFICIENTE DE SESGO	1.75	0.66
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.68
PH	48.09 mm
CONCLUSIÓN	EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.30
PH	19.98 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Nota. De los valores interpolados al centroide de la cuenca se pudo identificar que se presentan datos dudosos altos no presenta una correlación entre valores.

Figura 32

Gráfica Outlier – Centroide de la Cuenca Chinobamba



Nota. Se observa que de la serie de datos en el año 2001 se presenta un valor extremo superior con lo cual se tiene que plantear una corrección en la serie de datos.

Tabla 52

Registro interpolado corregido de precipitaciones en el centroide

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS																
ESTACIÓN:	CENTROIDE DE CUENCA			LONGITU D:	76°18'32.21"	LATITU D:	10°17'45.25"	ELEVACIÓ N:	-							
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OC T	NO V	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX	
1988	22.33	25.61	14.48	26.62	10.10	2.59	7.27	2.24	14.49	12.34	15.62	19.89	14.47	2.24	26.62	
1989	24.54	20.53	21.74	16.41	7.14	7.20	8.17	6.90	13.82	24.90	17.40	29.93	16.56	6.90	29.93	
1990	22.81	14.25	16.51	19.43	19.57	10.78	7.51	6.98	7.20	23.50	21.16	18.79	15.71	6.98	23.50	
1991	16.27	15.43	20.13	14.42	7.08	8.63	5.49	2.04	6.93	17.49	21.25	26.23	13.45	2.04	26.23	
1992	13.99	28.98	19.49	16.41	10.35	9.43	2.46	28.28	9.05	29.88	34.08	20.46	18.57	2.46	34.08	
1993	23.71	16.36	22.37	20.78	16.41	8.34	7.51	6.95	13.61	18.59	24.36	24.07	16.92	6.95	24.36	
1994	26.32	21.34	16.84	29.50	20.25	4.43	7.77	2.66	25.75	24.58	14.83	37.38	19.30	2.66	37.38	
1995	20.87	28.08	26.67	12.73	6.92	6.89	5.50	2.22	10.57	15.51	16.17	21.07	14.43	2.22	28.08	
1996	18.54	15.78	17.93	26.72	17.26	6.10	2.23	5.41	8.85	15.27	20.80	15.79	14.22	2.23	26.72	
1997	21.75	12.43	19.48	16.75	9.81	9.34	4.59	8.13	13.02	13.15	18.53	20.52	13.96	4.59	21.75	
1998	23.68	26.62	33.68	9.53	18.94	9.22	2.16	5.72	8.44	19.75	29.14	17.58	17.04	2.16	33.68	
1999	23.42	33.32	27.02	10.20	18.60	11.00	8.54	3.51	21.71	8.45	18.22	21.23	17.10	3.51	33.32	
2000	19.87	20.18	19.51	10.11	7.42	13.59	10.51	17.18	9.45	13.96	17.55	29.95	15.77	7.42	29.95	

2001	27.35	13.46	19.63	25.04	13.4 5	5.49	8.61	5.24	11.4 3	17.5 3	18.0 1	21.31	15.55	5.24	27.35
2002	20.01	25.21	32.22	28.97	14.6 9	6.23	13.6 1	6.06	8.57	26.5 5	16.1 2	16.89	17.93	6.06	32.22
2003	16.74	20.57	17.85	24.38	16.4 2	8.72	2.71	14.34	12.9 6	29.0 6	29.6 6	29.85	18.61	2.71	29.85
2004	15.84	19.52	29.83	15.00	18.0 8	5.21	12.9 9	7.33	14.3 6	14.7 1	16.9 1	22.44	16.02	5.21	29.83
2005	14.87	33.27	30.01	7.22	3.81	5.80	4.61	15.04	10.6 1	18.3 0	17.2 6	35.36	16.35	3.81	35.36
2006	33.65	26.38	23.60	15.69	7.56	7.74	5.76	6.58	13.3 2	28.8 8	29.6 9	23.29	18.51	5.76	33.65
2007	20.32	6.85	18.87	11.89	11.7 1	1.80	8.12	5.86	6.31	36.1 6	17.5 1	32.94	14.86	1.80	36.16
2008	23.71	24.51	19.52	19.09	7.42	5.07	5.94	3.15	20.7 0	19.6 8	30.5 1	32.38	17.64	3.15	32.38
2009	30.22	25.63	26.74	22.73	13.9 0	14.2 8	7.85	5.98	7.56	17.5 7	15.3 2	19.53	17.27	5.98	30.22
2010	10.17	24.09	33.92	16.86	7.51	3.17	8.90	6.36	14.0 1	17.9 9	27.2 0	21.93	16.01	3.17	33.92
2011	23.95	18.43	33.52	14.15	15.8 9	4.32	5.18	5.07	17.4 7	24.5 2	20.8 6	33.18	18.04	4.32	33.52
2012	23.63	21.58	23.39	20.16	9.51	6.58	5.40	5.32	5.98	20.6 3	29.9 2	32.99	17.09	5.32	32.99
2013	19.12	25.09	24.43	29.42	5.50	16.5 6	8.60	18.29	14.5 5	21.8 7	20.0 5	23.28	18.90	5.50	29.42
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00			
DESV. ESTANDAR	5.11	6.42	5.86	6.58	5.02	3.57	2.94	6.07	4.94	6.37	5.80	6.29			
COEF. VARIACIÓN	0.24	0.30	0.25	0.36	0.41	0.47	0.43	0.78	0.40	0.31	0.27	0.25			
PRECIP. PROM	21.45	21.67	23.44	18.47	12.1 3	7.63	6.85	7.80	12.3 4	20.4 2	21.4 7	24.93			

PRECIP. MÁX	33.65	33.32	33.92	29.50	20.2 5	16.5 6	13.6 1	28.28	25.7 5	36.1 6	34.0 8	37.38
PRECIP. MÍN	10.17	6.85	14.48	7.22	3.81	1.80	2.16	2.04	5.98	8.45	14.8 3	15.79

Nota. Corrigiendo los valores de error en el año 2001 se procede a volver a realizar la prueba Outlier.

Tabla 53

Prueba Outlier para valores corregidos del centroide de la cuenca

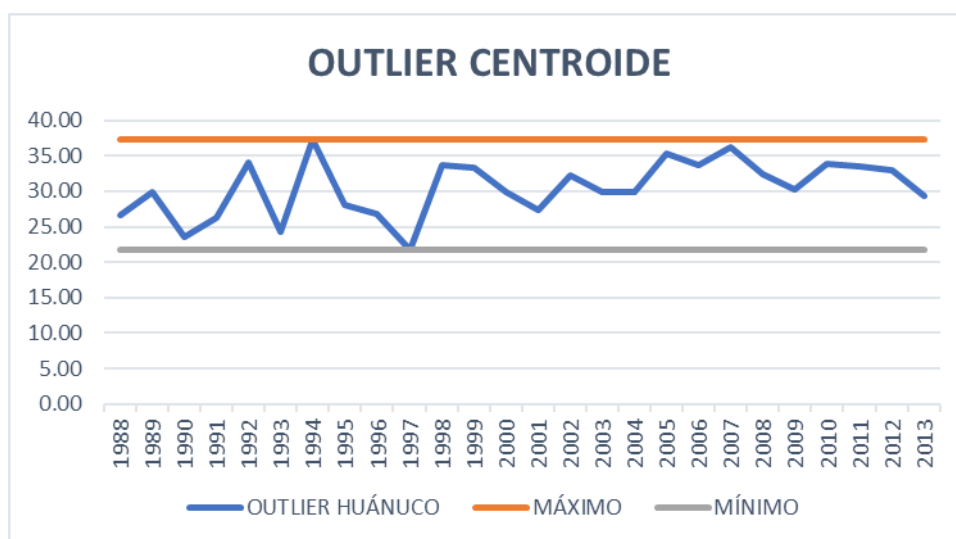
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	792.47	38.48
VALOR MÁXIMO	37.38	1.57
VALOR MÍNIMO	21.75	1.34
MEDIA	30.48	1.48
VARIANZA	16.26	0.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	4.03	0.06
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.13	0.04
COEFICIENTE DE SESGO	-0.40	-0.67
CONCLUSIÓN	Detectar Datos Dudosos bajos	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.63
PH	42.66 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.33
PH	21.39 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Nota. De la prueba Outlier se determina que los valores ahora si se encontraron entre los límites aceptables.

Figura 33

Gráfica Outlier corregido – Centroide de la Cuenca Chinobamba



Nota. Los valores de la serie de datos corregida se lograron identificar que se encuentran dentro de los límites extremos de las precipitaciones.

Tabla 54

Resumen de valores de precipitación para la cuenca Chinobamba

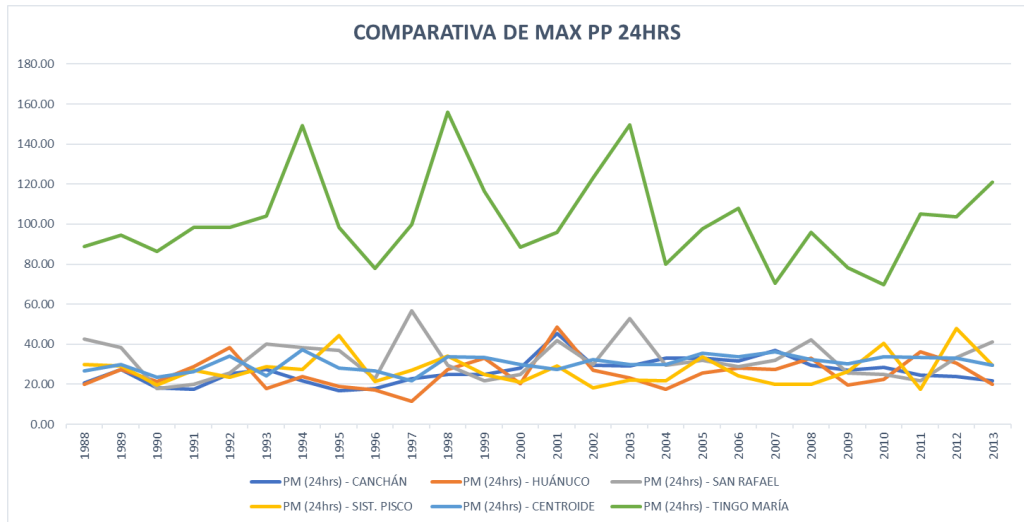
AÑO	VALORES DE PRECIPITACIÓN						
	PM (24hrs) - CANCHÁN	PM (24hrs) - HUÁNUCO	PM (24hrs) - SAN RAFAEL	PM (24hrs) - TINGO MARÍA	PM (24hrs) - TULUMAYO	PM (24hrs) - SIST. PISCO	PM (24hrs) - CENTROIDE
1988	20.63	20.10	42.70	89.00	62.23	29.75	26.62
1989	27.46	27.40	38.47	94.40	88.30	29.07	29.93
1990	18.10	21.30	18.01	86.30	79.48	19.74	23.50
1991	17.50	28.80	20.04	98.40	90.33	26.87	26.23
1992	25.15	38.40	25.77	98.30	92.10	23.62	34.08
1993	27.30	18.00	40.00	104.00	98.91	28.98	24.36
1994	21.90	24.00	38.50	149.20	137.32	27.39	37.38
1995	16.70	18.90	36.80	98.40	91.47	44.27	28.08
1996	17.70	17.10	22.80	78.00	102.90	21.44	26.72
1997	22.70	11.40	56.70	99.80	136.00	26.99	21.75
1998	24.80	27.50	29.40	156.00	113.30	33.93	33.68
1999	25.10	33.00	21.60	116.50	113.80	25.10	33.32
2000	28.10	20.30	25.10	88.50	96.60	21.11	29.95
2001	45.50	48.70	41.80	95.90	90.70	29.15	27.35
2002	29.60	27.20	29.90	123.10	103.50	18.27	32.22
2003	29.00	23.00	52.90	149.70	126.00	22.04	29.85
2004	33.20	17.60	29.60	80.00	102.40	21.80	29.83
2005	33.00	25.50	32.00	97.50	142.00	33.75	35.36
2006	31.60	28.00	28.80	108.00	118.60	24.16	33.65
2007	37.10	27.30	31.90	70.50	76.80	19.93	36.16
2008	29.60	33.10	42.10	95.80	68.30	19.85	32.38
2009	27.00	19.60	25.50	78.20	97.60	26.18	30.22
2010	28.60	22.60	25.10	69.90	108.50	40.35	33.92
2011	24.40	36.20	21.80	105.00	89.00	17.61	33.52
2012	23.70	30.70	33.50	103.70	80.00	47.93	32.99

2013 21.70 19.90 41.10 121.00 106.33 29.60 29.42

Nota. Los valores corregidos para cada una de las estaciones se determinaron los valores máximos con ello se establecerán los procesos de análisis de doble masa para identificar la correlación entre valores de manera visual.

Figura 34

Valores de precipitación máxima para la cuenca del río Chinobamba



Nota. De la gráfica de lluvias se pudo establecer que los picos identificados guardan una correlación entre ellos.

Tabla 55

Análisis de doble masa para las precipitaciones

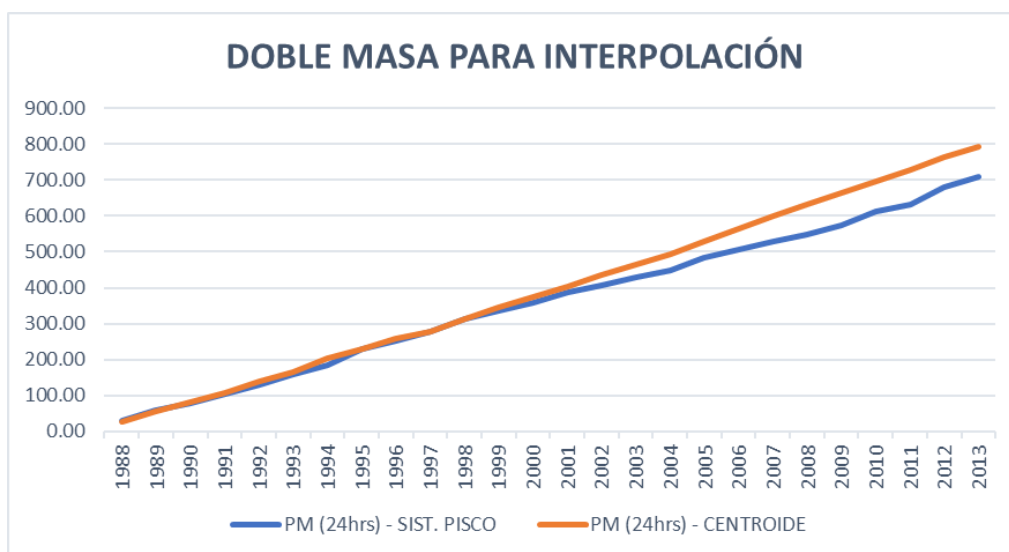
ANÁLISIS DOBLE MASA														
AÑO	PM (24hrs) - CANCHÁN		PM (24hrs) - HUÁNUCO		PM (24hrs) - SAN RAFAEL		PM (24hrs) - TINGO MARÍA		PM (24hrs) - TULUMAYO		PM (24hrs) - SIST. PISCO		PM (24hrs) - CENTROIDE	
	PP	PP ACUMULADA	PP	PP ACUMULADA	PP	PP ACUMULADA	PP	PP ACUMULADA	PP	PP ACUMULADA	PP	PP ACUMULADA	PP	PP ACUMULADA
	1988	20.63	20.63	20.10	20.10	42.70	42.70	89.00	89.00	62.23	62.23	29.75	29.75	26.62
1989	27.46	48.08	27.40	47.50	38.47	81.17	94.40	183.40	88.30	150.53	29.07	58.82	29.93	56.55
1990	18.10	66.18	21.30	68.80	18.01	99.18	86.30	269.70	79.48	230.02	19.74	78.56	23.50	80.05
1991	17.50	83.68	28.80	97.60	20.04	119.22	98.40	368.10	90.33	320.35	26.87	105.43	26.23	106.28
1992	25.15	108.84	38.40	136.00	25.77	144.99	98.30	466.40	92.10	412.45	23.62	129.05	34.08	140.36
1993	27.30	136.14	18.00	154.00	40.00	184.99	104.00	570.40	98.91	511.36	28.98	158.03	24.36	164.72
1994	21.90	158.04	24.00	178.00	38.50	223.49	149.20	719.60	137.32	648.68	27.39	185.42	37.38	202.10
1995	16.70	174.74	18.90	196.90	36.80	260.29	98.40	818.00	91.47	740.14	44.27	229.69	28.08	230.18
1996	17.70	192.44	17.10	214.00	22.80	283.09	78.00	896.00	102.90	843.04	21.44	251.13	26.72	256.90
1997	22.70	215.14	11.40	225.40	56.70	339.79	99.80	995.80	136.00	979.04	26.99	278.11	21.75	278.66
1998	24.80	239.94	27.50	252.90	29.40	369.19	156.00	1151.80	113.30	1092.34	33.93	312.05	33.68	312.33
1999	25.10	265.04	33.00	285.90	21.60	390.79	116.50	1268.30	113.80	1206.14	25.10	337.15	33.32	345.66
2000	28.10	293.14	20.30	306.20	25.10	415.89	88.50	1356.80	96.60	1302.74	21.11	358.26	29.95	375.61
2001	45.50	338.64	48.70	354.90	41.80	457.69	95.90	1452.70	90.70	1393.44	29.15	387.40	27.35	402.96
2002	29.60	368.24	27.20	382.10	29.90	487.59	123.10	1575.80	103.50	1496.94	18.27	405.67	32.22	435.17
2003	29.00	397.24	23.00	405.10	52.90	540.49	149.70	1725.50	126.00	1622.94	22.04	427.71	29.85	465.02

2004	33.20	430.44	17.60	422.70	29.60	570.09	80.00	1805.50	102.40	1725.34	21.80	449.51	29.83	494.84
2005	33.00	463.44	25.50	448.20	32.00	602.09	97.50	1903.00	142.00	1867.34	33.75	483.26	35.36	530.21
2006	31.60	495.04	28.00	476.20	28.80	630.89	108.00	2011.00	118.60	1985.94	24.16	507.42	33.65	563.86
2007	37.10	532.14	27.30	503.50	31.90	662.79	70.50	2081.50	76.80	2062.74	19.93	527.35	36.16	600.03
2008	29.60	561.74	33.10	536.60	42.10	704.89	95.80	2177.30	68.30	2131.04	19.85	547.20	32.38	632.41
2009	27.00	588.74	19.60	556.20	25.50	730.39	78.20	2255.50	97.60	2228.64	26.18	573.38	30.22	662.62
2010	28.60	617.34	22.60	578.80	25.10	755.49	69.90	2325.40	108.50	2337.14	40.35	613.74	33.92	696.55
2011	24.40	641.74	36.20	615.00	21.80	777.29	105.00	2430.40	89.00	2426.14	17.61	631.35	33.52	730.07
2012	23.70	665.44	30.70	645.70	33.50	810.79	103.70	2534.10	80.00	2506.14	47.93	679.28	32.99	763.06
2013	21.70	687.14	19.90	665.60	41.10	851.89	121.00	2655.10	106.33	2612.47	29.60	708.88	29.42	792.47

Nota. Con los valores se estimaron las precipitaciones acumuladas con la finalidad de identificar la línea de tendencia de la serie de datos para cada una de las estaciones consideradas.

Figura 35

Análisis de doble masa estación del centroide y del sistema PISCO



Nota. Las series identificadas en comparación se pudo identificar de la gráfica que la línea con menor quiebre es la estimada de la interpolación de las estaciones del SENAMHI siendo esta serie la escogida para el análisis estadístico.

Tabla 56

Valores seleccionados para el análisis estadístico de precipitación

VALORES DE PRECIPITACIÓN	
ESTACIÓN:	CENTROIDE DE CUENCA
LONGITUD:	76°13'54.08"
LATITUD:	9°44'35.11"
ELEVACIÓN:	-
AÑO	PM (24hrs) - SIST. PISCO
1988	26.62
1989	29.93
1990	23.50
1991	26.23
1992	34.08
1993	24.36
1994	37.38
1995	28.08
1996	26.72
1997	21.75
1998	33.68
1999	33.32
2000	29.95
2001	27.35
2002	32.22
2003	29.85
2004	29.83
2005	35.36

2006	33.65
2007	36.16
2008	32.38
2009	30.22
2010	33.92
2011	33.52
2012	32.99
2013	29.42
<hr/>	
CANTIDAD DE DATOS	26.00
SUMATORIA	792.47
VALOR MÍNIMO	21.75
VALOR MÁXIMO	37.38
MEDIA	30.48
VARIANZA	16.26
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	4.03
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.13
COEFICIENTE DE SESGO	-0.40

Nota. De la selección de la estación para el análisis estadístico se puede establecer los parámetros que caracterizan a la serie con la cual se aplicará las distribuciones que se ajuste a la serie de datos.

Tabla 57

Distribución Normal

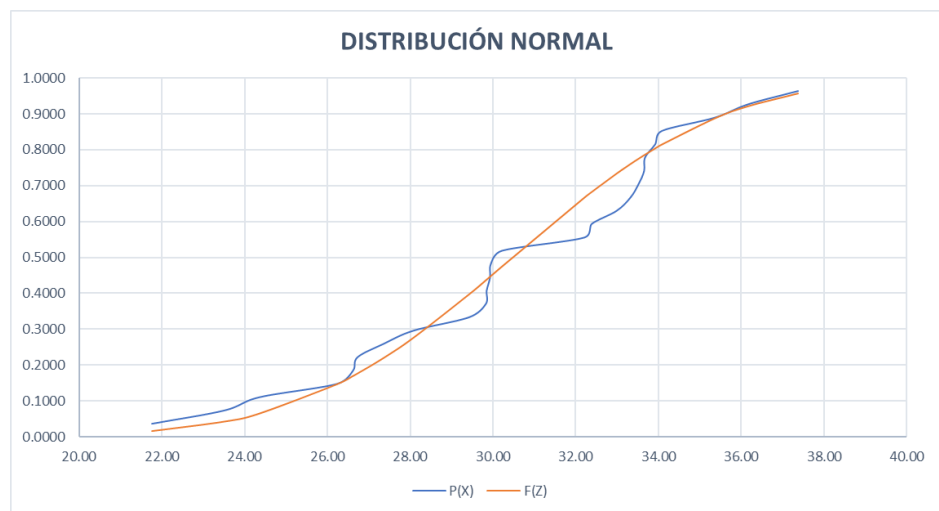
N	PP	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	P (X) =N/N+1	Z = X-Xm/S	f(Z)	F(Z)	Delta
1	21.75			0.0370	-2.164	0.038	0.0152	0.0218
2	23.50			0.0741	-1.730	0.089	0.0418	0.0322
3	24.36			0.1111	-1.518	0.126	0.0646	0.0466
4	26.23			0.1481	-1.053	0.229	0.1461	0.0021
5	26.62			0.1852	-0.958	0.252	0.1690	0.0161
6	26.72			0.2222	-0.931	0.259	0.1759	0.0463
7	27.35			0.2593	-0.776	0.295	0.2189	0.0404
8	28.08			0.2963	-0.595	0.334	0.2760	0.0203
9	29.42			0.3333	-0.263	0.385	0.3963	0.0629
10	29.83	30.48	4.03	0.3704	-0.162	0.394	0.4356	0.0653
11	29.85			0.4074	-0.157	0.394	0.4376	0.0302
12	29.93			0.4444	-0.136	0.395	0.4457	0.0013
13	29.95			0.4815	-0.132	0.395	0.4475	0.0340
14	30.22			0.5185	-0.065	0.398	0.4739	0.0446
15	32.22			0.5556	0.431	0.364	0.6666	0.1111
16	32.38			0.5926	0.472	0.357	0.6815	0.0889
17	32.99			0.6296	0.622	0.329	0.7331	0.1035
18	33.32			0.6667	0.705	0.311	0.7597	0.0930
19	33.52			0.7037	0.754	0.300	0.7744	0.0707
20	33.65			0.7407	0.787	0.293	0.7844	0.0437

21	33.68	0.7778	0.792	0.291	0.7859	0.0081
22	33.92	0.8148	0.854	0.277	0.8034	0.0114
23	34.08	0.8519	0.893	0.268	0.8140	0.0378
24	35.36	0.8889	1.211	0.192	0.8870	0.0019
25	36.16	0.9259	1.410	0.148	0.9207	0.0053
26	37.38	0.9630	1.710	0.092	0.9564	0.0066

Nota. Para la serie de datos se establece el proceso estadístico del cálculo del ajuste de distribución Normal, con la cual se logró estimar que para la distribución Normal se calcula el valor de un delta teórico de 0.1111.

Figura 36

Grafica de ajuste para la distribución Normal



Nota. Representación de la serie de datos con la respectiva distribución Normal estimando de manera gráfica el nivel de ajuste de la serie.

Tabla 58

Prueba de bondad Kolmogorov-Smirnov

PRUEBA DE BONDAD KOLMOGOROV-SMIRNOV	
DISTRIBUCIÓN	Δ TEÓRICO
NORMAL	0.1111
LOG NORMAL 2P	0.1239
GAMMA 2P	0.1233
GUMBEL	0.1682
LOG-GUMBEL	0.1787
CONCLUSIÓN	0.1111 NORMAL

Nota. Con las distribuciones que se puedan ajustar a la serie de datos según la prueba Kolmogorov-Smirnov con el valor mínimo del delta teórico es el que mejor se ajusta a la serie de datos, con esto se pudo determinar que la serie que mejor se ajusta es la de la distribución Normal con un valor de delta de 0.1111.

Tabla 59*Precipitaciones para diferentes periodos de retorno*

PRECIPITACIONES	
PERIODO DE RETORNO	PP (mm)
5	33.87
10	35.65
25	37.54
50	38.76
100	39.86
500	42.09

Nota. A partir de la distribución normal se lograron calcular los valores de precipitación para diferentes periodos de retorno con ello se estimaron los valores de intensidad para las curvas IDF.

4.1.3. MODELO DE TORMENTA

Tabla 60*Estimación de precipitaciones para diferentes periodos de retorno*

PRECIPITACIONES MÁXIMAS			
PERIODO DE RETORNO	PP	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PP AJUSTADA (1.13)
2	30.48	0.50000	34.4424
5	33.87	0.80000	38.2731
10	35.65	0.90000	40.2845
25	37.54	0.96000	42.4202
50	38.76	0.98000	43.7988
100	39.86	0.99000	45.0418
105	39.94	0.99048	45.1322
500	42.09	0.99800	47.5617
1000	42.94	0.99900	48.5222
10000	45.48	0.99990	51.3924

Nota. Los valores de precipitación se requiere un ajuste de acuerdo a un coeficiente de validación de acuerdo al manual de hidrología el cual estima que para las estaciones que cuenten con una lectura diaria se tiene que aplicar un coeficiente de 1.13 con la finalidad de ajustar los valores.

Tabla 61*Precipitaciones máximas*

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACIÓN (mm)											
TIEMPO DE DURACIÓN	COEFICIENTE	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	105 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS	10000 AÑOS
1 hr	0.30	10.3	11.4	12.0	12.6	13.1	13.4	13.5	14.2	14.5	15.3
		102	569	590	984	110	831	102	374	250	842
2 hr	0.39	13.5	15.0	15.7	16.6	17.1	17.6	17.6	18.6	19.0	20.1
		001	016	900	271	675	547	901	424	189	439

3 hr	0.46	15.8 675	17.6 323	18.5 590	19.5 429	20.1 780	20.7 507	20.7 923	21.9 116	22.3 541	23.6 764
4 hr	0.52	17.8 320	19.8 153	20.8 566	21.9 623	22.6 761	23.3 196	23.3 664	24.6 243	25.1 216	26.6 076
5 hr	0.57	19.5 320	21.7 043	22.8 450	24.0 561	24.8 379	25.5 428	25.5 941	26.9 718	27.5 165	29.1 442
6 hr	0.61	21.0 341	23.3 736	24.6 019	25.9 062	26.7 481	27.5 073	27.5 625	29.0 462	29.6 328	31.3 856
8 hr	0.68	23.5 888	26.2 124	27.5 899	29.0 526	29.9 968	30.8 481	30.9 100	32.5 739	33.2 318	35.1 975
10 hr	0.75	25.6 871	28.5 440	30.0 441	31.6 369	32.6 651	33.5 921	33.6 595	35.4 714	36.1 878	38.3 284
12 hr	0.80	27.4 417	30.4 938	32.0 964	33.7 980	34.8 963	35.8 867	35.9 587	37.8 944	38.6 597	40.9 465
14 hr	0.84	28.9 336	32.1 516	33.8 413	35.6 354	36.7 935	37.8 377	37.9 136	39.9 546	40.7 614	43.1 726
16 hr	0.88	30.2 274	33.5 893	35.3 545	37.2 289	38.4 388	39.5 296	39.6 090	41.7 412	42.5 841	45.1 031
18 hr	0.91	31.3 780	34.8 679	36.7 003	38.6 460	39.9 020	41.0 344	41.1 167	43.3 301	44.2 051	46.8 199
20 hr	0.94	32.4 341	36.0 415	37.9 356	39.9 468	41.2 450	42.4 155	42.5 006	44.7 885	45.6 930	48.3 958
22 hr	0.97	33.4 399	37.1 591	39.1 119	41.1 855	42.5 239	43.7 308	43.8 185	46.1 773	47.1 099	49.8 965
24 hr	1.00	34.4 424	38.2 731	40.2 845	42.4 202	43.7 988	45.0 418	45.1 322	47.5 617	48.5 222	51.3 924

Nota. Con los valores de precipitación por periodos de retorno se estiman los valores de precipitaciones máximas en diferentes periodos de duración con la metodología de los coeficientes.

Tabla 62

Intensidades de lluvia

TIEMPO DE DURACIÓN	INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/hr)										
	MIN	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	105 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS	10000 AÑOS
1 hr	60.00	10.30	11.40	12.00	12.60	13.10	13.40	13.50	14.20	14.50	15.30
2 hr	120.00	6.7501	7.5008	7.8950	8.3136	8.5837	8.8273	8.8451	9.3212	9.5094	10.0719
3 hr	180.00	5.2892	5.8774	6.1863	6.5143	6.7260	6.9169	6.9308	7.3039	7.4514	7.8921
4 hr	240.00	4.4580	4.9538	5.2142	5.4906	5.6690	5.8299	5.8416	6.1561	6.2804	6.6519
5 hr	300.00	3.9064	4.3409	4.5690	4.8112	4.9676	5.1086	5.1188	5.3944	5.5033	5.8288
6 hr	360.00	3.5057	3.8956	4.1003	4.3177	4.4580	4.5845	4.5937	4.8410	4.9388	5.2309
8 hr	480.00	2.9486	3.2765	3.4487	3.6316	3.7496	3.8560	3.8638	4.0717	4.1540	4.3997
10 hr	600.00	2.5687	2.8544	3.0044	3.1637	3.2665	3.3592	3.3660	3.5471	3.6188	3.8328
12 hr	720.00	2.2868	2.5411	2.6747	2.8165	2.9080	2.9906	2.9966	3.1579	3.2216	3.4122

14 hr	840.00	2.0667	2.2965	2.4172	2.5454	2.6281	2.7027	2.7081	2.8539	2.9115	3.0838
16 hr	960.00	1.8892	2.0993	2.2097	2.3268	2.4024	2.4706	2.4756	2.6088	2.6615	2.8189
18 hr	1080.00	1.7432	1.9371	2.0389	2.1470	2.2168	2.2797	2.2843	2.4072	2.4558	2.6011
20 hr	1200.00	1.6217	1.8021	1.8968	1.9973	2.0622	2.1208	2.1250	2.2394	2.2846	2.4198
22 hr	1320.00	1.5200	1.6890	1.7778	1.8721	1.9329	1.9878	1.9918	2.0990	2.1414	2.2680
24 hr	1440.00	1.4351	1.5947	1.6785	1.7675	1.8250	1.8767	1.8805	1.9817	2.0218	2.1414

Nota. A partir de los valores de precipitación estimadas en el cuadro anterior se procede a estimar los valores de intensidad con la cual se estimará el valor de la ecuación general de la intensidad para diferentes periodos de retorno.

Tabla 63

Estimación de los valores de parámetros para un PR=25 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 25 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	12.6984	4.0943	2.5415	10.4057	16.7637
2	120	8.3136	4.7875	2.1179	10.1394	22.9201
3	180	6.5143	5.1930	1.8740	9.7316	26.9668
4	240	5.4906	5.4806	1.7030	9.3337	30.0374
5	300	4.8112	5.7038	1.5710	8.9604	32.5331
6	360	4.3177	5.8861	1.4627	8.6097	34.6462
7	480	3.6316	6.1738	1.2897	7.9621	38.1156
8	600	3.1637	6.3969	1.1517	7.3676	40.9207
9	720	2.8165	6.5793	1.0355	6.8128	43.2865
10	840	2.5454	6.7334	0.9343	6.2909	45.3387
11	960	2.3268	6.8669	0.8445	5.7991	47.1548
12	1080	2.1470	6.9847	0.7641	5.3368	48.7863
13	1200	1.9973	7.0901	0.6918	4.9050	50.2692
14	1320	1.8721	7.1854	0.6270	4.5055	51.6298
15	1440	1.7675	7.2724	0.5696	4.1421	52.8878
15	9900	64.4136	92.4282	19.1782	110.3025	582.2567
Ln(d)=	5.0902		d= 162.4179		n= -0.6186	

Nota. Con los valores de intensidad para los periodos de retorno considerados en la investigación se estiman los factores de ecuación, con ello se estimaron los factores de la ecuación general de la intensidad.

Tabla 64

Resumen de valores de parámetros

RESUMEN DE APLICACIÓN DE REGRESIÓN POTENCIAL		
PR (AÑOS)	TERMINO CTE DE REGRESIÓN	COEFICIENTE DE REGRESIÓN
2	131.8726	-0.6186
5	146.5395	-0.6186
10	154.2408	-0.6186
25	162.4179	-0.6186

50	167.6963	-0.6186
100	172.4555	-0.6186
105	172.8016	-0.6186
500	182.1036	-0.6186
1000	185.7812	-0.6186
10000	196.7705	-0.6186
PROM	167.2679	-0.6186

Nota. Los valores de los parámetros se estimaron para cada uno de los periodos de retorno considerados en la investigación con la finalidad de estimar el valor promedio de los parámetros.

Tabla 65

Regresión final

REGRESIÓN POTENCIAL						
N°	T	d	ln T	ln d	ln T * ln d	(ln T)^2
1	2	131.8726	0.6931	4.8818	3.3838	0.4805
2	5	146.5395	1.6094	4.9873	8.0267	2.5903
3	10	154.2408	2.3026	5.0385	11.6016	5.3019
4	25	162.4179	3.2189	5.0902	16.3846	10.3612
5	50	167.6963	3.9120	5.1222	20.0380	15.3039
6	100	172.4555	4.6052	5.1501	23.7173	21.2076
7	105	172.8016	4.6540	5.1521	23.9779	21.6593
8	500	182.1036	6.2146	5.2046	32.3444	38.6214
9	1000	185.7812	6.9078	5.2246	36.0900	47.7171
10	10000	196.7705	9.2103	5.2820	48.6494	84.8304
10	11797	1672.6794	43.3279	51.1334	224.2138	248.0735
Ln(K)= 4.9221		K= 137.2923		m= 0.0441		

Nota. Los valores de regresión potencial se estimaron para todos los valores de periodos de retorno con el cual se estiman los factores finales de la estimación de la ecuación de intensidad.

Tabla 66

Factores de la ecuación de intensidad

FACTORES PARA LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD	
K	137.292
m	0.044
n	0.619

Nota. Los valores de la ecuación se estimaron a partir de los promedios de las regresiones lineales para cada uno de los periodos de retorno

Tabla 67

Intensidades de acuerdo a los factores de ecuación

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	52.3 1	34.0 7	26.5 1	22.1 9	19.3 3	17.2 7	15.7 0	14.4 5	13.4 4	12.5 9	11.8 7	11.2 5
T-5	54.4 7	35.4 7	27.6 1	23.1 0	20.1 3	17.9 8	16.3 4	15.0 5	13.9 9	13.1 1	12.3 6	11.7 1
T-10	56.1 6	36.5 8	28.4 6	23.8 2	20.7 5	18.5 4	16.8 5	15.5 2	14.4 3	13.5 2	12.7 4	12.0 7
T-25	58.4 8	38.0 9	29.6 4	24.8 1	21.6 1	19.3 0	17.5 5	16.1 6	15.0 2	14.0 7	13.2 7	12.5 7
T-50	60.2 9	39.2 7	30.5 6	25.5 8	22.2 8	19.9 0	18.0 9	16.6 6	15.4 9	14.5 1	13.6 8	12.9 6
T-100	62.1 7	40.4 9	31.5 1	26.3 7	22.9 7	20.5 2	18.6 5	17.1 8	15.9 7	14.9 6	14.1 0	13.3 7
T-105	62.3 0	40.5 8	31.5 8	26.4 3	23.0 2	20.5 7	18.6 9	17.2 1	16.0 0	14.9 9	14.1 4	13.3 9
T-500	66.7 4	43.4 7	33.8 3	28.3 1	24.6 6	22.0 3	20.0 3	18.4 4	17.1 4	16.0 6	15.1 4	14.3 5
T-1000	68.8 2	44.8 2	34.8 8	29.1 9	25.4 3	22.7 2	20.6 5	19.0 1	17.6 8	16.5 6	15.6 1	14.8 0
T-10000	76.1 8	49.6 1	38.6 1	32.3 1	28.1 5	25.1 5	22.8 6	21.0 5	19.5 7	18.3 3	17.2 8	16.3 8

Nota. Se determinaron a partir de la ecuación de la intensidad los nuevos valores ajustados de la intensidad para diferentes duraciones.

Tabla 68

Tormentas de diseño PR=100 años

TORMENTA DE DISEÑO										
PERIOD O DE RETORN O	10 0 años	DURACI ÓN DE TORMEN TA	1.50 hrs	90 mi n	INTENSID AD DE LLUVIA	10.40 1	P24 hr (m m)	15.6 0	INTERVA LO DE t (min)	5
INSTA NTE (min)	INTENSID AD (mm/h)	P. ACUMULA DA (mm)	ΔP (mm)	INTENSID AD PARCIAL (mm/h)	P ALTERNA DA (mm)	ImPa ALTERNA DA (mm)	P. ACU M (mm)			
5	62.165	5.180	5.180	62.165	0.349	4.187	0.349			
10	40.489	6.748	1.568	18.813	0.378	4.536	0.727			
15	31.507	7.877	1.129	13.544	0.414	4.972	1.141			
20	26.371	8.790	0.914	10.962	0.462	5.539	1.603			
25	22.971	9.571	0.781	9.371	0.526	6.314	2.129			
30	20.521	10.261	0.689	8.271	0.621	7.456	2.750			
35	18.655	10.882	0.621	7.456	0.781	9.371	3.531			
40	17.176	11.450	0.569	6.823	1.129	13.544	4.660			

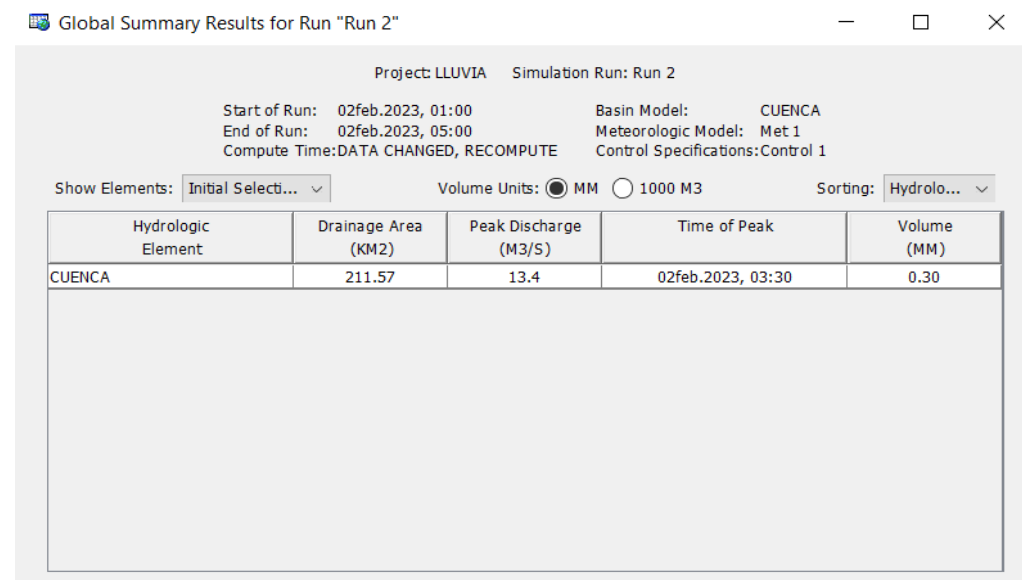
45	15.969	11.977	0.52 6	6.314	5.180	62.165	9.840
50	14.961	12.468	0.49 1	5.893	1.568	18.813	11.40 8
55	14.105	12.929	0.46 2	5.539	0.914	10.962	12.32 2
60	13.366	13.366	0.43 6	5.236	0.689	8.271	13.01 1
65	12.720	13.780	0.41 4	4.972	0.569	6.823	13.57 9
70	12.150	14.175	0.39 5	4.741	0.491	5.893	14.07 0
75	11.642	14.553	0.37 8	4.536	0.436	5.236	14.50 7
80	11.187	14.916	0.36 3	4.352	0.395	4.741	14.90 2
85	10.775	15.265	0.34 9	4.187	0.363	4.352	15.26 5
90	10.401	15.601	0.33 6	4.037	0.336	4.037	15.60 1

Nota. Los valores de los hietogramas para un periodo de retorno de 100 años se presenta una precipitación máxima de 62.16 mm, dichos resultados se obtuvieron para cada uno de los periodos de retorno tomados en cuenta para la estación.

4.1.4. MODELO HIDROLÓGICO

Figura 37

Estimación de caudal para un PR=100 años HEC-HMS



Nota. Del modelo SCS establecido para el cálculo de caudales se logró determinar en el software HEC-HMS que para un periodo de retorno de 100 años el caudal de diseño es de 13.4 m³/s.

Tabla 69

Valores de caudal de diseño para diferentes periodos de retorno

CAUDAL DE DISEÑO			
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS	MET RACIONAL	VALORES REAJUSTADO
10	12.10	8.884	15.730
25	12.60	9.251	16.380
50	13.00	9.538	16.900
100	13.40	9.834	17.420
500	14.40	10.558	18.720

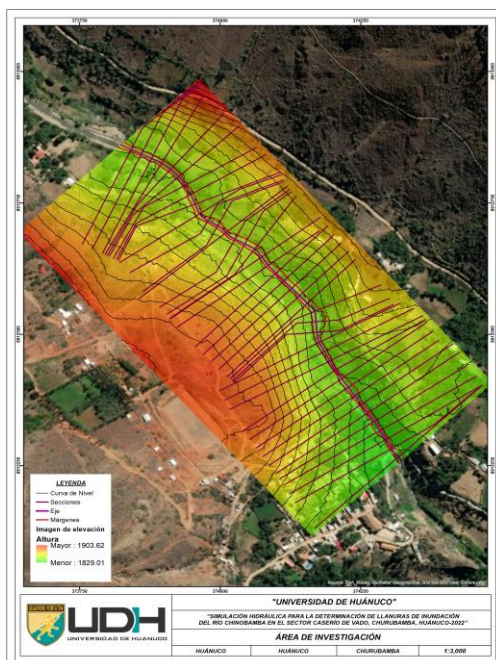
Nota. Los valores de caudales se estimaron con el software HEC-HMS y con la metodología racional con lo cual se tomó como valores de caudal los valores obtenidos en el software HEC-HMS y con ello se consideró pertinente tomar un factor de seguridad de 1.3 para mejorar la confiabilidad del margen de riesgo.

4.1.5. MODELO DE INUNDACIÓN

Una vez determinados los valores de caudal de diseño se comenzó a elaborar el modelo del área de interés en específico del río Chinobamba, con el cual se puedan elaborar los modelos de simulación para cada uno de los periodos de retorno.

Figura 38

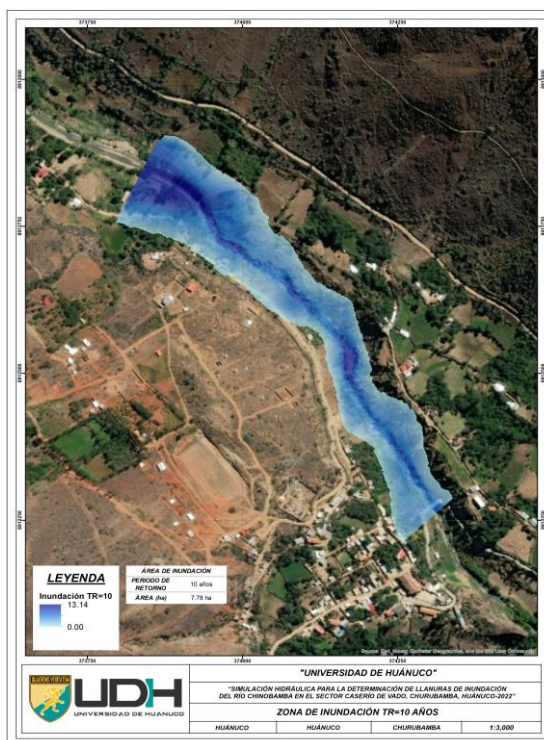
Área de estudio en específico



Nota. De la zona de interés se requirió de un modelo topográfico con la cual se inician los procesos para la simulación de inundación en cada uno de los periodos de retorno. Del modelo también se tienen que trazar las secciones, el eje del río y los márgenes del cauce del río Chinobamba.

Figura 39

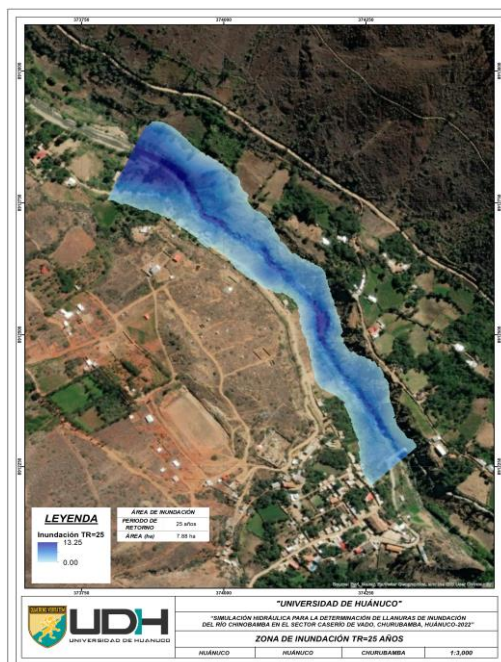
Zonas de inundación para un PR=10 años



Nota. Las zonas de inundación para un periodo de retorno de 10 años comprenden un área total de inundación de 7.78 has a lo largo de todo el cauce del río Chinobamba.

Figura 40

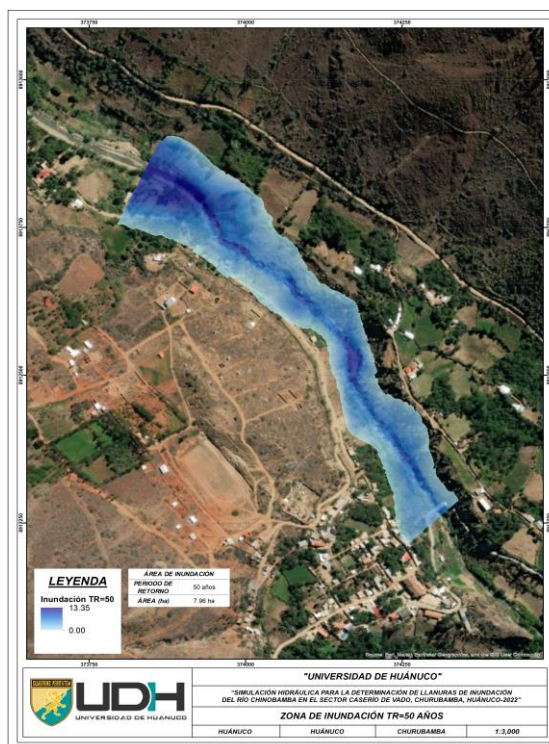
Zonas de inundación para un PR=25 años



Nota. Las zonas de inundación para un periodo de retorno de 25 años comprenden un área total de inundación de 7.88 has a lo largo de todo el cauce del río Chinobamba.

Figura 41

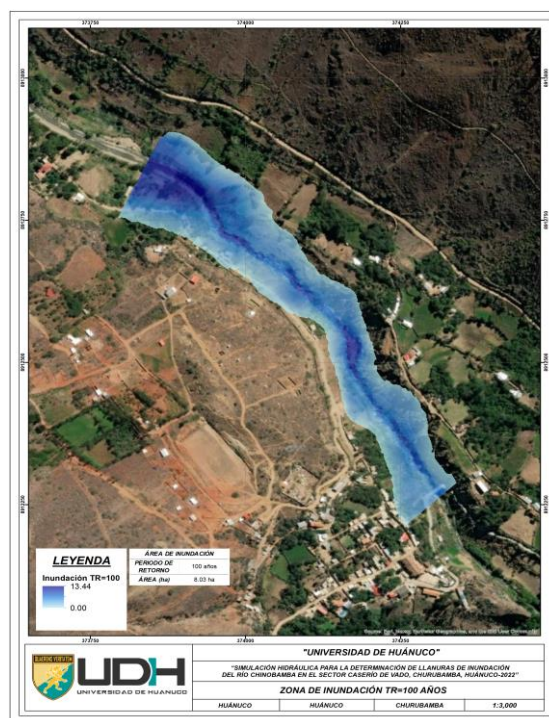
Zonas de inundación para un PR=50 años



Nota. Las zonas de inundación para un periodo de retorno de 50 años comprenden un área total de inundación de 7.96 has a lo largo de todo el cauce del río Chinobamba.

Figura 42

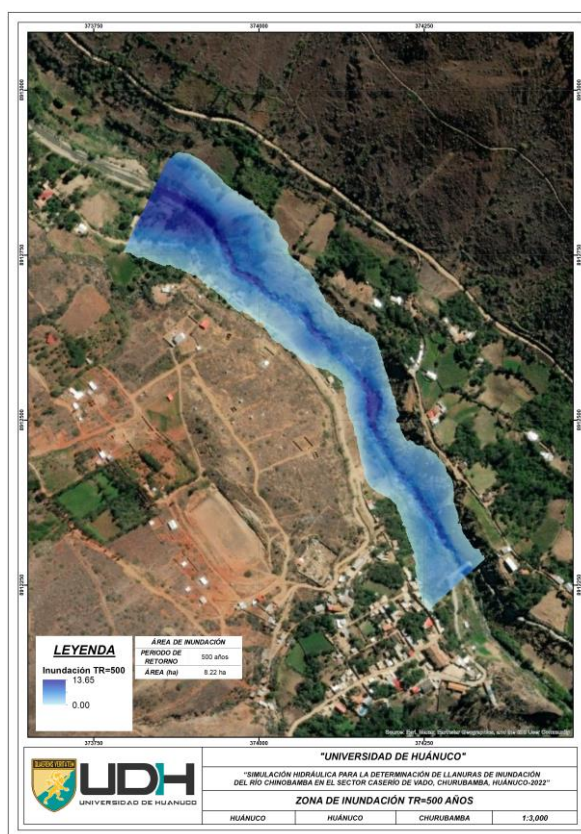
Zonas de inundación para un PR=100 años



Nota. Las zonas de inundación para un periodo de retorno de 100 años comprenden un área total de inundación de 8.03 has a lo largo de todo el cauce del río Chinobamba.

Figura 43

Zonas de inundación para un PR=500 años



Nota. Las zonas de inundación para un periodo de retorno de 500 años comprenden un área total de inundación de 8.21 has a lo largo de todo el cauce del río Chinobamba.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

H₀: Al realizar la simulación hidráulica del río Chinobamba se pueden determinar las llanuras de inundación en los márgenes del río.

Partiendo de la caracterización de la cuenca del río Chinobamba mostrado en la Figura 24 se pudo determinar los valores geométricos y los valores de los parámetros de la geomorfología que presenta la cuenca de interés, el área que se comprende de la cuenca es de 211.57 km² con un perímetro de 95.20 km, con lo cual se pudo estimar que el valor del factor de forma que caracteriza a la cuenca es de 0.41; el valor del ancho de la cuenca es de 10.72 km con un largo de 26.31 km, estimándose así un índice de Gravelius o de compacidad de 1.83; las alturas de la cuenca se determinaron que varían entre los 1873 y 4289 msnm, generalmente la cuenca presenta una altitud recurrente de 3852.50 msnm; de las características de la pendiente

se pudo determinar que la cuenca presenta una pendiente promedio del 12.02%; por otro lado se establecen las diferencias entre el valor de la pendiente de la cuenca con la pendiente del cauce principal, la red hídrica presenta una pendiente promedio de 25.61% con una longitud total de 330.84 km; diferenciando que la red principal de la cuenca del río Chinobamaba presenta un valor de 11.51 km; de dichos valores se logró estimar que la densidad de drenaje de la cuenca es de 1.55 u/km² y el índice de pendiente es de 0.44, estos valores fueron aplicados para la caracterización general de la cuenca con los cuales se lograron estimar los valores de tiempo de concentración y características de la cobertura vegetal que se encuentra delimitada dentro de los límites de la cuenca con la finalidad de establecer los coeficientes de escorrentía y valor del número de curva, estimándose así que para la cuenca del río Chinobamba el número de curva es de 74.94 con un coeficiente de escorrentía de 0.4 y un valor de tiempo de concentración de 1.50 hrs o 90 min. Con la información de precipitación recolectada y tratada para la estimación de intensidades y tomando en cuenta las estaciones cercanas a la cuenca, así como la interpolación de información pluviográfica en el centroide de la cuenca, con esto se logró determinar que los valores de precipitación son de 33.87, 35.65, 37.54, 38.76, 39.86 y 42.09 mm para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. De los valores de precipitación estimadas para un determinado periodo de retorno se lograron estimar las curvas de intensidad-frecuencia-duración con la cuales generaron los hietogramas de diseño con las cuales se lograron estimar los caudales de proyección los cuales fueron de 15.73, 16.38, 16.90, 17.42 y 18.72 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente. Estimados los valores de caudales para los diferentes periodos de retorno se establecieron los parámetros de simulación de inundación en el software HEC-RAS el cual basa su interpolación en un plano bidimensional, con la ayuda del software se lograron estimar que las zonas de inundación comprenden áreas de 7.78, 7.88, 7.96, 8.03 y 8.21 hectáreas para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente. Con los resultados obtenidos del modelo hidráulico que fue estimado a partir de parámetros tanto geomorfológicos, hidrológicos, pluviográficos y topográficos se puede demostrar que la hipótesis es verdadera ya que se logró estimar las áreas de

las llanuras de inundación del río Chinobamba partiendo de una simulación hidráulica aplicada en la zona de interés.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para Pérez (2018), en su investigación plantea que en la recolección de datos topográficos de la zona del río Ranchería se hizo el uso del software Google Earth con la finalidad de acoplar la topografía tomada en campo con los puntos que se puedan obtener de la base de datos del programa, en el caso de la presente investigación se hizo uso de las vistas satelitales que brindan los sistemas internacionales, la plataforma ALOS PALSAR fue la escogida debido a la precisión de las imágenes satelitales que se pueden obtener de manera gratuita Figura 16, con esto se pudo observar la amplitud total de la cuenca. En la misma investigación para el río Ranchería en el modelo hidráulico se hizo uso del software Iber, para esta investigación se tomó en cuenta el software HEC-RAS debido a que en comparación de ambos programas el proceso y los requerimientos computacionales del software Iber son mayores a los del HEC-RAS si bien el modelo que genera el software Iber es más acorde a un modelo 3D estas características para la elaboración cartografías de la zona no son necesarias. Para el SENAMHI (2019), en la investigación del río Tumbes, se pudo establecer que para los datos de lluvias la distribución que más se ajusta a la serie de datos fue la del Log Normal de 3 parámetros, sin embargo para esta investigación la serie de datos tomada en cuenta para las precipitaciones no se ajusta a esa distribución, ni a la distribución de Gumbel de 3 parámetros debido a la naturaleza de sus valores, es por ello que para los valores históricos de precipitación del río Chinobamba posee un ajuste de distribución Normal (Tabla 58). Para Oyola (2018), se estimó que para el río Zarumilla para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años los cuales fueron 445, 722, 889, 1089, 1231 y 1368 m³/s respectivamente, en comparación que para el río Chinobamba en los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años los valores de caudales críticos calculados fueron de 15.73, 16.38, 16.90, 17.42 y 18.72 m³/s, se puede observar que los valores son mínimos en comparación para los años equivalentes, esto se puede explicar debido a las características geométricas

de la cuenca del río Zarumilla, así como también las características de suelo que presenten en comparación a la cuenca del río Chinobamba.

CONCLUSIONES

La simulación hidráulica en la investigación se pudo identificar como una herramienta relevante y accesible para la identificación de llanuras de inundación ocasionadas por el desborde del río Chinobamaba, la aplicación de una simulación en la zona facilitó identificar los comportamientos que presenta el río frente a una crecida de su caudal dando así una perspectiva de la interacción que tendría con las zonas circundantes al área de interés.

Para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años las superficies de inundación son de 7.78, 7.88, 7.96, 8.03 y 8.21 ha respectivamente, evidenciando así que ambos márgenes del río se verán comprometidos frente a un incremento de caudal en el cauce del río Chinobamba

Para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años los valores de caudal máximos son de 15.73, 16.38, 16.90, 17.42 y 18.72 m³/s respectivamente, dichos valores son considerados como altos de acuerdo a la capacidad de transporte que tiene el río Chinobamba.

Los parámetros de caracterización de suelo, los parámetros de información de lluvias, así como la validación y correlación de los valores de intensidad y precipitación se tuvieron que validar de manera estadística ya que un error en ellos generaría una alteración en los valores de caudal máximo estimado para un determinado periodo de retorno, y con ello una alteración en la simulación hidráulica aplicada.

Los puntos más críticos frente a una inundación se presentaron en ambos márgenes del río Chinobamba en la parte final de su cauce, en dicha zona es en la cual se establecieron centros urbanos y actividades agrícolas de la población que habita la zona.

Se pueden establecer puntos de control de alerta temprana con la finalidad de prevenir a la población de manera anticipada frente a una inundación eventual, la realización de talleres informativos por parte de las instituciones estatales toma un papel importante en la prevención de desastres.

RECOMENDACIONES

Se tiene que tomar en cuenta que los valores de precipitación de los registros históricos del SENAMHI no siempre estarán completos en el periodo de tiempo en que se haga el análisis es por ello que se recomienda estimar valores promedios a través de isoyetas o metodologías que aseguren un valor óptimo para la serie de datos registrados.

Para la caracterización de las áreas de inundación es importante contar con un modelo de elevación en formatos compatibles con el software HEC-RAS ya que si no se cuenta con un formato compatible del modelo es software no realizará de manera adecuada la simulación.

De los cálculos estimados para los caudales de diseño siempre es más óptimo contar con un factor de seguridad que asegure un margen de error que no conlleve a errores de estimación en el modelo hidráulico.

Si se requiere tener una caracterización más óptima del suelo se pueden elaborar a partir de clasificaciones supervisadas del terreno los cuales requieren de un procedimiento más elaborado a partir de imágenes satelitales de alta calidad.

Se recomienda tener en cuenta estructuras de encausamiento para ambos márgenes del río Chinobamba aguas debajo de su cauce.

Elaborar un plan de manejo de riesgos frente a inundaciones en la zona del río Chinobamba se puede realizar a partir de una caracterización de la población que habita en la zona identificando los puntos más vulnerables que presenten con el fin de mitigar los riesgos que se generen en la zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carhua, J. (2018). *Estimación de la intensidades máximas de precipitación para diferentes tiempos de duración y periodo de retorno, y su conceptualización en mapas para la región de Huánuco*. Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Chaglla, L. (2010). *Diseño e implementación de una aplicación SIG para administración del sistema hídrico en la unidad del plan de ordenamiento territorial rural de la municipalidad Cuenca, utilizando ArcGIS Desktop y ArcGIS Server Enterprise*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill.
- Cotler, H. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas.
- Frías, E. (2017). *Simulación hidráulica bidimensional de las zonas de inundación aguas abajo del sector Huabalito-Chicama-2017*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL.
- Loayza, L. (2017). *Propuesta de solución para evitar inundaciones provenientes de la quebrada San Idelfonso*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- López, M. (2021). *Análisis hidrológico e hidráulico para la evaluación de riesgo de inundación fluvial por desborde del río Huallaga en el sector de Huayopampa, distrito de Amarilis, provincia de Huánuco 2021*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Martínez, R. (2019). *Simulación numérica de inundaciones fluviales en Las Omañas (León). Propuesta de medidas correctoras*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Metzger, L. (2017). *Sistema de alerta de inundaciones en tiempo casi real usando percepción remota para le río Tumbes en Perú*. SENAMHI.
- Monsalve, G. (1996). *Hidrología en la ingeniería*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ortega, J. (2019). *Análisis de Herramientas de modelización Hidráulica Bidimensional*. WSP Spain.

- Oyola, A. (2018). *Estimación de caudales máximos con fines de prevención de inundaciones aplicando el modelo hidrológico HEC-RAS, caso río Zarumilla-2018*. Universidad Nacional de Tumbes.
- Pérez, J. (2018). *Modelación Hidráulica 2D de Inundación en Regiones con Escasez de Datos. El Caso del Delta del Río Ranchería, Riohacha - Colombia*. Grupo de Investigación GISA.
- Sánchez, J. (2020). *Hidrología superficial y subterránea*. USAL.
- Segerer, C., & Villodas, R. (2006). *Hidrología I*. Universidad Nacional de Cuyo.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2019). *Evaluación de zonas de inundación utilizando un modelo hidrológico-hidráulico en Tumbes*. Ministerio del Ambiente.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2022). *Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú*. SENAMHI.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2022). *Riesgo por Inundaciones*. Gobierno de Colombia.
- Vásconez, M. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Villón, M. (2004). *Hidrología*. MaxSoft.
- Villón, M. (2008). *Hidrología estadística*. Instituto tecnológico de Costa Rica.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Jesús Valle, C. (2023). *Simulación hidráulica para la determinación de llanuras de inundación del río Chinobamba en el sector caserío de Vado, Churubamba, Huánuco-2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONCISTENCIA

Tabla 70

Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General ¿En qué medida la simulación hidráulica facilita la determinación de llanuras de inundación en el río Chinobamba, distrito de Churubamba?</p> <p>Problemas Específicos ¿Cuál es el área total de la llanura de inundación en los márgenes del río Chinobamba, distrito de Churubamba? ¿Cuál es el caudal máximo que alcanza el río Chinobamba para diferentes periodos de retorno? ¿Cuáles son los parámetros de cálculo que influyen de manera directa en la simulación hidráulica? ¿Cuáles son las zonas más críticas afectadas por un posible desborde del río Chinobamba? ¿Cuáles con las medidas no estructurales que se pueden plantear con el fin de mitigar los efectos de inundación?</p>	<p>Objetivo General Determinar como la simulación hidráulica facilita la identificación de llanuras de inundación en el río Chinobamba, distrito de Churubamba.</p> <p>Objetivos Específicos Calcular el área total de la llanura de inundación en los márgenes del río Chinobamba, distrito de Churubamba. Estimar el caudal máximo que alcanza el río Chinobamba para diferentes periodos de retorno. Identificar los parámetros de cálculo que influyen de manera directa en la simulación hidráulica. Identificar las zonas más críticas afectadas por un posible desborde del río Chinobamba. Plantear medidas no estructurales que se pueden plantear con el fin de mitigar los efectos de inundación.</p>	<p>Hipótesis General Al realizar la simulación hidráulica del río Chinobamba se pueden determinar las llanuras de inundación en los márgenes del río.</p>	<p>Técnica Para la caracterización topográfica de la zona se realizaron a partir de la recolección de vistas satelitales e información topográfica tomada de la zona de interés mediante levantamientos topográficos. Se recolectaron información pluviométrica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú a partir de los registros históricos que brindaron los servidores nacionales. En relación al proceso hidrológico se ejecutaron procesos como la metodología del SCS o similares que ya fueron validados por científicos de la</p>

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES	
<p>Tipo de Investigación: Cuantitativa.</p> <p>Alcance de Investigación: Correlacional.</p> <p>Diseño: No Experimental.</p>	<p>Población: Para esta investigación se planteó como población al cauce del río Chinobamba, el cual se encuentra dentro del distrito de Churubamba.</p> <p>Muestra: Para esta investigación se planteó como muestra al tramo que comprende 1 km aguas arriba a la altura de la iglesia de Cascay, del río Chinobamba.</p>	<p>Variable Independiente Simulación hidráulica.</p> <p>Variable Dependiente Llanura de inundación.</p>	<p>rama y consideren confiables para la obtención de resultados cercanos a la realidad.</p> <p>Instrumentos Imágenes satelitales de la zona de investigación. Modelos de elevación digital del terreno. Cartilla de recolección y procesamiento de datos pluviométricos. Hojas de cálculo. Plantillas cartográficas para el post procesamiento de la información.</p>

ANEXO 2

ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES CONSIDERADAS EN LA INVESTIGACIÓN

Tabla 71

Registro histórico de precipitaciones-Estación Canchán

DATOS DE PLUVIOMETRÍA															
ESTACIÓN:	CANCHÁN			LONGITU D:	76°18'34.62"	LATITU D:	9°55'15.43"	ELEVACIÓ N:	1986 msnm						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988										6.20	6.00	19.80	10.67	6.00	19.80
1989	22.0 0	12.2 0	13.4 0	7.60	4.20	3.00	8.60	0.00	12.6 0	18.0 0	6.60	65.40	14.47	0.00	65.40
1990	18.1 0	7.50	9.20	12.50	13.0 0	7.50	0.20	2.00	5.50	14.5 0	15.0 0	7.80	9.40	0.20	18.10
1991	5.60	12.4 0	0.00	5.60	5.00	5.30	0.00	0.00	7.00	15.0 0	12.7 0	17.50	7.18	0.00	17.50
1992	8.70	12.0 0	12.1 0	7.50	3.00	2.60		21.00	3.30	6.00			8.47	2.60	21.00
1993		10.8 0	27.3 0	16.30	19.0 0	4.70	1.00	1.30	9.10	9.40	15.4 0	12.50	11.53	1.00	27.30
1994	14.0 0	15.8 0		18.00	11.6 0	1.30	0.70			13.3 0	13.2 0		10.99	0.70	18.00
1995	15.0 0	15.6 0	16.7 0	8.50		2.00	0.00	0.00	7.40	4.50	6.30	13.30	8.12	0.00	16.70
1996	8.60	8.50	13.4 0	17.70	7.70		1.00	1.50	4.80	10.4 0	10.2 0	11.20	8.64	1.00	17.70
1997	22.7 0	7.00	15.0 0	4.20	6.10	9.50	0.00	5.20	5.60	8.30	7.00	11.20	8.48	0.00	22.70

1998	16.8 0	15.2 0	24.8 0	2.90	3.30	1.20	0.00	0.50	5.40	6.50	22.2 0	14.00	9.40	0.00	24.80
1999	16.9 0	25.1 0	21.9 0	4.00	6.20	4.40	2.20	1.00	7.60	5.00	11.0 0	14.40	9.98	1.00	25.10
2000	12.8 0	12.5 0	11.6 0	6.20	3.60	6.80	4.40	12.10	8.30	15.1 0	7.00	28.10	10.71	3.60	28.10
2001	24.7 0	7.50	16.1 0	19.00	5.20	2.20	4.50	2.80	5.00	18.0 0	60.5 0	17.80	15.28	2.20	60.50
2002	13.3 0	12.3 0	29.6 0	20.10	5.80	1.00	9.60	4.10	4.50	21.3 0	8.70	14.40	12.06	1.00	29.60
2003	14.5 0	14.4 0	14.4 0	12.60	2.60	0.00	0.00	6.80	7.70	29.0 0	17.1 0	22.30	11.78	0.00	29.00
2004	7.30	19.4 0	33.2 0	9.70	17.4 0	5.00	4.00	4.60	10.0 0	12.8 0	6.20	18.20	12.32	4.00	33.20
2005	13.1 0	25.2 0	16.8 0	7.00	0.50	0.00	2.70	17.90	5.00	11.8 0	13.1 0	33.00	12.18	0.00	33.00
2006	31.6 0	17.1 0	19.5 0	9.00	4.50	4.80	1.00	1.40	6.30	26.8 0	19.5 0	15.40	13.08	1.00	31.60
2007	16.8 0	2.70	11.2 0	6.00	8.00	0.00	2.20	3.00	4.10	37.1 0	8.60	26.90	10.55	0.00	37.10
2008	28.1 0	20.3 0	10.9 0	14.20	3.90	1.10	1.60	1.60	18.4 0	9.50	24.5 0	29.60	13.64	1.10	29.60
2009	27.0 0	26.9 0	25.2 0	23.70	5.10	14.6 0	4.30	0.70	3.70	11.8 0	12.1 0	16.20	14.28	0.70	27.00
2010	4.10	16.7 0	28.6 0	17.90	6.00	0.00	2.40	3.60	12.5 0	14.5 0	19.0 0	11.40	11.39	0.00	28.60
2011	15.7 0	8.70	21.3 0	7.10	14.2 0	0.00	1.80	3.50	5.10	19.1 0	13.7 0	24.40	11.22	0.00	24.40
2012	17.5 0	18.1 0	15.4 0	13.20	3.00	1.50	4.20	3.10	2.40	16.8 0	20.6 0	23.70	11.63	1.50	23.70
2013	9.20	13.2 0	21.3 0	21.70	1.80	16.0 0	7.60	15.60	3.20	14.6 0	17.8 0	14.30	13.03	1.80	21.70
N° DE DATOS	24.0 0	25.0 0	24.0 0	25.00	24.0 0	24.0 0	24.0 0	24.00	24.0 0	26.0 0	25.0 0	24.00			

DESV. ESTANDAR	7.19	6.02	7.67	6.14	4.87	4.37	2.77	5.87	3.65	7.72	10.9 3	11.67
COEF. VARIACIÓN	0.45	0.42	0.43	0.53	0.73	1.11	1.04	1.24	0.53	0.53	0.73	0.58
PRECIP. PROM	16.0 0	14.2 8	17.8 7	11.69	6.70	3.94	2.67	4.72	6.85	14.4 3	14.9 6	20.12
PRECIP. MÁX	31.6 0	26.9 0	33.2 0	23.70	19.0 0	16.0 0	9.60	21.00	18.4 0	37.1 0	60.5 0	65.40
PRECIP. MÍN	4.10	2.70	0.00	2.90	0.50	0.00	0.00	0.00	2.40	4.50	6.00	7.80

Tabla 72

Registro histórico completado de precipitaciones-Estación Canchán

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	CANCHÁN			LONGITU D:	76°18'34.62"	LATITU D:	9°55'15.43"	ELEVACIO N:	1986 msnm						
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	15.0 6	20.6 3	9.41	19.30	4.81	0.30	4.46	1.57	7.86	6.20	6.00	19.80	9.62	0.30	20.63
1989	22.0 0	12.2 0	13.4 0	7.60	4.20	3.00	8.60	0.00	12.6 0	18.0 0	6.60	65.40	14.47	0.00	65.40
1990	18.1 0	7.50	9.20	12.50	13.0 0	7.50	0.20	2.00	5.50	14.5 0	15.0 0	7.80	9.40	0.20	18.10
1991	5.60	12.4 0	0.00	5.60	5.00	5.30	0.00	0.00	7.00	15.0 0	12.7 0	17.50	7.18	0.00	17.50
1992	8.70	12.0 0	12.1 0	7.50	3.00	2.60	0.17	21.00	3.30	6.00	25.1 5	10.48	9.33	0.17	25.15
1993	13.1 7	10.8 0	27.3 0	16.30	19.0 0	4.70	1.00	1.30	9.10	9.40	15.4 0	12.50	11.66	1.00	27.30
1994	14.0 0	15.8 0	11.6 3	18.00	11.6 0	1.30	0.70	0.23	20.6 1	13.3 0	13.2 0	21.90	11.86	0.23	21.90
1995	15.0 0	15.6 0	16.7 0	8.50	2.44	2.00	0.00	0.00	7.40	4.50	6.30	13.30	7.65	0.00	16.70
1996	8.60	8.50	13.4 0	17.70	7.70	0.80	1.00	1.50	4.80	10.4 0	10.2 0	11.20	7.98	0.80	17.70
1997	22.7 0	7.00	15.0 0	4.20	6.10	9.50	0.00	5.20	5.60	8.30	7.00	11.20	8.48	0.00	22.70
1998	16.8 0	15.2 0	24.8 0	2.90	3.30	1.20	0.00	0.50	5.40	6.50	22.2 0	14.00	9.40	0.00	24.80
1999	16.9 0	25.1 0	21.9 0	4.00	6.20	4.40	2.20	1.00	7.60	5.00	11.0 0	14.40	9.98	1.00	25.10
2000	12.8 0	12.5 0	11.6 0	6.20	3.60	6.80	4.40	12.10	8.30	15.1 0	7.00	28.10	10.71	3.60	28.10

2001	24.7 0	7.50	16.1 0	19.00	5.20	2.20	4.50	2.80	5.00	18.0 0	60.5 0	17.80	15.28	2.20	60.50
2002	13.3 0	12.3 0	29.6 0	20.10	5.80	1.00	9.60	4.10	4.50	21.3 0	8.70	14.40	12.06	1.00	29.60
2003	14.5 0	14.4 0	14.4 0	12.60	2.60	0.00	0.00	6.80	7.70	29.0 0	17.1 0	22.30	11.78	0.00	29.00
2004	7.30	19.4 0	33.2 0	9.70	17.4 0	5.00	4.00	4.60	10.0 0	12.8 0	6.20	18.20	12.32	4.00	33.20
2005	13.1 0	25.2 0	16.8 0	7.00	0.50	0.00	2.70	17.90	5.00	11.8 0	13.1 0	33.00	12.18	0.00	33.00
2006	31.6 0	17.1 0	19.5 0	9.00	4.50	4.80	1.00	1.40	6.30	26.8 0	19.5 0	15.40	13.08	1.00	31.60
2007	16.8 0	2.70	11.2 0	6.00	8.00	0.00	2.20	3.00	4.10	37.1 0	8.60	26.90	10.55	0.00	37.10
2008	28.1 0	20.3 0	10.9 0	14.20	3.90	1.10	1.60	1.60	18.4 0	9.50	24.5 0	29.60	13.64	1.10	29.60
2009	27.0 0	26.9 0	25.2 0	23.70	5.10	14.6 0	4.30	0.70	3.70	11.8 0	12.1 0	16.20	14.28	0.70	27.00
2010	4.10	16.7 0	28.6 0	17.90	6.00	0.00	2.40	3.60	12.5 0	14.5 0	19.0 0	11.40	11.39	0.00	28.60
2011	15.7 0	8.70	21.3 0	7.10	14.2 0	0.00	1.80	3.50	5.10	19.1 0	13.7 0	24.40	11.22	0.00	24.40
2012	17.5 0	18.1 0	15.4 0	13.20	3.00	1.50	4.20	3.10	2.40	16.8 0	20.6 0	23.70	11.63	1.50	23.70
2013	9.20	13.2 0	21.3 0	21.70	1.80	16.0 0	7.60	15.60	3.20	14.6 0	17.8 0	14.30	13.03	1.80	21.70
N° DE DATOS	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.00		
DESV. ESTANDAR	6.92	6.02	7.63	6.20	4.75	4.29	2.73	5.73	4.42	7.72	10.8 9	11.36			
COEF. VARIACIÓN	0.44	0.41	0.44	0.52	0.74	1.17	1.03	1.29	0.60	0.53	0.71	0.57			
PRECIP. PROM	15.8 6	14.5 3	17.3 1	11.98	6.46	3.68	2.64	4.43	7.42	14.4 3	15.3 5	19.81			

PRECIP. MÁX	31.6 0	26.9 0	33.2 0	23.70	19.0 0	16.0 0	9.60	21.00	20.6 1	37.1 0	60.5 0	65.40
PRECIP. MÍN	4.10	2.70	0.00	2.90	0.50	0.00	0.00	0.00	2.40	4.50	6.00	7.80

Tabla 73

Prueba Outlier de la estación Canchán

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	740.08	37.16
VALOR MÁXIMO	65.40	1.82
VALOR MÍNIMO	16.70	1.22
MEDIA	28.46	1.43
VARIANZA	130.59	0.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	11.43	0.14
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.40	0.10
COEFICIENTE DE SESGO	2.24	1.16
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.78
PH	60.81 mm
CONCLUSIÓN	EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.07
PH	11.87 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Figura 44

Gráfica Outlier-Estación Canchán

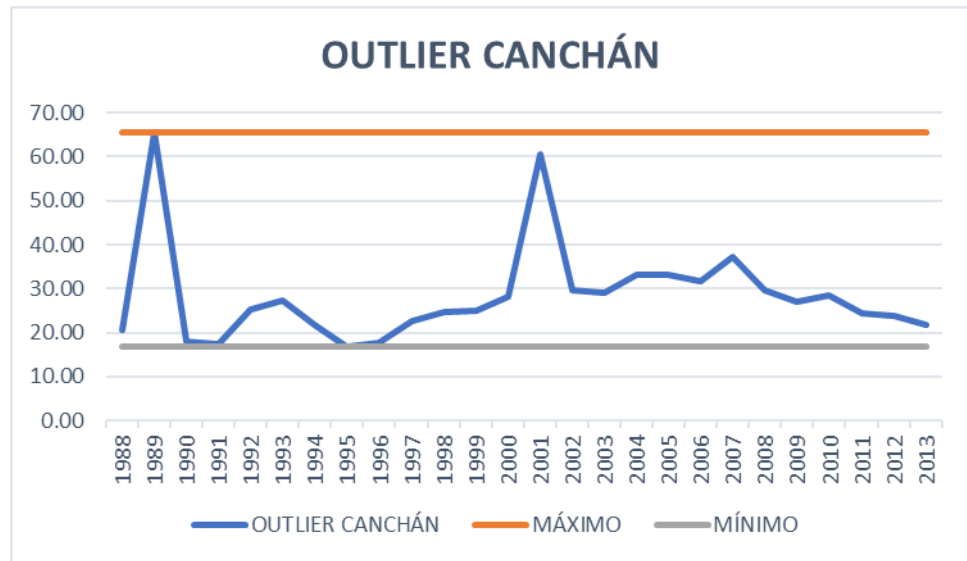


Tabla 74

Registro histórico corregido -Estación Canchán

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	CANCHÁN			LONGITU D:	76°18'34.62"	LATITU D:	9°55'15.43"	ELEVACIO N:	1986 msnm						
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	15.0 6	20.6 3	9.41	19.30	4.81	0.30	4.46	1.57	7.86	6.20	6.00	19.80	9.62	0.30	20.63
1989	22.0 0	12.2 0	13.4 0	7.60	4.20	3.00	8.60	0.00	12.6 0	18.0 0	6.60	27.46	11.30	0.00	27.46
1990	18.1 0	7.50	9.20	12.50	13.0 0	7.50	0.20	2.00	5.50	14.5 0	15.0 0	7.80	9.40	0.20	18.10
1991	5.60	12.4 0	0.00	5.60	5.00	5.30	0.00	0.00	7.00	15.0 0	12.7 0	17.50	7.18	0.00	17.50
1992	8.70	12.0 0	12.1 0	7.50	3.00	2.60	0.17	21.00	3.30	6.00	25.1 5	10.48	9.33	0.17	25.15
1993	13.1 7	10.8 0	27.3 0	16.30	19.0 0	4.70	1.00	1.30	9.10	9.40	15.4 0	12.50	11.66	1.00	27.30
1994	14.0 0	15.8 0	11.6 3	18.00	11.6 0	1.30	0.70	0.23	20.6 1	13.3 0	13.2 0	21.90	11.86	0.23	21.90
1995	15.0 0	15.6 0	16.7 0	8.50	2.44	2.00	0.00	0.00	7.40	4.50	6.30	13.30	7.65	0.00	16.70
1996	8.60	8.50	13.4 0	17.70	7.70	0.80	1.00	1.50	4.80	10.4 0	10.2 0	11.20	7.98	0.80	17.70
1997	22.7 0	7.00	15.0 0	4.20	6.10	9.50	0.00	5.20	5.60	8.30	7.00	11.20	8.48	0.00	22.70
1998	16.8 0	15.2 0	24.8 0	2.90	3.30	1.20	0.00	0.50	5.40	6.50	22.2 0	14.00	9.40	0.00	24.80
1999	16.9 0	25.1 0	21.9 0	4.00	6.20	4.40	2.20	1.00	7.60	5.00	11.0 0	14.40	9.98	1.00	25.10
2000	12.8 0	12.5 0	11.6 0	6.20	3.60	6.80	4.40	12.10	8.30	15.1 0	7.00	28.10	10.71	3.60	28.10

2001	24.7 0	7.50	16.1 0	19.00	5.20	2.20	4.50	2.80	5.00	18.0 0	45.5 0	17.80	14.03	2.20	45.50
2002	13.3 0	12.3 0	29.6 0	20.10	5.80	1.00	9.60	4.10	4.50	21.3 0	8.70	14.40	12.06	1.00	29.60
2003	14.5 0	14.4 0	14.4 0	12.60	2.60	0.00	0.00	6.80	7.70	29.0 0	17.1 0	22.30	11.78	0.00	29.00
2004	7.30	19.4 0	33.2 0	9.70	17.4 0	5.00	4.00	4.60	10.0 0	12.8 0	6.20	18.20	12.32	4.00	33.20
2005	13.1 0	25.2 0	16.8 0	7.00	0.50	0.00	2.70	17.90	5.00	11.8 0	13.1 0	33.00	12.18	0.00	33.00
2006	31.6 0	17.1 0	19.5 0	9.00	4.50	4.80	1.00	1.40	6.30	26.8 0	19.5 0	15.40	13.08	1.00	31.60
2007	16.8 0	2.70	11.2 0	6.00	8.00	0.00	2.20	3.00	4.10	37.1 0	8.60	26.90	10.55	0.00	37.10
2008	28.1 0	20.3 0	10.9 0	14.20	3.90	1.10	1.60	1.60	18.4 0	9.50	24.5 0	29.60	13.64	1.10	29.60
2009	27.0 0	26.9 0	25.2 0	23.70	5.10	14.6 0	4.30	0.70	3.70	11.8 0	12.1 0	16.20	14.28	0.70	27.00
2010	4.10	16.7 0	28.6 0	17.90	6.00	0.00	2.40	3.60	12.5 0	14.5 0	19.0 0	11.40	11.39	0.00	28.60
2011	15.7 0	8.70	21.3 0	7.10	14.2 0	0.00	1.80	3.50	5.10	19.1 0	13.7 0	24.40	11.22	0.00	24.40
2012	17.5 0	18.1 0	15.4 0	13.20	3.00	1.50	4.20	3.10	2.40	16.8 0	20.6 0	23.70	11.63	1.50	23.70
2013	9.20	13.2 0	21.3 0	21.70	1.80	16.0 0	7.60	15.60	3.20	14.6 0	17.8 0	14.30	13.03	1.80	21.70
N° DE DATOS	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00			
DESV. ESTANDAR	6.92	6.02	7.63	6.20	4.75	4.29	2.73	5.73	4.42	7.72	8.55	6.79			
COEF. VARIACIÓN	0.44	0.41	0.44	0.52	0.74	1.17	1.03	1.29	0.60	0.53	0.58	0.37			
PRECIP. PROM	15.8 6	14.5 3	17.3 1	11.98	6.46	3.68	2.64	4.43	7.42	14.4 3	14.7 8	18.36			

PRECIP. MÁX	31.6 0	26.9 0	33.2 0	23.70	19.0 0	16.0 0	9.60	21.00	20.6 1	37.1 0	45.5 0	33.00
PRECIP. MÍN	4.10	2.70	0.00	2.90	0.50	0.00	0.00	0.00	2.40	4.50	6.00	7.80

Tabla 75*Prueba Outlier corregido de la estación Canchán*

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

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

Figura 45

Gráfica Outlier corregido-Estación Canchán

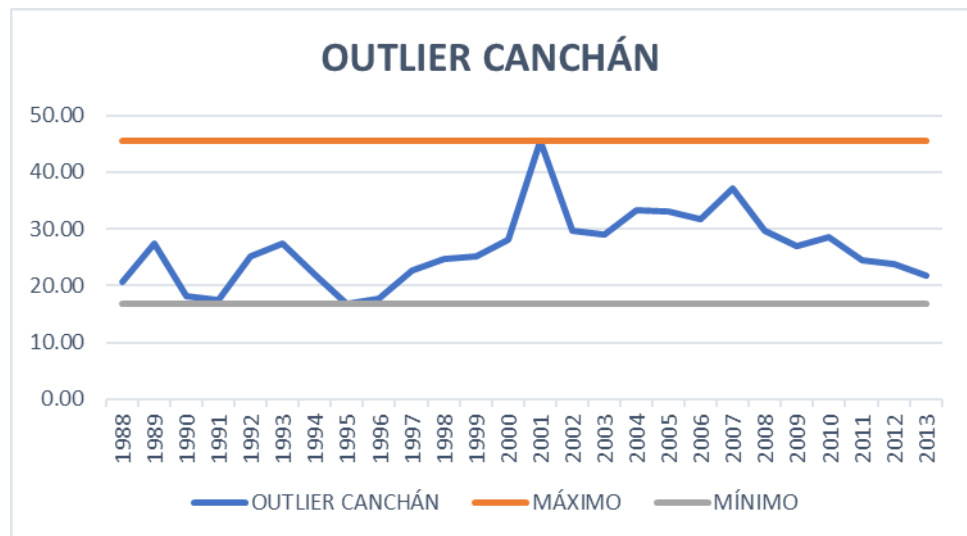


Tabla 76

Registro histórico de precipitaciones-Estación Huánuco

ESTACIÓN:	DATOS DE PLUVIOMETRÍA												PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
	HUÁNUCO	LONGITU D:	76°14'52.55"	LATITU D:	9°56'16.08"	ELEVACIÓ N:	1947 msnm								
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
1988	13.8 0	20.1 0	8.70	18.60	4.20	0.00	4.20	1.50	7.40	3.60	10.7 0	11.60	8.70	0.00	20.10
1989	15.7 0	8.00	11.9 0	6.50	6.30	3.40	0.00	1.40	5.70	20.6 0	11.1 0	27.40	9.83	0.00	27.40
1990	11.5 0	6.10	15.1 0	20.10	13.0 0	4.70	1.30	4.50	2.80	21.3 0	18.0 0	12.00	10.87	1.30	21.30
1991	4.70	15.0 0	28.8 0	8.30	2.00	5.00	4.80	0.00	2.20	11.4 0	15.0 0	20.40	9.80	0.00	28.80
1992	8.50	29.6 0	15.6 0	5.40	0.00	3.60	0.00	25.00	2.00	38.4 0	24.9 0	9.80	13.57	0.00	38.40
1993	12.5 0	18.0 0	13.7 0	13.50	6.20	4.70	3.40	3.70	6.00	7.60	16.4 0	12.30	9.83	3.40	18.00
1994		8.70	10.9 0	24.00	15.0 0	0.00	0.00	0.00	20.5 0	19.0 0	7.20	20.60	11.45	0.00	24.00
1995	8.00	18.9 0	17.5 0	8.90	1.80	0.70	1.20	0.40	3.00	8.90	13.9 0	12.30	7.96	0.40	18.90
1996	13.5 0	9.10	15.9 0	17.10	10.4 0	0.01	0.10	3.50	1.40	9.30	15.1 0	8.10	8.63	0.01	17.10
1997	10.5 0	6.60	11.4 0	10.60	4.20	1.90	0.00	4.10	5.30	8.30	11.2 0	7.80	6.83	0.00	11.40
1998	17.9 0	16.5 0	27.5 0	1.00	2.70	1.80	0.00	1.50	3.20	13.4 0	26.0 0	7.20	9.89	0.00	27.50
1999	13.1 0	28.0 0	15.2 0	5.40	9.20	8.10	4.70	0.60	33.0 0	5.60	10.7 0	13.70	12.28	0.60	33.00
2000	10.8 0	14.2 0	14.6 0	7.70	5.30	7.30	2.40	12.10	4.00	2.80	20.3 0	19.30	10.07	2.40	20.30

2001	11.3 0	8.90	10.6 0	25.70	7.40	0.80	3.20	5.00	2.00	10.0 0	48.7 0	10.80	12.03	0.80	48.70
2002	13.0 0	19.4 0	14.9 0	27.20	9.70	2.10	5.20	1.30	2.80	22.9 0	7.80	5.20	10.96	1.30	27.20
2003	12.3 0	6.40	9.40	14.90	3.00	0.10	0.10	6.90	4.40	12.5 0	23.0 0	18.10	9.26	0.10	23.00
2004	7.60	8.10	11.9 0	10.50	11.7 0	1.40	2.10	4.60	11.3 0	6.40	13.0 0	17.60	8.85	1.40	17.60
2005	5.90	16.6 0	25.5 0	2.40	0.60	0.01	0.80	7.50	3.50	11.0 0	8.70	20.10	8.55	0.01	25.50
2006	28.0 0	11.3 0	18.9 0	8.30	1.90	3.60	1.60	2.00	7.20	18.9 0	21.7 0	18.20	11.80	1.60	28.00
2007	8.70	2.40	12.3 0	7.50	5.30	1.20	3.30	2.90	2.30	25.8 0	13.7 0	27.30	9.39	1.20	27.30
2008	7.90	12.5 0	16.6 0	15.80	2.70	1.80	0.10	0.70	14.2 0	11.7 0	33.1 0	30.60	12.31	0.10	33.10
2009	19.6 0	10.0 0	19.4 0	10.60	7.30	9.00	4.00	3.40	2.30	16.8 0	8.50	9.10	10.00	2.30	19.60
2010	4.90	17.4 0	22.6 0	6.80	2.40	1.20	3.80	5.00	9.60	12.0 0	21.8 0	19.90	10.62	1.20	22.60
2011	13.6 0	11.6 0	35.4 0	8.00	9.50	1.80	0.90	1.50	11.4 0	20.4 0	19.3 0	36.20	14.13	0.90	36.20
2012	16.3 0	12.3 0	11.6 0	16.30	5.70	1.90	4.70	2.50	2.60	16.2 0	29.6 0	30.70	12.53	1.90	30.70
2013	7.90	13.8 0	14.7 0	13.60	1.90	4.70	5.50	14.10	2.40	13.4 0	11.1 0	19.90	10.25	1.90	19.90
Nº DE DATOS	25.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.00		
DESDEV. ESTANDAR	5.12	6.50	6.55	6.93	4.02	2.55	1.96	5.42	7.04	7.85	9.38	8.19			
COEF. VARIACIÓN	0.43	0.48	0.40	0.57	0.70	0.94	0.89	1.22	1.06	0.55	0.53	0.48			
PRECIP. PROM	11.9 0	13.4 4	16.5 6	12.10	5.75	2.72	2.21	4.45	6.63	14.1 6	17.7 1	17.16			

PRECIP. MÁX	28.0	29.6	35.4	27.20	15.0	9.00	5.50	25.00	33.0	38.4	48.7	36.20
	0	0	0		0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	
PRECIP. MÍN	4.70	2.40	8.70	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	2.80	7.20	5.20

Tabla 77

Registro histórico completado de precipitaciones-Estación Huánuco

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	HUÁNUCO			LONGITU D:	76°14'52.55"	LATITU D:	9°56'16.08"	ELEVACIÓ N:	1947 msnm						
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	13.8 0	20.1 0	8.70	18.60	4.20	0.00	4.20	1.50	7.40	3.60	10.7 0	11.60	8.70	0.00	20.10
1989	15.7 0	8.00	11.9 0	6.50	6.30	3.40	0.00	1.40	5.70	20.6 0	11.1 0	27.40	9.83	0.00	27.40
1990	11.5 0	6.10	15.1 0	20.10	13.0 0	4.70	1.30	4.50	2.80	21.3 0	18.0 0	12.00	10.87	1.30	21.30
1991	4.70	15.0 0	28.8 0	8.30	2.00	5.00	4.80	0.00	2.20	11.4 0	15.0 0	20.40	9.80	0.00	28.80
1992	8.50	29.6 0	15.6 0	5.40	0.00	3.60	0.00	25.00	2.00	38.4 0	24.9 0	9.80	13.57	0.00	38.40
1993	12.5 0	18.0 0	13.7 0	13.50	6.20	4.70	3.40	3.70	6.00	7.60	16.4 0	12.30	9.83	3.40	18.00
1994	15.4 6	8.70	10.9 0	24.00	15.0 0	0.00	0.00	0.00	20.5 0	19.0 0	7.20	20.60	11.78	0.00	24.00
1995	8.00	18.9 0	17.5 0	8.90	1.80	0.70	1.20	0.40	3.00	8.90	13.9 0	12.30	7.96	0.40	18.90
1996	13.5 0	9.10	15.9 0	17.10	10.4 0	0.01	0.10	3.50	1.40	9.30	15.1 0	8.10	8.63	0.01	17.10
1997	10.5 0	6.60	11.4 0	10.60	4.20	1.90	0.00	4.10	5.30	8.30	11.2 0	7.80	6.83	0.00	11.40
1998	17.9 0	16.5 0	27.5 0	1.00	2.70	1.80	0.00	1.50	3.20	13.4 0	26.0 0	7.20	9.89	0.00	27.50

1999	13.1 0	28.0 0	15.2 0	5.40	9.20	8.10	4.70	0.60	33.0 0	5.60	10.7 0	13.70	12.28	0.60	33.00
2000	10.8 0	14.2 0	14.6 0	7.70	5.30	7.30	2.40	12.10	4.00	2.80	20.3 0	19.30	10.07	2.40	20.30
2001	11.3 0	8.90	10.6 0	25.70	7.40	0.80	3.20	5.00	2.00	10.0 0	48.7 0	10.80	12.03	0.80	48.70
2002	13.0 0	19.4 0	14.9 0	27.20	9.70	2.10	5.20	1.30	2.80	22.9 0	7.80	5.20	10.96	1.30	27.20
2003	12.3 0	6.40	9.40	14.90	3.00	0.10	0.10	6.90	4.40	12.5 0	23.0 0	18.10	9.26	0.10	23.00
2004	7.60	8.10	11.9 0	10.50	11.7 0	1.40	2.10	4.60	11.3 0	6.40	13.0 0	17.60	8.85	1.40	17.60
2005	5.90	16.6 0	25.5 0	2.40	0.60	0.01	0.80	7.50	3.50	11.0 0	8.70	20.10	8.55	0.01	25.50
2006	28.0 0	11.3 0	18.9 0	8.30	1.90	3.60	1.60	2.00	7.20	18.9 0	21.7 0	18.20	11.80	1.60	28.00
2007	8.70	2.40	12.3 0	7.50	5.30	1.20	3.30	2.90	2.30	25.8 0	13.7 0	27.30	9.39	1.20	27.30
2008	7.90	12.5 0	16.6 0	15.80	2.70	1.80	0.10	0.70	14.2 0	11.7 0	33.1 0	30.60	12.31	0.10	33.10
2009	19.6 0	10.0 0	19.4 0	10.60	7.30	9.00	4.00	3.40	2.30	16.8 0	8.50	9.10	10.00	2.30	19.60
2010	4.90	17.4 0	22.6 0	6.80	2.40	1.20	3.80	5.00	9.60	12.0 0	21.8 0	19.90	10.62	1.20	22.60
2011	13.6 0	11.6 0	35.4 0	8.00	9.50	1.80	0.90	1.50	11.4 0	20.4 0	19.3 0	36.20	14.13	0.90	36.20
2012	16.3 0	12.3 0	11.6 0	16.30	5.70	1.90	4.70	2.50	2.60	16.2 0	29.6 0	30.70	12.53	1.90	30.70
2013	7.90	13.8 0	14.7 0	13.60	1.90	4.70	5.50	14.10	2.40	13.4 0	11.1 0	19.90	10.25	1.90	19.90
N° DE DATOS	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00			
DESV. ESTANDAR	5.06	6.50	6.55	6.93	4.02	2.55	1.96	5.42	7.04	7.85	9.38	8.19			

COEF. VARIACIÓN	0.42	0.48	0.40	0.57	0.70	0.94	0.89	1.22	1.06	0.55	0.53	0.48
PRECIP. PROM	12.0 4	13.4 4	16.5 6	12.10	5.75	2.72	2.21	4.45	6.63	14.1 6	17.7 1	17.16
PRECIP. MÁX	28.0 0	29.6 0	35.4 0	27.20	15.0 0	9.00	5.50	25.00	33.0 0	38.4 0	48.7 0	36.20
PRECIP. MÍN	4.70	2.40	8.70	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	2.80	7.20	5.20

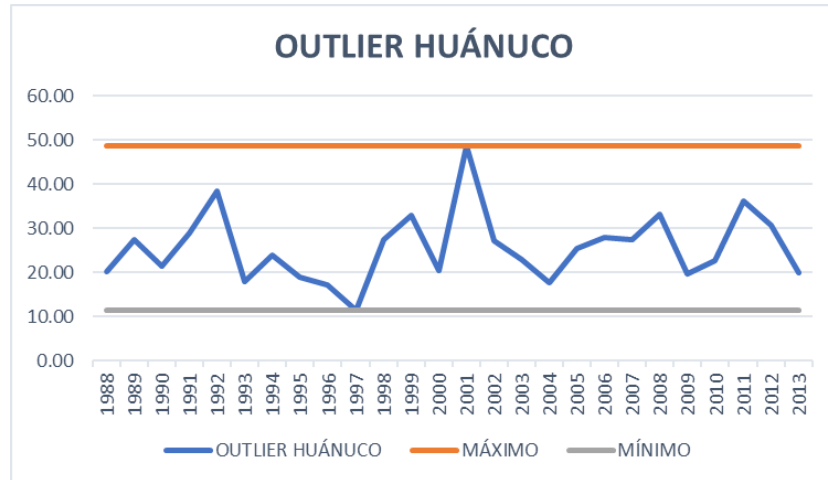
Tabla 78*Prueba Outlier de la estación Huánuco*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	665.60	36.11
VALOR MÁXIMO	48.70	1.69
VALOR MÍNIMO	11.40	1.06
MEDIA	25.60	1.39
VARIANZA	63.17	0.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.95	0.13
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.31	0.10
COEFICIENTE DE SESGO	0.96	-0.09
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.72
PH	52.59 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.06
PH	11.40 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Figura 46

Gráfica Outlier-Estación Huánuco



2002	10.2 0	16.0 0	20.2 0	9.60	11.4 0	2.70	17.6 0	0.70	7.00	29.9 0	12.0 0	25.00	13.53	0.70	29.90
2003	7.50	8.60	15.2 0	52.90	1.90	7.20	0.00	22.80	9.40	6.70	27.3 0	18.60	14.84	0.00	52.90
2004	29.6 0	16.3 0	20.2 0	10.80	15.0 0	8.00	3.00	4.30	27.4 0	22.8 0	24.1 0		16.50	3.00	29.60
2005	9.90	32.0 0	25.9 0		1.30	0.00	1.90	9.30	10.6 0	13.0 0	16.1 0	10.10	11.83	0.00	32.00
2006	13.9 0	13.7 0	12.7 0	9.00	0.60	5.30	5.60	5.80	16.3 0	16.5 0	28.8 0	15.70	11.99	0.60	28.80
2007	22.5 0	11.1 0	25.8 0	6.80	6.80	0.70	31.9 0	3.50	12.0 0	17.1 0	12.0 0	22.60	14.40	0.70	31.90
2008	17.0 0	28.2 0	8.60	6.10	6.30	6.10	1.20	1.80	42.1 0	15.3 0	24.5 0	17.60	14.57	1.20	42.10
2009	16.1 0	17.6 0	25.5 0	14.70	14.7 0	3.60	7.10	4.90	9.30	12.7 0	16.3 0	22.90	13.78	3.60	25.50
2010	25.1 0	19.8 0	20.9 0	20.80	17.5 0	4.40	7.70	5.40	3.90	11.8 0	9.00	23.00	14.11	3.90	25.10
2011	16.4 0	18.2 0	10.4 0	21.80	14.4 0	0.80	1.40	4.50	10.3 0	20.1 0	12.2 0	16.10	12.22	0.80	21.80
2012	13.2 0	19.5 0	15.3 0	24.30	5.00	6.10	1.70	6.40	1.90	14.8 0	21.3 0	33.50	13.58	1.70	33.50
2013	15.6 0	24.8 0	15.9 0	12.20	4.70	9.90			9.10	24.6 0	27.0 0	41.10	18.49	4.70	41.10
N° DE DATOS	24.0 0	24.0 0	24.0 0	22.00	23.0 0	23.0 0	22.0 0	21.00	21.0 0	22.0 0	22.0 0	22.00			
DESV. ESTANDAR	8.08	7.42	6.34	18.79	5.60	4.28	7.26	5.05	9.12	6.72	8.91	12.00			
COEF. VARIACIÓN	0.44	0.37	0.34	1.01	0.81	0.87	1.59	0.83	0.73	0.44	0.49	0.50			
PRECIP. PROM	18.5 4	19.8 7	18.6 7	18.58	6.95	4.92	4.56	6.10	12.4 5	15.3 7	18.2 2	23.83			
PRECIP. MÁX	42.7 0	38.5 0	36.8 0	90.00	18.5 0	14.5 0	31.9 0	22.80	42.1 0	29.9 0	41.8 0	56.70			
PRECIP. MÍN	7.50	8.60	8.60	6.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	3.50	5.90	5.00			

Tabla 80

Registro histórico completado de precipitaciones-Estación San Rafael

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	SAN RAFAEL			LONGITU D:	76°10'35.70"			LATITU D:	10°19'45.03"			ELEVACIÓ N:	2699 msnm		
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	42.7 0	24.5 0	16.0 0	14.50	1.60	0.00	0.00	2.56	14.2 8	9.28	18.5 2	13.59	13.13	0.00	42.70
1989	17.3 5	16.6 8	15.4 5	11.29	5.80	7.96	2.71	9.93	13.7 2	17.3 8	38.4 7	22.35	14.92	2.71	38.47
1990	16.6 0	13.0 0	18.0 0	90.00	0.00	0.00	4.10	0.00	1.50	10.7 0	6.80	5.00	13.81	0.00	90.00
1991	14.0 0	12.0 0	13.0 0	11.27	5.65	4.94	4.45	4.21	9.03	14.2 6	20.0 4	18.58	10.95	4.21	20.04
1992	13.0 3	25.7 7	15.0 5	10.61	6.84	5.98	2.58	18.14	7.71	6.40	8.00	7.00	10.59	2.58	25.77
1993	8.00	10.0 0	12.2 0	7.00	2.00	1.00	3.50	4.20	11.1 3	17.0 5	19.4 7	40.00	11.30	1.00	40.00
1994	23.2 0	38.5 0	20.1 0	12.80	5.40	0.80	0.00	2.10	11.0 0	15.8 0	9.40	31.20	14.19	0.00	38.50
1995	25.5 0	30.0 0	36.8 0	16.00	18.5 0	13.0 0	1.50	3.50	18.0 0	22.0 0	26.3 0	31.70	20.23	1.50	36.80
1996	18.0 0	17.4 0	22.8 0	22.20	8.00	6.00	0.90	3.70	21.1 0	3.50	19.5 0	16.00	13.26	0.90	22.80
1997	13.0 0	18.6 0	10.2 0	12.20	4.50	0.00	0.00	7.00	8.70	22.4 0	14.3 0	56.70	13.97	0.00	56.70
1998	29.4 0	27.5 0	22.5 0	7.20	4.40	7.80	0.00	5.10	6.20	19.8 0	19.0 0	24.60	14.46	0.00	29.40
1999	17.3 0	21.0 0	21.6 0	9.00	7.90	9.70	2.40	12.80	14.3 0	6.60	19.2 0	14.70	13.04	2.40	21.60
2000	15.9 0	19.8 0	20.7 0	12.80	2.90	14.5 0	3.50	12.30	12.2 0	9.40	5.90	25.10	12.92	2.90	25.10

2001	24.4 0	18.8 0	17.6 0	16.00	5.10	5.60	5.30	7.90	9.20	16.2 0	41.8 0	26.10	16.17	5.10	41.80
2002	10.2 0	16.0 0	20.2 0	9.60	11.4 0	2.70	17.6 0	0.70	7.00	29.9 0	12.0 0	25.00	13.53	0.70	29.90
2003	7.50	8.60	15.2 0	52.90	1.90	7.20	0.00	22.80	9.40	6.70	27.3 0	18.60	14.84	0.00	52.90
2004	29.6 0	16.3 0	20.2 0	10.80	15.0 0	8.00	3.00	4.30	27.4 0	22.8 0	24.1 0	18.92	16.70	3.00	29.60
2005	9.90	32.0 0	25.9 0	4.26	1.30	0.00	1.90	9.30	10.6 0	13.0 0	16.1 0	10.10	11.20	0.00	32.00
2006	13.9 0	13.7 0	12.7 0	9.00	0.60	5.30	5.60	5.80	16.3 0	16.5 0	28.8 0	15.70	11.99	0.60	28.80
2007	22.5 0	11.1 0	25.8 0	6.80	6.80	0.70	31.9 0	3.50	12.0 0	17.1 0	12.0 0	22.60	14.40	0.70	31.90
2008	17.0 0	28.2 0	8.60	6.10	6.30	6.10	1.20	1.80	42.1 0	15.3 0	24.5 0	17.60	14.57	1.20	42.10
2009	16.1 0	17.6 0	25.5 0	14.70	14.7 0	3.60	7.10	4.90	9.30	12.7 0	16.3 0	22.90	13.78	3.60	25.50
2010	25.1 0	19.8 0	20.9 0	20.80	17.5 0	4.40	7.70	5.40	3.90	11.8 0	9.00	23.00	14.11	3.90	25.10
2011	16.4 0	18.2 0	10.4 0	21.80	14.4 0	0.80	1.40	4.50	10.3 0	20.1 0	12.2 0	16.10	12.22	0.80	21.80
2012	13.2 0	19.5 0	15.3 0	24.30	5.00	6.10	1.70	6.40	1.90	14.8 0	21.3 0	33.50	13.58	1.70	33.50
2013	15.6 0	24.8 0	15.9 0	12.20	4.70	9.90	10.8 0	11.18	9.10	24.6 0	27.0 0	41.10	17.24	4.70	41.10
Nº DE DATOS	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.00		
DESDEV. ESTANDAR	7.82	7.24	6.16	17.59	5.26	4.06	6.80	5.30	8.26	6.30	9.08	11.25			
COEF. VARIACIÓN	0.43	0.36	0.33	1.03	0.77	0.80	1.46	0.79	0.68	0.41	0.47	0.49			
PRECIP. PROM	18.2 8	19.9 8	18.4 1	17.16	6.85	5.08	4.65	6.69	12.2 1	15.2 3	19.1 3	22.99			

PRECIP. MÁX	42.7	38.5	36.8	90.00	18.5	14.5	31.9	22.80	42.1	29.9	41.8	56.70
	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
PRECIP. MÍN	7.50	8.60	8.60	4.26	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	3.50	5.90	5.00

Tabla 81*Prueba Outlier de la estación San Rafael*

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	923.88	39.62
VALOR MÁXIMO	90.00	1.95
VALOR MÍNIMO	20.04	1.30
MEDIA	35.53	1.52
VARIANZA	211.94	0.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	14.56	0.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.41	0.10
COEFICIENTE DE SESGO	2.26	0.91
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.89
PH	78.48 mm
CONCLUSIÓN	EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.15
PH	14.21 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Figura 47

Gráfica Outlier-Estación San Rafael

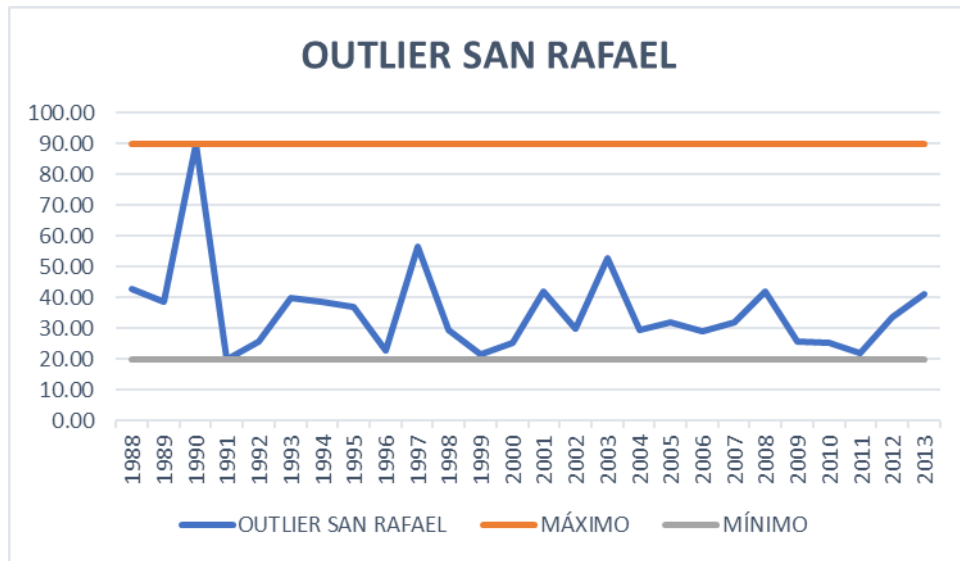


Tabla 82

Registro histórico de precipitaciones-Estación Tingo María

ESTACIÓN:	DATOS DE PLUVIOMETRÍA														
	TINGO MARÍA			LONGITU D:	76°00'1.80"	LATITU D:	9°18'36.6"	ELEVACIÓ N:	657 msnm						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NO V	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	79.00	56.60	42.20	89.00	53.00	20.6 0	31.8 0	3.70	60.80	66.70	64.0 0	44.00	50.95	3.70	89.00
1989	58.40	94.40	85.00	84.80	18.70	35.0 0	36.8 0	52.00	43.00	58.20	67.0 0	34.00	55.61	18.70	94.40
1990	76.70	67.00	41.20	33.00	70.00	47.2 0	60.0 0	36.50	30.20	60.50	52.5 0	86.30	55.09	30.20	86.30
1991	98.40	21.30	58.40	67.80	32.40	33.2 0	27.9 0	16.50	20.50	42.70	68.8 0	72.50	46.70	16.50	98.40
1992	49.60	79.30	55.20	90.00	77.70	56.8 0	20.0 0	58.00	56.20	85.00	98.3 0	98.00	68.68	20.00	98.30
1993	104.0 0	25.00	27.50	62.00	43.40	36.3 0	48.3 0	40.50	55.90	90.50	80.7 0	97.40	59.29	25.00	104.00
1994	133.0 0	84.80	46.50	94.30	71.30	34.3 0	67.4 0	21.90	58.10	82.30	45.7 0	149.20	74.07	21.90	149.20
1995	82.30	98.40	83.70	36.20	36.30	45.3 0	44.2 0	16.90	44.50	75.30	51.3 0	70.70	57.09	16.90	98.40
1996	68.70	75.30	32.20	76.00	63.90	50.0 0	21.0 0	30.00	54.50	53.00	78.0 0	44.60	53.93	21.00	78.00
1997	55.00	39.70	60.40	51.00	50.00	33.7 0	51.3 0	23.70	76.20	33.60	68.0 0	99.80	53.53	23.70	99.80
1998	52.50	87.00	74.50	63.30	156.0 0	83.0 0	16.4 0	27.50	36.90	97.10	72.2 0	54.80	68.43	16.40	156.00
1999	57.10	78.30	82.60	66.30	116.5 0	52.2 0	48.0 0	22.30	22.70	26.10	71.8 0	94.00	61.49	22.30	116.50
2000	88.50	64.50	54.60	24.10	20.90	60.9 0	85.6 0	20.50	32.80	53.40	51.7 0	65.40	51.91	20.50	88.50

2001	95.90	45.80	71.80	38.70	67.70	28.3 0	43.3 0	7.40	88.30	35.50	79.0 0	43.90	53.80	7.40	95.90
2002	72.20	78.80	123.1 0	72.70	64.70	46.9 0	40.7 0	28.90	61.30	46.00	65.2 0	60.40	63.41	28.90	123.10
2003	33.80	106.0 0	51.70	54.60	149.7 0	94.6 0	23.5 0	57.10	58.40	111.2 0	86.0 0	103.30	77.49	23.50	149.70
2004	64.10	67.80	80.00	50.00	38.10	13.8 0	79.6 0	27.50	33.40	48.50	68.2 0	46.10	51.43	13.80	80.00
2005	48.80	92.60	94.70	23.30	37.50	43.7 0	37.5 0	25.70	54.30	58.70	66.8 0	97.50	56.76	23.30	97.50
2006	54.80	108.0 0	53.00	80.50	41.90	20.5 0	42.0 0	30.60	68.10	68.90	96.0 0	64.50	60.73	20.50	108.00
2007	70.50	35.00	69.80	51.50	35.80	4.90	35.5 0	29.10	27.80	48.30	61.8 0	60.90	44.24	4.90	70.50
2008	69.50	88.60	65.50	31.70	34.90	26.5 0	35.0 0	14.50	24.60	95.80	28.8 0	32.90	45.69	14.50	95.80
2009	78.20	53.00	48.50	55.50	65.60	27.4 0	35.5 0	34.80		34.40	41.8 0	56.70	48.31	27.40	78.20
2010	46.00	64.40	69.90	30.30	23.70	26.9 0	55.7 0	22.00	45.30	51.40	68.4 0	66.30	47.53	22.00	69.90
2011	105.0 0	66.30	85.30	64.00	44.00	37.6 0	21.7 0	26.00	79.60	47.20	60.5 0	38.80	56.33	21.70	105.00
2012	58.90	51.50	103.7 0	52.20	43.00	33.7 0	9.60	15.80	28.80	55.10	48.5 0	61.60	46.87	9.60	103.70
2013	98.00	104.5 0	65.30	115.00	32.40	59.7 0	18.8 0	37.80	121.0 0	69.20	44.2 0	53.00	68.24	18.80	121.00
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.0 0	26.0 0	26.00	25.00	26.00	26.0 0	26.00			
DESV. ESTANDAR	22.84	24.48	22.23	23.63	35.25	19.8 5	18.9 0	13.41	23.53	21.87	16.4 3	27.29			
COEF. VARIACIÓN	0.31	0.35	0.33	0.39	0.62	0.49	0.47	0.48	0.46	0.36	0.25	0.39			
PRECIP. PROM	73.03	70.53	66.40	59.92	57.27	40.5 0	39.8 9	27.97	51.33	61.33	64.8 2	69.10			

PRECIP. MÁX	133.0 0	108.0 0	123.1 0	115.00	156.0 0	94.6 0	85.6 0	58.00	121.0 0	111.2 0	98.3 0	149.20
PRECIP. MÍN	33.80	21.30	27.50	23.30	18.70	4.90	9.60	3.70	20.50	26.10	28.8 0	32.90

Tabla 83

Registro histórico completado de precipitaciones-Estación Tingo María

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	TINGO MARÍA			LONGITU D:	76°00'1.80"			LATITU D:	9°18'36.6"			ELEVACIÓ N:	657 msnm		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NO V	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	79.00	56.60	42.20	89.00	53.00	20.6 0	31.8 0	3.70	60.80	66.70	64.0 0	44.00	50.95	3.70	89.00
1989	58.40	94.40	85.00	84.80	18.70	35.0 0	36.8 0	52.00	43.00	58.20	67.0 0	34.00	55.61	18.70	94.40
1990	76.70	67.00	41.20	33.00	70.00	47.2 0	60.0 0	36.50	30.20	60.50	52.5 0	86.30	55.09	30.20	86.30
1991	98.40	21.30	58.40	67.80	32.40	33.2 0	27.9 0	16.50	20.50	42.70	68.8 0	72.50	46.70	16.50	98.40
1992	49.60	79.30	55.20	90.00	77.70	56.8 0	20.0 0	58.00	56.20	85.00	98.3 0	98.00	68.68	20.00	98.30
1993	104.0 0	25.00	27.50	62.00	43.40	36.3 0	48.3 0	40.50	55.90	90.50	80.7 0	97.40	59.29	25.00	104.00
1994	133.0 0	84.80	46.50	94.30	71.30	34.3 0	67.4 0	21.90	58.10	82.30	45.7 0	149.20	74.07	21.90	149.20
1995	82.30	98.40	83.70	36.20	36.30	45.3 0	44.2 0	16.90	44.50	75.30	51.3 0	70.70	57.09	16.90	98.40
1996	68.70	75.30	32.20	76.00	63.90	50.0 0	21.0 0	30.00	54.50	53.00	78.0 0	44.60	53.93	21.00	78.00
1997	55.00	39.70	60.40	51.00	50.00	33.7 0	51.3 0	23.70	76.20	33.60	68.0 0	99.80	53.53	23.70	99.80

1998	52.50	87.00	74.50	63.30	156.0 0	83.0 0	16.4 0	27.50	36.90	97.10	72.2 0	54.80	68.43	16.40	156.00
1999	57.10	78.30	82.60	66.30	116.5 0	52.2 0	48.0 0	22.30	22.70	26.10	71.8 0	94.00	61.49	22.30	116.50
2000	88.50	64.50	54.60	24.10	20.90	60.9 0	85.6 0	20.50	32.80	53.40	51.7 0	65.40	51.91	20.50	88.50
2001	95.90	45.80	71.80	38.70	67.70	28.3 0	43.3 0	7.40	88.30	35.50	79.0 0	43.90	53.80	7.40	95.90
2002	72.20	78.80	123.1 0	72.70	64.70	46.9 0	40.7 0	28.90	61.30	46.00	65.2 0	60.40	63.41	28.90	123.10
2003	33.80	106.0 0	51.70	54.60	149.7 0	94.6 0	23.5 0	57.10	58.40	111.2 0	86.0 0	103.30	77.49	23.50	149.70
2004	64.10	67.80	80.00	50.00	38.10	13.8 0	79.6 0	27.50	33.40	48.50	68.2 0	46.10	51.43	13.80	80.00
2005	48.80	92.60	94.70	23.30	37.50	43.7 0	37.5 0	25.70	54.30	58.70	66.8 0	97.50	56.76	23.30	97.50
2006	54.80	108.0 0	53.00	80.50	41.90	20.5 0	42.0 0	30.60	68.10	68.90	96.0 0	64.50	60.73	20.50	108.00
2007	70.50	35.00	69.80	51.50	35.80	4.90	35.5 0	29.10	27.80	48.30	61.8 0	60.90	44.24	4.90	70.50
2008	69.50	88.60	65.50	31.70	34.90	26.5 0	35.0 0	14.50	24.60	95.80	28.8 0	32.90	45.69	14.50	95.80
2009	78.20	53.00	48.50	55.50	65.60	27.4 0	35.5 0	34.80	36.53	34.40	41.8 0	56.70	47.33	27.40	78.20
2010	46.00	64.40	69.90	30.30	23.70	26.9 0	55.7 0	22.00	45.30	51.40	68.4 0	66.30	47.53	22.00	69.90
2011	105.0 0	66.30	85.30	64.00	44.00	37.6 0	21.7 0	26.00	79.60	47.20	60.5 0	38.80	56.33	21.70	105.00
2012	58.90	51.50	103.7 0	52.20	43.00	33.7 0	9.60	15.80	28.80	55.10	48.5 0	61.60	46.87	9.60	103.70
2013	98.00	104.5 0	65.30	115.00	32.40	59.7 0	18.8 0	37.80	121.0 0	69.20	44.2 0	53.00	68.24	18.80	121.00
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.0 0	26.0 0	26.00	26.00	26.00	26.0 0	26.00			

DESV. ESTANDAR	22.84	24.48	22.23	23.63	35.25	19.8 5	18.9 0	13.41	23.23	21.87	16.4 3	27.29
COEF. VARIACIÓN	0.31	0.35	0.33	0.39	0.62	0.49	0.47	0.48	0.46	0.36	0.25	0.39
PRECIP. PROM	73.03	70.53	66.40	59.92	57.27	40.5 0	39.8 9	27.97	50.76	61.33	64.8 2	69.10
PRECIP. MÁX	133.0 0	108.0 0	123.1 0	115.00	156.0 0	94.6 0	85.6 0	58.00	121.0 0	111.2 0	98.3 0	149.20
PRECIP. MÍN	33.80	21.30	27.50	23.30	18.70	4.90	9.60	3.70	20.50	26.10	28.8 0	32.90

Tabla 84

Prueba Outlier de la estación Tingo María

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

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

Figura 48

Gráfica Outlier-Estación Tingo María

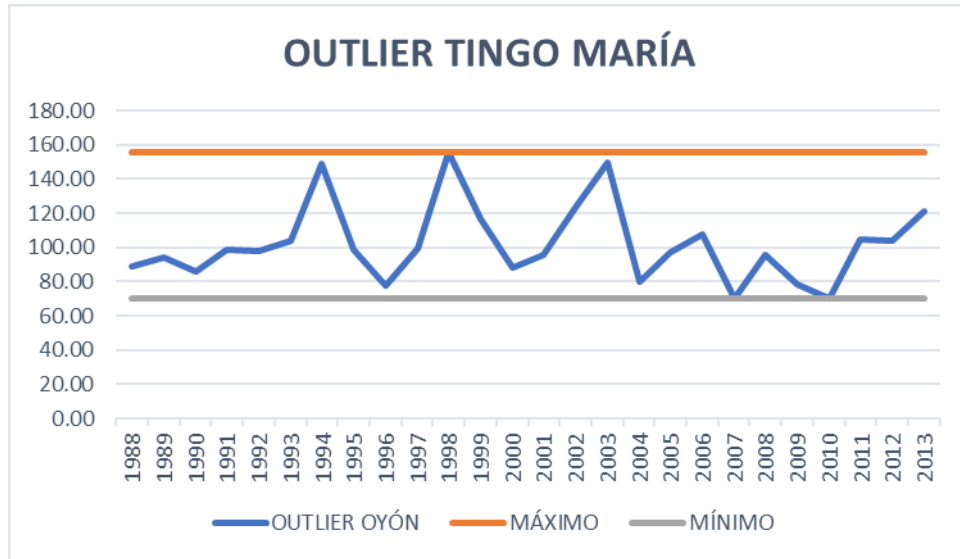


Tabla 85

Registro histórico de precipitaciones-Sistema PISCO

ESTACIÓN:	DATOS DE PLUVIOMETRÍA												PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
	SISTEMA PISCO	LONGITU D:	76°13'54.08"	LATITU D:	9°44'35.11"	ELEVACIÓ N:	-								
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
1988	22.5 3	29.7 5	16.2 4	16.26	9.47	0.47	0.45	19.03	7.09	8.21	13.6 7	24.54	13.98	0.45	29.75
1989	29.0 7	18.5 6	17.9 5	17.79	11.7 3	4.28	4.80	7.69	20.3 1	10.0 8	14.2 5	16.06	14.38	4.28	29.07
1990	17.5 4	17.9 9	14.0 5	19.73	6.54	2.40	6.73	5.75	9.43	16.5 7	19.2 7	19.74	12.98	2.40	19.74
1991	26.8 7	24.6 3	19.0 1	19.36	14.8 8	3.62	7.80	9.59	12.6 9	15.6 7	17.5 5	21.82	16.12	3.62	26.87
1992	17.9 2	22.5 9	14.7 6	23.58	5.44	4.94	13.6 6	10.81	14.0 9	11.1 4	16.6 5	23.62	14.93	4.94	23.62
1993	15.9 9	28.9 8	12.6 9	22.81	11.2 5	0.93	1.99	6.84	8.73	8.54	15.1 9	17.44	12.61	0.93	28.98
1994	19.8 6	17.0 2	15.8 8	27.39	3.96	3.19	1.68	7.82	5.91	10.6 3	18.0 5	26.16	13.13	1.68	27.39
1995	44.2 7	17.6 8	15.3 3	16.83	2.95	3.33	3.79	7.88	9.10	9.33	28.3 9	12.83	14.31	2.95	44.27
1996	18.1 9	19.4 4	8.09	21.44	4.93	5.12	2.61	12.84	11.7 2	7.93	10.0 1	16.44	11.56	2.61	21.44
1997	11.4 4	26.9 9	11.6 7	23.02	3.50	4.94	4.24	6.39	6.27	8.63	9.82	20.17	11.42	3.50	26.99
1998	33.9 3	19.6 6	19.4 8	8.78	4.55	2.71	1.96	6.34	6.07	12.4 4	17.8 6	22.26	13.00	1.96	33.93
1999	17.5 0	25.1 0	14.3 7	12.96	4.14	2.52	5.35	8.39	6.09	8.51	12.6 2	13.11	10.89	2.52	25.10
2000	21.1 1	15.8 2	18.9 9	14.33	4.18	3.03	3.30	8.43	4.62	11.9 2	12.1 5	20.78	11.55	3.03	21.11

2001	28.5 6	19.9 5	14.4 6	29.15	3.38	2.18	2.81	5.48	8.00	9.38	10.0 4	25.99	13.28	2.18	29.15
2002	12.3 8	16.5 7	12.2 2	18.27	5.39	3.13	2.89	2.94	6.46	15.4 7	8.68	13.56	9.83	2.89	18.27
2003	17.6 0	17.3 3	22.0 4	13.66	7.81	1.80	1.68	16.25	12.4 0	8.35	13.8 1	20.11	12.74	1.68	22.04
2004	14.4 2	17.2 2	12.7 9	8.84	5.15	1.46	3.31	7.51	21.8 0	17.7 3	13.0 2	20.90	12.01	1.46	21.80
2005	33.7 5	15.9 9	10.1 6	19.31	3.52	0.70	5.94	5.45	12.7 3	12.9 8	10.8 3	22.56	12.83	0.70	33.75
2006	21.8 5	24.1 6	11.2 6	14.59	3.44	4.15	7.30	7.32	3.79	11.1 2	13.9 1	20.94	11.99	3.44	24.16
2007	12.3 0	17.4 3	19.0 4	15.75	4.66	1.84	3.12	6.07	5.95	8.97	11.1 5	19.93	10.52	1.84	19.93
2008	19.8 5	17.4 3	12.5 1	14.49	4.06	3.69	1.62	2.41	18.9 9	11.7 9	11.8 1	17.96	11.38	1.62	19.85
2009	20.8 9	9.84	10.2 4	26.18	3.89	4.47	8.64	8.05	13.7 2	7.05	14.3 2	15.68	11.91	3.89	26.18
2010	10.1 7	40.3 5	20.1 1	13.00	4.38	1.18	4.06	5.11	7.96	12.8 9	10.8 0	15.65	12.14	1.18	40.35
2011	15.3 1	16.4 1	7.97	14.75	5.61	4.77	5.36	4.26	9.22	11.7 4	10.2 3	17.61	10.27	4.26	17.61
2012	14.8 0	47.9 3	8.76	23.99	4.31	5.89	5.95	7.32	6.13	18.4 9	15.0 1	16.79	14.61	4.31	47.93
2013	16.3 9	17.8 3	18.2 8	8.43	2.82	5.98	6.44	20.16	5.66	29.6 0	7.48	11.11	12.51	2.82	29.60
Nº DE DATOS	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00	26.00		
DESDEV. ESTANDAR	8.00	8.09	3.97	5.66	3.02	1.59	2.84	4.37	4.86	4.76	4.29	4.05			
COEF. VARIACIÓN	0.39	0.37	0.27	0.32	0.54	0.50	0.63	0.53	0.50	0.39	0.31	0.21			
PRECIP. PROM	20.5 6	21.6 4	14.5 5	17.87	5.61	3.18	4.52	8.31	9.80	12.1 2	13.7 1	18.99			

PRECIP. MÁX	44.2 7	47.9 3	22.0 4	29.15	14.8 8	5.98	13.6 6	20.16	21.8 0	29.6 0	28.3 9	26.16
PRECIP. MÍN	10.1 7	9.84	7.97	8.43	2.82	0.47	0.45	2.41	3.79	7.05	7.48	11.11

Tabla 86

Prueba Outlier deL sistema PISCO

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	708.88	36.94
VALOR MÁXIMO	47.93	1.68
VALOR MÍNIMO	17.61	1.25
MEDIA	27.26	1.42
VARIANZA	59.73	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.73	0.11
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.28	0.08
COEFICIENTE DE SESGO	1.21	0.61
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.71
PH	50.71 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.14
PH	13.68 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Figura 49

Gráfica Outlier-Sistema PISCO

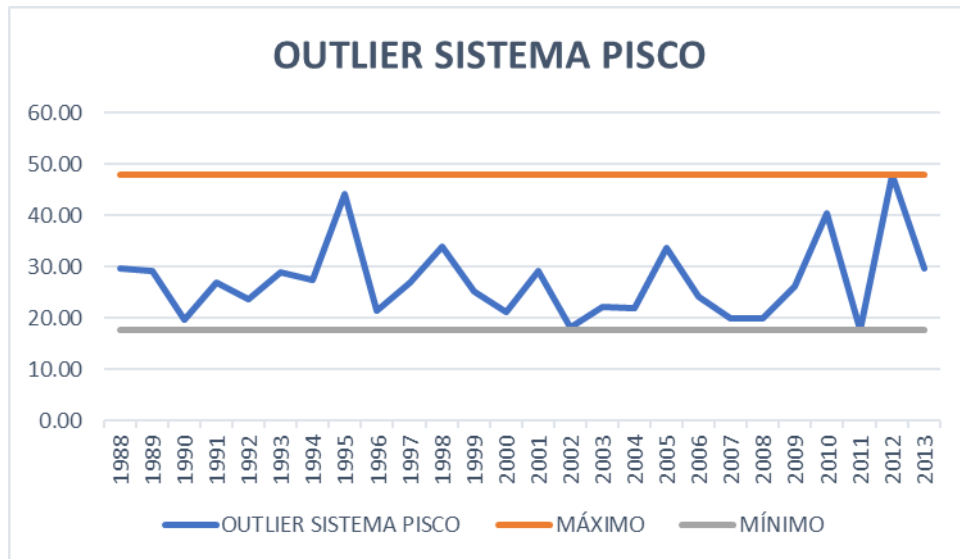


Figura 50

Análisis doble masa-Estación Canchán

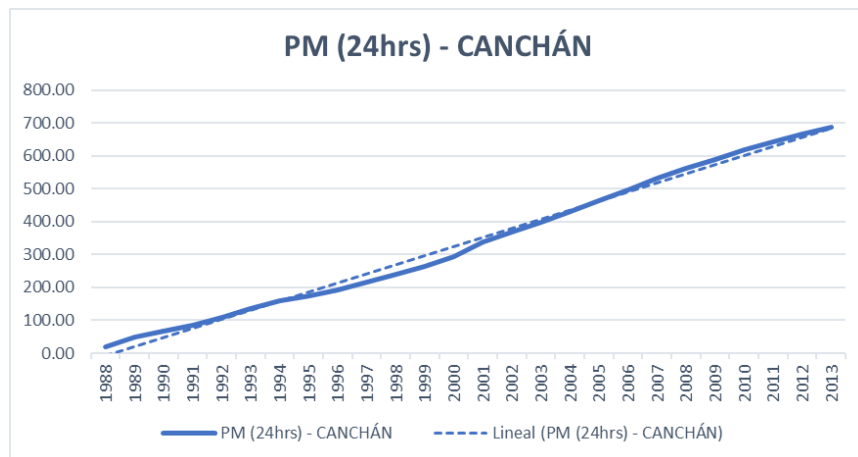


Figura 51

Análisis doble masa-Estación Huánuco

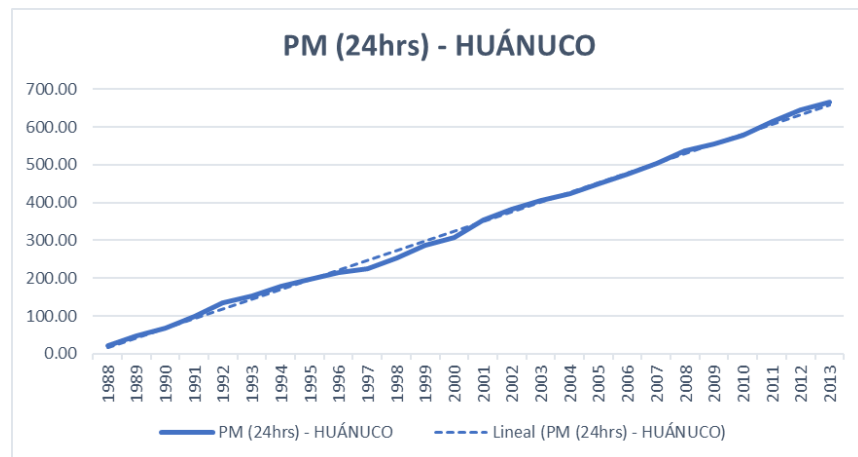


Figura 52

Análisis doble masa-Estación San Rafael

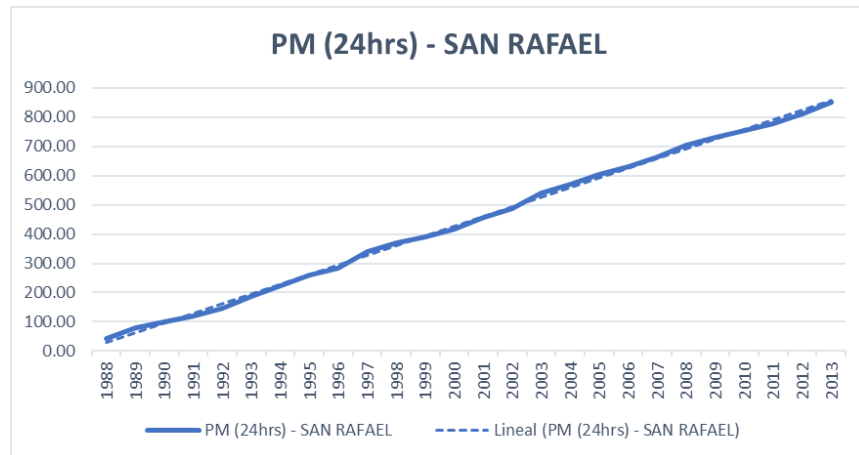


Figura 53

Análisis doble masa-Estación Tingo María

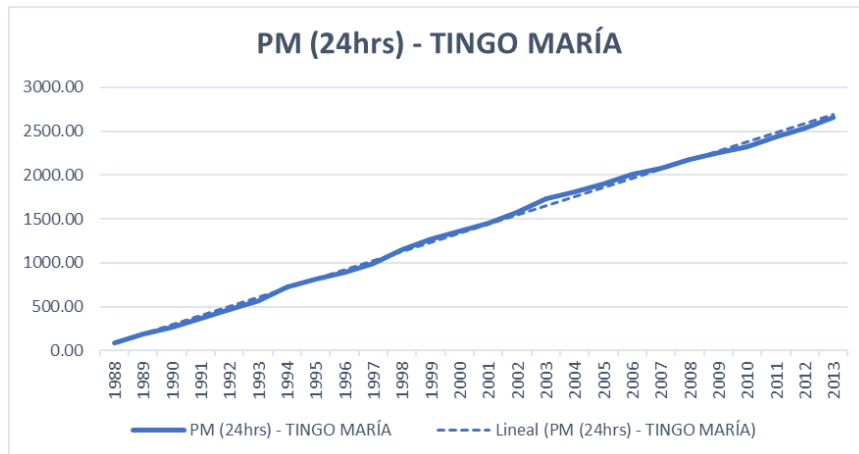


Figura 54

Análisis doble masa-Estación Tulumayo

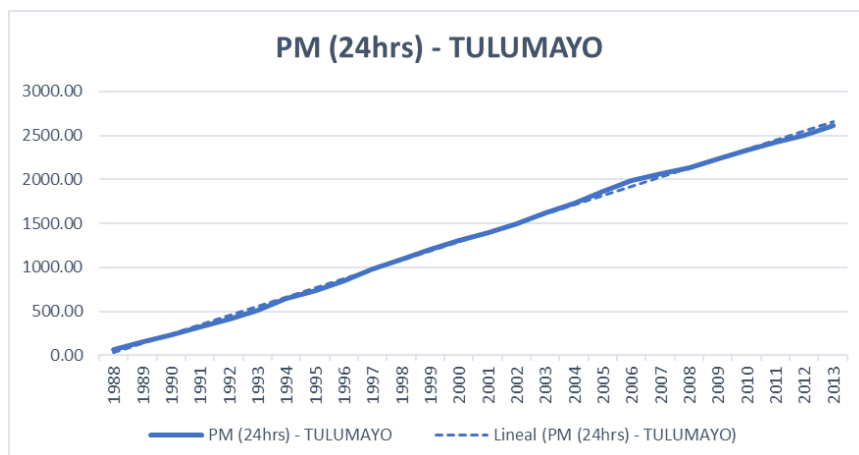


Tabla 87

Distribución Log Normal 2P

N	X	Y=LnX	P(x)	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	Z=(X- Xm)/S	f(z)	F(z)	Delta
1	21.7539	3.0798	0.0370			-2.3808	0.0078	0.0086	0.0284
2	23.5039	3.1572	0.0741			-1.8199	0.0235	0.0344	0.0397
3	24.3595	3.1929	0.1111			-1.5606	0.0351	0.0593	0.0518
4	26.2313	3.2670	0.1481			-1.0239	0.0653	0.1529	0.0048
5	26.6164	3.2815	0.1852			-0.9182	0.0713	0.1792	0.0059
6	26.7249	3.2856	0.2222			-0.8887	0.0729	0.1871	0.0352
7	27.3505	3.3087	0.2593			-0.7210	0.0815	0.2355	0.0238
8	28.0814	3.3351	0.2963			-0.5298	0.0895	0.2981	0.0018
9	29.4189	3.3816	0.3333			-0.1924	0.0965	0.4237	0.0904
10	29.8263	3.3954	0.3704			-0.0927	0.0966	0.4631	0.0927
11	29.8460	3.3961	0.4074			-0.0879	0.0965	0.4650	0.0576
12	29.9296	3.3988	0.4444			-0.0677	0.0964	0.4730	0.0286
13	29.9471	3.3994	0.4815			-0.0634	0.0964	0.4747	0.0068
14	30.2158	3.4084	0.5185	3.4082	0.1379	0.0013	0.0957	0.5005	0.0180
15	32.2162	3.4725	0.5556			0.4661	0.0805	0.6794	0.1239
16	32.3825	3.4776	0.5926			0.5034	0.0787	0.6927	0.1001
17	32.9892	3.4962	0.6296			0.6380	0.0715	0.7383	0.1086
18	33.3244	3.5063	0.6667			0.7113	0.0674	0.7615	0.0949
19	33.5188	3.5121	0.7037			0.7535	0.0650	0.7744	0.0707
20	33.6547	3.5162	0.7407			0.7828	0.0633	0.7831	0.0424
21	33.6752	3.5168	0.7778			0.7872	0.0630	0.7844	0.0066
22	33.9228	3.5241	0.8148			0.8403	0.0599	0.7996	0.0152
23	34.0806	3.5287	0.8519			0.8740	0.0579	0.8089	0.0429
24	35.3626	3.5657	0.8889			1.1417	0.0426	0.8732	0.0157
25	36.1644	3.5881	0.9259			1.3042	0.0342	0.9039	0.0220
26	37.3773	3.6211	0.9630			1.5434	0.0235	0.9386	0.0243

Figura 55

Distribución Log Normal 2P

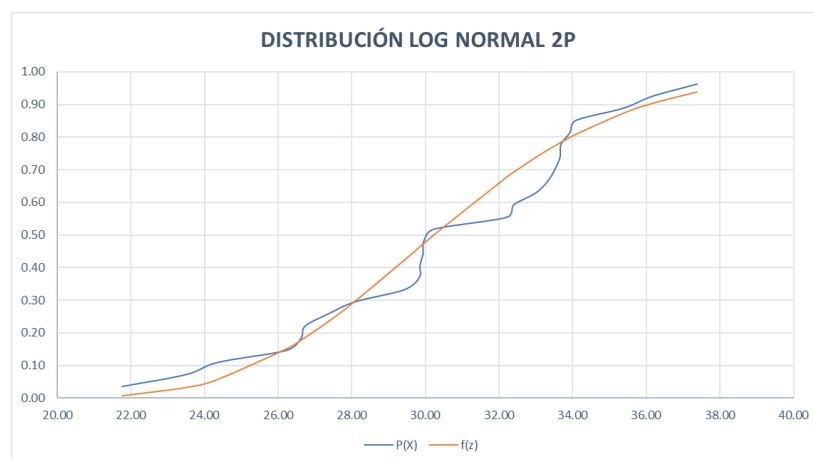


Tabla 88

Distribución Gamma 2P

N	x	Ln x	P(x)	Media X	Media Ln x	Y	Y	β	f(x)	F(x)	Δ
	21.753	3.079	0.037						0.007	0.009	0.027
1	9	8	0						7	3	8
	23.503	3.157	0.074						0.022	0.033	0.040
2	9	2	1						1	9	2
	24.359	3.192	0.111						0.032	0.057	0.053
3	5	9	1						9	2	9
	26.231	3.267	0.148						0.062	0.145	0.002
4	3	0	1						3	6	6
	26.616	3.281	0.185						0.068	0.170	0.014
5	4	5	2						5	8	4
	26.724	3.285	0.222						0.070	0.178	0.043
6	9	6	2						2	3	9
	27.350	3.308	0.259						0.079	0.225	0.034
7	5	7	3						5	2	1
	28.081	3.335	0.296						0.088	0.286	0.009
8	4	1	3						6	8	5
	29.418	3.381	0.333						0.098	0.412	0.079
9	9	6	3						2	9	6
1	29.826	3.395	0.370						0.099	0.453	0.082
0	3	4	4						0	1	7
1	29.846	3.396	0.407						0.099	0.455	0.047
1	0	1	4						1	1	6
1	29.929	3.398	0.444						0.099	0.463	0.018
2	6	8	4						1	3	9
1	29.947	3.399	0.481						0.099	0.465	0.016
3	1	4	5	30.479	3.408	0.008	56.466	0.539	1	1	4
1	30.215	3.408	0.518	8	2	9	9	8	0.098	0.491	0.026
4	8	4	5						9	7	8
1	32.216	3.472	0.555						0.085	0.678	0.123
5	2	5	6						1	8	3
1	32.382	3.477	0.592						0.083	0.692	0.100
6	5	6	6						2	8	2
1	32.989	3.496	0.629						0.075	0.741	0.111
7	2	2	6						7	0	4
1	33.324	3.506	0.666						0.071	0.765	0.099
8	4	3	7						3	7	0
1	33.518	3.512	0.703						0.068	0.779	0.075
9	8	1	7						6	3	6
2	33.654	3.516	0.740						0.066	0.788	0.047
0	7	2	7						8	5	7
2	33.675	3.516	0.777						0.066	0.789	0.012
1	2	8	8						5	8	1
2	33.922	3.524	0.814						0.063	0.805	0.008
2	8	1	8						1	9	9
2	34.080	3.528	0.851						0.060	0.815	0.036
3	6	7	9						9	7	2
2	35.362	3.565	0.888						0.044	0.882	0.006
4	6	7	9						0	7	2
2	36.164	3.588	0.925						0.034	0.914	0.011
5	4	1	9						5	1	8
2	37.377	3.621	0.963						0.022	0.948	0.014
6	3	1	0						7	5	5

Figura 56

Distribución Gamma 2P

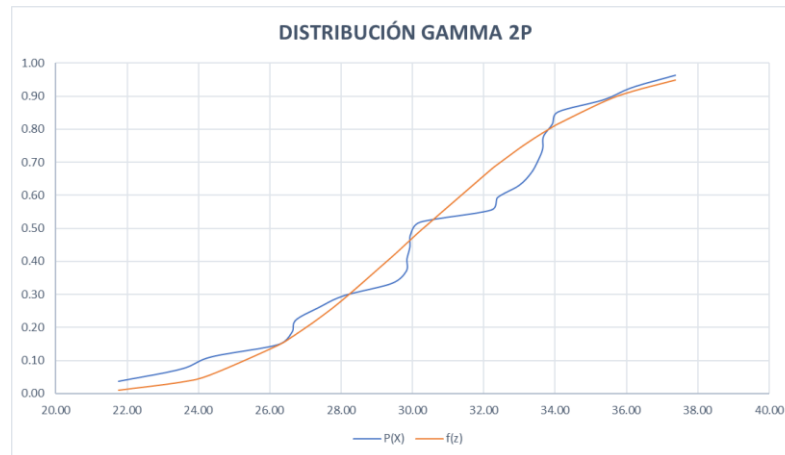


Tabla 89

Distribución de Gumbel

N	x	P(x)	Media (x)	S (x)	μ	α	f(x)	F(x)	Δ
1	21.75	0.0370					0.0000	0.0001	0.0369
2	23.50	0.0741					0.0016	0.0057	0.0683
3	24.36	0.1111					0.0056	0.0196	0.0915
4	26.23	0.1481					0.0325	0.1144	0.0338
5	26.62	0.1852					0.0418	0.1468	0.0383
6	26.72	0.2222					0.0446	0.1567	0.0655
7	27.35	0.2593					0.0623	0.2189	0.0403
8	28.08	0.2963					0.0854	0.3000	0.0037
9	29.42	0.3333					0.1296	0.4553	0.1220
10	29.83	0.3704					0.1426	0.5010	0.1306
11	29.85	0.4074					0.1432	0.5031	0.0957
12	29.93	0.4444					0.1458	0.5123	0.0679
13	29.95	0.4815					0.1463	0.5142	0.0327
14	30.22	0.5185	30.48	4.0328	28.6650	3.1444	0.1545	0.5430	0.0245
15	32.22	0.5556					0.2060	0.7238	0.1682
16	32.38	0.5926					0.2095	0.7360	0.1434
17	32.99	0.6296					0.2210	0.7766	0.1470
18	33.32	0.6667					0.2268	0.7967	0.1301
19	33.52	0.7037					0.2299	0.8077	0.1040
20	33.65	0.7407					0.2320	0.8150	0.0743
21	33.68	0.7778					0.2323	0.8161	0.0383
22	33.92	0.8148					0.2359	0.8287	0.0139
23	34.08	0.8519					0.2380	0.8364	0.0155
24	35.36	0.8889					0.2527	0.8880	0.0009
25	36.16	0.9259					0.2596	0.9120	0.0139
26	37.38	0.9630					0.2673	0.9393	0.0237

Figura 57

Distribución de Gumbel

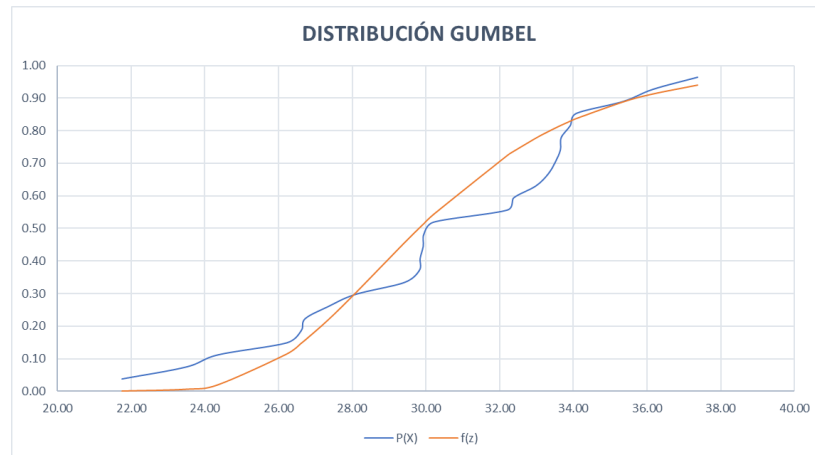


Tabla 90

Distribución Log de Gumbel

N	x	P(x)	Ln (x)	Media Ln (x)	S Ln(x)	μ	α	F(x)	Δ
1	21.75	0.0370	3.0798					0.0000	0.0370
2	23.50	0.0741	3.1572					0.0030	0.0710
3	24.36	0.1111	3.1929					0.0157	0.0954
4	26.23	0.1481	3.2670					0.1240	0.0242
5	26.62	0.1852	3.2815					0.1615	0.0237
6	26.72	0.2222	3.2856					0.1728	0.0494
7	27.35	0.2593	3.3087					0.2428	0.0165
8	28.08	0.2963	3.3351					0.3303	0.0340
9	29.42	0.3333	3.3816					0.4874	0.1541
10	29.83	0.3704	3.3954					0.5313	0.1609
11	29.85	0.4074	3.3961					0.5334	0.1260
12	29.93	0.4444	3.3988					0.5420	0.0976
13	29.95	0.4815	3.3994					0.5438	0.0624
14	30.22	0.5185	3.4084	3.4082	0.1379	3.3461	0.1075	0.5709	0.0524
15	32.22	0.5556	3.4725					0.7343	0.1787
16	32.38	0.5926	3.4776					0.7450	0.1524
17	32.99	0.6296	3.4962					0.7806	0.1509
18	33.32	0.6667	3.5063					0.7981	0.1314
19	33.52	0.7037	3.5121					0.8076	0.1039
20	33.65	0.7407	3.5162					0.8140	0.0733
21	33.68	0.7778	3.5168					0.8150	0.0372
22	33.92	0.8148	3.5241					0.8260	0.0112
23	34.08	0.8519	3.5287					0.8327	0.0191
24	35.36	0.8889	3.5657					0.8782	0.0107
25	36.16	0.9259	3.5881					0.9000	0.0260
26	37.38	0.9630	3.6211					0.9254	0.0376

Figura 58

Distribución Log de Gumbel

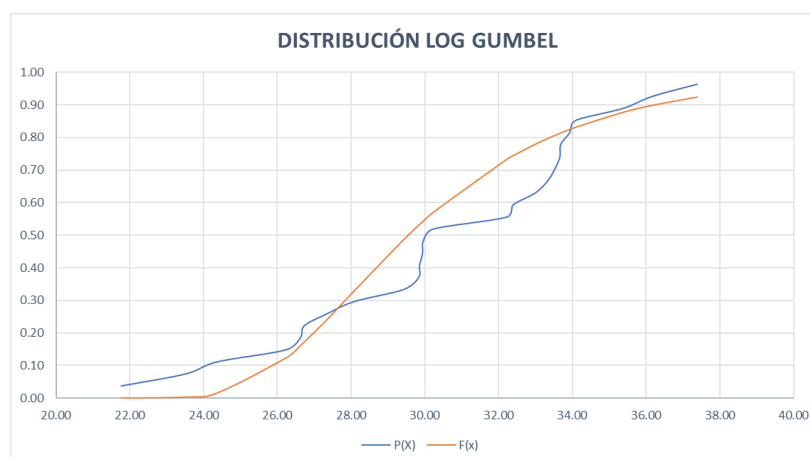


Tabla 91

Estimación de los valores de parámetros para un PR=2 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 2 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	10.3102	4.0943	2.3331	9.5527	16.7637
2	120	6.7501	4.7875	1.9096	9.1420	22.9201
3	180	5.2892	5.1930	1.6657	8.6497	26.9668
4	240	4.4580	5.4806	1.4947	8.1919	30.0374
5	300	3.9064	5.7038	1.3626	7.7721	32.5331
6	360	3.5057	5.8861	1.2544	7.3835	34.6462
7	480	2.9486	6.1738	1.0813	6.6759	38.1156
8	600	2.5687	6.3969	0.9434	6.0349	40.9207
9	720	2.2868	6.5793	0.8272	5.4421	43.2865
10	840	2.0667	6.7334	0.7259	4.8881	45.3387
11	960	1.8892	6.8669	0.6362	4.3685	47.1548
12	1080	1.7432	6.9847	0.5557	3.8817	48.7863
13	1200	1.6217	7.0901	0.4835	3.4279	50.2692
14	1320	1.5200	7.1854	0.4187	3.0086	51.6298
15	1440	1.4351	7.2724	0.3612	2.6270	52.8878
15	9900	52.2996	92.4282	16.0532	91.0464	582.2567
Ln(d)=		4.8818	d=	131.8726	n=	-0.6186

Tabla 92

Estimación de los valores de parámetros para un PR=5 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 5 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	11.4569	4.0943	2.4386	9.9844	16.7637
2	120	7.5008	4.7875	2.0150	9.6468	22.9201
3	180	5.8774	5.1930	1.7711	9.1974	26.9668
4	240	4.9538	5.4806	1.6002	8.7699	30.0374
5	300	4.3409	5.7038	1.4681	8.3736	32.5331
6	360	3.8956	5.8861	1.3598	8.0042	34.6462
7	480	3.2765	6.1738	1.1868	7.3270	38.1156
8	600	2.8544	6.3969	1.0489	6.7095	40.9207
9	720	2.5411	6.5793	0.9326	6.1359	43.2865
10	840	2.2965	6.7334	0.8314	5.5982	45.3387
11	960	2.0993	6.8669	0.7416	5.0926	47.1548
12	1080	1.9371	6.9847	0.6612	4.6183	48.7863
13	1200	1.8021	7.0901	0.5889	4.1756	50.2692

14	1320	1.6890	7.1854	0.5242	3.7663	51.6298
15	1440	1.5947	7.2724	0.4667	3.3940	52.8878
15	9900	58.1164	92.4282	17.6351	100.7937	582.2567
Ln(d)= 4.9873		d= 146.5395		n= -0.6186		

Tabla 93

Estimación de los valores de parámetros para un PR=10 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 10 AÑOS						
Nº	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X) ²
1	60	12.0590	4.0943	2.4898	10.1942	16.7637
2	120	7.8950	4.7875	2.0662	9.8921	22.9201
3	180	6.1863	5.1930	1.8223	9.4633	26.9668
4	240	5.2142	5.4806	1.6514	9.0506	30.0374
5	300	4.5690	5.7038	1.5193	8.6657	32.5331
6	360	4.1003	5.8861	1.4111	8.3057	34.6462
7	480	3.4487	6.1738	1.2380	7.6432	38.1156
8	600	3.0044	6.3969	1.1001	7.0371	40.9207
9	720	2.6747	6.5793	0.9838	6.4729	43.2865
10	840	2.4172	6.7334	0.8826	5.9431	45.3387
11	960	2.2097	6.8669	0.7928	5.4444	47.1548
12	1080	2.0389	6.9847	0.7124	4.9760	48.7863
13	1200	1.8968	7.0901	0.6402	4.5388	50.2692
14	1320	1.7778	7.1854	0.5754	4.1344	51.6298
15	1440	1.6785	7.2724	0.5179	3.7665	52.8878
15	9900	61.1706	92.4282	18.4034	105.5279	582.2567
Ln(d)= 5.0385		d= 154.2408		n= -0.6186		

Tabla 94

Estimación de los valores de parámetros para un PR=50 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 50 AÑOS						
Nº	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X) ²
1	60	13.1110	4.0943	2.5735	10.5366	16.7637
2	120	8.5837	4.7875	2.1499	10.2925	22.9201
3	180	6.7260	5.1930	1.9060	9.8977	26.9668
4	240	5.6690	5.4806	1.7350	9.5090	30.0374
5	300	4.9676	5.7038	1.6029	9.1428	32.5331
6	360	4.4580	5.8861	1.4947	8.7980	34.6462
7	480	3.7496	6.1738	1.3216	8.1596	38.1156
8	600	3.2665	6.3969	1.1837	7.5722	40.9207
9	720	2.9080	6.5793	1.0675	7.0232	43.2865
10	840	2.6281	6.7334	0.9663	6.5062	45.3387
11	960	2.4024	6.8669	0.8765	6.0187	47.1548
12	1080	2.2168	6.9847	0.7961	5.5602	48.7863
13	1200	2.0622	7.0901	0.7238	5.1318	50.2692
14	1320	1.9329	7.1854	0.6590	4.7353	51.6298
15	1440	1.8250	7.2724	0.6016	4.3747	52.8878
15	9900	66.5069	92.4282	19.6580	113.2585	582.2567
Ln(d)= 5.1222		d= 167.6963		n= -0.6186		

Tabla 95

Estimación de los valores de parámetros para un PR=100 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 100 AÑOS						
Nº	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X) ²
1	60	13.4831	4.0943	2.6014	10.6512	16.7637
2	120	8.8273	4.7875	2.1779	10.4265	22.9201
3	180	6.9169	5.1930	1.9340	10.0430	26.9668
4	240	5.8299	5.4806	1.7630	9.6624	30.0374

5	300	5.1086	5.7038	1.6309	9.3024	32.5331
6	360	4.5845	5.8861	1.5227	8.9627	34.6462
7	480	3.8560	6.1738	1.3496	8.3324	38.1156
8	600	3.3592	6.3969	1.2117	7.7512	40.9207
9	720	2.9906	6.5793	1.0955	7.2073	43.2865
10	840	2.7027	6.7334	0.9942	6.6947	45.3387
11	960	2.4706	6.8669	0.9045	6.2109	47.1548
12	1080	2.2797	6.9847	0.8240	5.7557	48.7863
13	1200	2.1208	7.0901	0.7518	5.3302	50.2692
14	1320	1.9878	7.1854	0.6870	4.9364	51.6298
15	1440	1.8767	7.2724	0.6295	4.5782	52.8878
15	9900	68.3944	92.4282	20.0777	115.8451	582.2567
Ln(d)= 5.1501		d= 172.4555		n= -0.6186		

Tabla 96

Estimación de los valores de parámetros para un PR=105 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 105 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X) ²
1	60	13.5102	4.0943	2.6034	10.6594	16.7637
2	120	8.8451	4.7875	2.1799	10.4361	22.9201
3	180	6.9308	5.1930	1.9360	10.0534	26.9668
4	240	5.8416	5.4806	1.7650	9.6734	30.0374
5	300	5.1188	5.7038	1.6329	9.3138	32.5331
6	360	4.5937	5.8861	1.5247	8.9745	34.6462
7	480	3.8638	6.1738	1.3516	8.3447	38.1156
8	600	3.3660	6.3969	1.2137	7.7640	40.9207
9	720	2.9966	6.5793	1.0975	7.2205	43.2865
10	840	2.7081	6.7334	0.9963	6.7082	45.3387
11	960	2.4756	6.8669	0.9065	6.2246	47.1548
12	1080	2.2843	6.9847	0.8260	5.7697	48.7863
13	1200	2.1250	7.0901	0.7538	5.3444	50.2692
14	1320	1.9918	7.1854	0.6890	4.9508	51.6298
15	1440	1.8805	7.2724	0.6315	4.5928	52.8878
15	9900	68.5317	92.4282	20.1078	116.0304	582.2567
Ln(d)= 5.1521		d= 172.8016		n= -0.6186		

Tabla 97

Estimación de los valores de parámetros para un PR=500 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 500 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X) ²
1	60	14.2374	4.0943	2.6559	10.8741	16.7637
2	120	9.3212	4.7875	2.2323	10.6871	22.9201
3	180	7.3039	5.1930	1.9884	10.3257	26.9668
4	240	6.1561	5.4806	1.8174	9.9607	30.0374
5	300	5.3944	5.7038	1.6854	9.6129	32.5331
6	360	4.8410	5.8861	1.5771	9.2831	34.6462
7	480	4.0717	6.1738	1.4041	8.6684	38.1156
8	600	3.5471	6.3969	1.2661	8.0994	40.9207
9	720	3.1579	6.5793	1.1499	7.5655	43.2865
10	840	2.8539	6.7334	1.0487	7.0612	45.3387
11	960	2.6088	6.8669	0.9589	6.5847	47.1548
12	1080	2.4072	6.9847	0.8785	6.1359	48.7863
13	1200	2.2394	7.0901	0.8062	5.7162	50.2692
14	1320	2.0990	7.1854	0.7414	5.3276	51.6298
15	1440	1.9817	7.2724	0.6840	4.9741	52.8878
15	9900	72.2208	92.4282	20.8943	120.8766	582.2567
Ln(d)= 5.2046		d= 182.1036		n= -0.6186		

Tabla 98

Estimación de los valores de parámetros para un PR=1000 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 1000 AÑOS						
Nº	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	14.5250	4.0943	2.6759	10.9559	16.7637
2	120	9.5094	4.7875	2.2523	10.7828	22.9201
3	180	7.4514	5.1930	2.0084	10.4295	26.9668
4	240	6.2804	5.4806	1.8374	10.0703	30.0374
5	300	5.5033	5.7038	1.7053	9.7269	32.5331
6	360	4.9388	5.8861	1.5971	9.4008	34.6462
7	480	4.1540	6.1738	1.4241	8.7919	38.1156
8	600	3.6188	6.3969	1.2861	8.2273	40.9207
9	720	3.2216	6.5793	1.1699	7.6970	43.2865
10	840	2.9115	6.7334	1.0687	7.1958	45.3387
11	960	2.6615	6.8669	0.9789	6.7220	47.1548
12	1080	2.4558	6.9847	0.8985	6.2755	48.7863
13	1200	2.2846	7.0901	0.8262	5.8579	50.2692
14	1320	2.1414	7.1854	0.7614	5.4712	51.6298
15	1440	2.0218	7.2724	0.7040	5.1195	52.8878
15	9900	73.6793	92.4282	21.1942	122.7246	582.2567
Ln(d)=		5.2246	d=	185.7812	n=	-0.6186

Tabla 99

Estimación de los valores de parámetros para un PR=10000 años

PERIODO DE RETORNO PARA T = 10000 AÑOS						
Nº	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	15.3842	4.0943	2.7333	11.1912	16.7637
2	120	10.0719	4.7875	2.3098	11.0579	22.9201
3	180	7.8921	5.1930	2.0659	10.7279	26.9668
4	240	6.6519	5.4806	1.8949	10.3853	30.0374
5	300	5.8288	5.7038	1.7628	10.0547	32.5331
6	360	5.2309	5.8861	1.6546	9.7391	34.6462
7	480	4.3997	6.1738	1.4815	9.1467	38.1156
8	600	3.8328	6.3969	1.3436	8.5949	40.9207
9	720	3.4122	6.5793	1.2274	8.0751	43.2865
10	840	3.0838	6.7334	1.1261	7.5828	45.3387
11	960	2.8189	6.8669	1.0364	7.1166	47.1548
12	1080	2.6011	6.9847	0.9559	6.6770	48.7863
13	1200	2.4198	7.0901	0.8837	6.2654	50.2692
14	1320	2.2680	7.1854	0.8189	5.8842	51.6298
15	1440	2.1414	7.2724	0.7614	5.5375	52.8878
15	9900	78.0376	92.4282	22.0562	128.0363	582.2567
Ln(d)=		5.2820	d=	196.7705	n=	-0.6186

Tabla 100

Tormentas de diseño PR=10 años

TORMENTA DE DISEÑO										
PERIODO DE RETORNO	10 años	DURACIÓN DE TORMENTA	1.5 hrs	90 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	9.396	P24h (mm)	14.09	INTERVALO DE t	5 (min)
INSTANTE (min)	INTENSIDAD (mm/h)	P. ACUMULADA (mm)	ΔP (mm)	INTENSIDAD PARCIAL (mm/h)	P. ALTERNADA (mm)	ImPa ALTERNADA (mm)	P. ACUMULADA (mm)			
5	56.158	4.680	4.680	56.158	0.315	3.782	0.315			

10	36.576	6.096	1.416	16.995	0.341	4.097	0.657
15	28.463	7.116	1.020	12.235	0.374	4.492	1.031
20	23.823	7.941	0.825	9.903	0.417	5.004	1.448
25	20.751	8.646	0.705	8.465	0.475	5.704	1.923
30	18.538	9.269	0.623	7.472	0.561	6.736	2.485
35	16.852	9.830	0.561	6.736	0.705	8.465	3.190
40	15.516	10.344	0.514	6.164	1.020	12.235	4.210
45	14.426	10.819	0.475	5.704	4.680	56.158	8.889
50	13.515	11.263	0.444	5.324	1.416	16.995	10.306
55	12.742	11.680	0.417	5.004	0.825	9.903	11.131
60	12.074	12.074	0.394	4.730	0.623	7.472	11.754
65	11.491	12.448	0.374	4.492	0.514	6.164	12.267
70	10.976	12.805	0.357	4.283	0.444	5.324	12.711
75	10.517	13.147	0.341	4.097	0.394	4.730	13.105
80	10.106	13.474	0.328	3.932	0.357	4.283	13.462
85	9.734	13.789	0.315	3.782	0.328	3.932	13.789
90	9.396	14.093	0.304	3.647	0.304	3.647	14.093

Tabla 101

Tormentas de diseño PR=25 años

TORMENTA DE DISEÑO										
PERIODO DE RETORNO	25 años	DURACIÓN DE TORMENTA	1.50 hrs	90 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	9.783	P24hr (mm)	14.68	INTERVALO DE t (min)	5
INSTANTE (min)	INTENSIDAD (mm/h)	P. ACUMULADA (mm)	ΔP (mm)	INTENSIDAD PARCIAL (mm/h)	P ALTERNADA (mm)	ImPa ALTERNADA (mm)	P. ACUM (mm)			
5	58.476	4.873	4.873	58.476	0.328	3.939	0.328			
10	38.086	6.348	1.475	17.696	0.356	4.266	0.684			
15	29.637	7.409	1.062	12.740	0.390	4.677	1.073			
20	24.806	8.269	0.859	10.311	0.434	5.210	1.508			
25	21.608	9.003	0.735	8.815	0.495	5.939	2.003			
30	19.303	9.652	0.648	7.780	0.584	7.014	2.587			

35	17.547	10.236	0.584	7.014	0.735	8.815	3.322
40	16.156	10.771	0.535	6.418	1.062	12.740	4.383
45	15.021	11.266	0.495	5.939	4.873	58.476	9.256
50	14.073	11.728	0.462	5.543	1.475	17.696	10.731
55	13.268	12.162	0.434	5.210	0.859	10.311	11.590
60	12.572	12.572	0.410	4.925	0.648	7.780	12.239
65	11.965	12.962	0.390	4.677	0.535	6.418	12.773
70	11.429	13.334	0.372	4.459	0.462	5.543	13.235
75	10.951	13.689	0.356	4.266	0.410	4.925	13.646
80	10.523	14.030	0.341	4.094	0.372	4.459	14.017
85	10.135	14.359	0.328	3.939	0.341	4.094	14.359
90	9.783	14.675	0.316	3.798	0.316	3.798	14.675

Tabla 102

Tormentas de diseño PR=50 años

TORMENTA DE DISEÑO									
PERIODO DE RETORNO	50 años	DURACIÓN DE TORMENTA	1.50 hrs	90 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	10.087	P24hr (mm)	15.13	INTERVALO DE t 5
INSTANTE (min)	INTENSIDAD (mm/h)	P. ACUMULADA (mm)	ΔP (mm)	INTENSIDAD PARCIAL (mm/h)	P. ALTERNADA (mm)	ImPa ALTERNADA (mm)	P. ACUMULADO (mm)		
5	60.292	5.024	5.024	60.292	0.338	4.061	0.338		
10	39.269	6.545	1.520	18.246	0.367	4.399	0.705		
15	30.558	7.639	1.095	13.136	0.402	4.822	1.107		
20	25.576	8.525	0.886	10.632	0.448	5.372	1.555		
25	22.279	9.283	0.757	9.089	0.510	6.123	2.065		
30	19.903	9.951	0.669	8.022	0.603	7.232	2.667		
35	18.093	10.554	0.603	7.232	0.757	9.089	3.425		
40	16.658	11.105	0.551	6.617	1.095	13.136	4.519		
45	15.488	11.616	0.510	6.123	5.024	60.292	9.544		
50	14.510	12.092	0.476	5.716	1.520	18.246	11.064		
55	13.680	12.540	0.448	5.372	0.886	10.632	11.950		

60	12.963	12.963	0.42 3	5.078	0.669	8.022	12.61 9
65	12.337	13.365	0.40 2	4.822	0.551	6.617	13.17 0
70	11.784	13.748	0.38 3	4.598	0.476	5.716	13.64 7
75	11.292	14.114	0.36 7	4.399	0.423	5.078	14.07 0
80	10.850	14.466	0.35 2	4.221	0.383	4.598	14.45 3
85	10.450	14.805	0.33 8	4.061	0.352	4.221	14.80 5
90	10.087	15.131	0.32 6	3.916	0.326	3.916	15.13 1

Tabla 103

Tormentas de diseño PR=500 años

TORMENTA DE DISEÑO										
PERIODO DE RETORNO	500 años	DURACIÓN DE TORMENTA	1.50 hrs	90 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	11.166	P24hr (mm)	16.75	INTERVALO DE t (min)	5
INSTANTE (min)	INTENSIDAD AD (mm/h)	P. ACUMULADA (mm)	ΔP (mm)	INTENSIDAD PARCIAL (mm/h)	P. ALTERNADA (mm)	ImPa ALTERNADA (mm)	P. ACUMULADO (mm)			
5	66.742	5.562	5.56 2	66.742	0.375	4.495	0.375			
10	43.470	7.245	1.68 3	20.198	0.406	4.870	0.780			
15	33.827	8.457	1.21 2	14.541	0.445	5.338	1.225			
20	28.312	9.437	0.98 1	11.769	0.496	5.947	1.721			
25	24.662	10.276	0.83 8	10.061	0.565	6.778	2.286			
30	22.032	11.016	0.74 0	8.880	0.667	8.005	2.953			
35	20.028	11.683	0.66 7	8.005	0.838	10.061	3.791			
40	18.440	12.293	0.61 0	7.325	1.212	14.541	5.003			
45	17.144	12.858	0.56 5	6.778	5.562	66.742	10.56 5			
50	16.063	13.386	0.52 7	6.327	1.683	20.198	12.24 8			
55	15.143	13.881	0.49 6	5.947	0.981	11.769	13.22 9			
60	14.350	14.350	0.46 8	5.621	0.740	8.880	13.96 9			
65	13.656	14.794	0.44 5	5.338	0.610	7.325	14.57 9			
70	13.044	15.218	0.42 4	5.090	0.527	6.327	15.10 6			
75	12.499	15.624	0.40 6	4.870	0.468	5.621	15.57 5			
80	12.010	16.014	0.38 9	4.673	0.424	5.090	15.99 9			

85	11.568	16.388	0.375	4.495	0.389	4.673	16.388
90	11.166	16.749	0.361	4.335	0.361	4.335	16.749

Figura 59

Estimación de caudal para un PR=10 años HEC-HMS

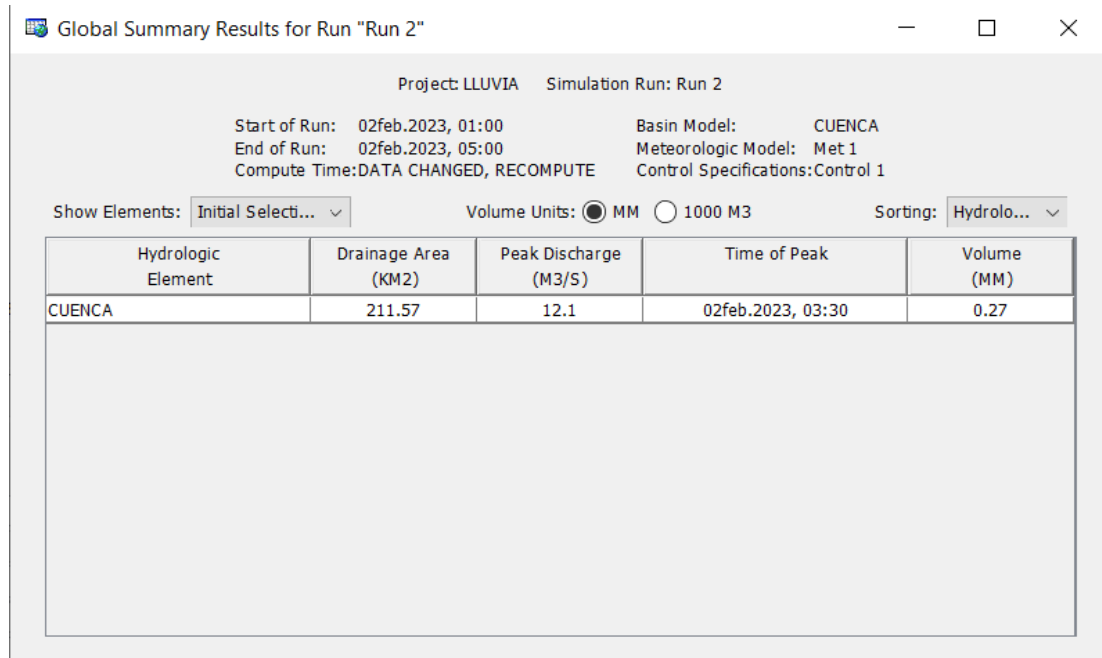


Figura 60

Estimación de caudal para un PR=25 años HEC-HMS

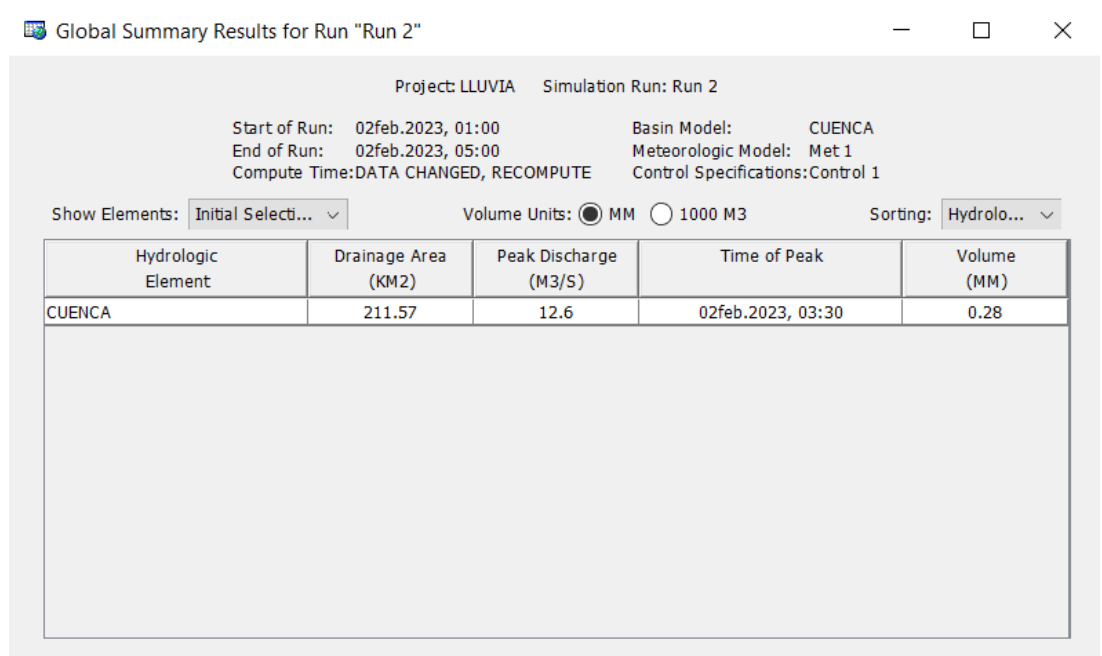


Figura 61

Estimación de caudal para un PR=50 años HEC-HMS

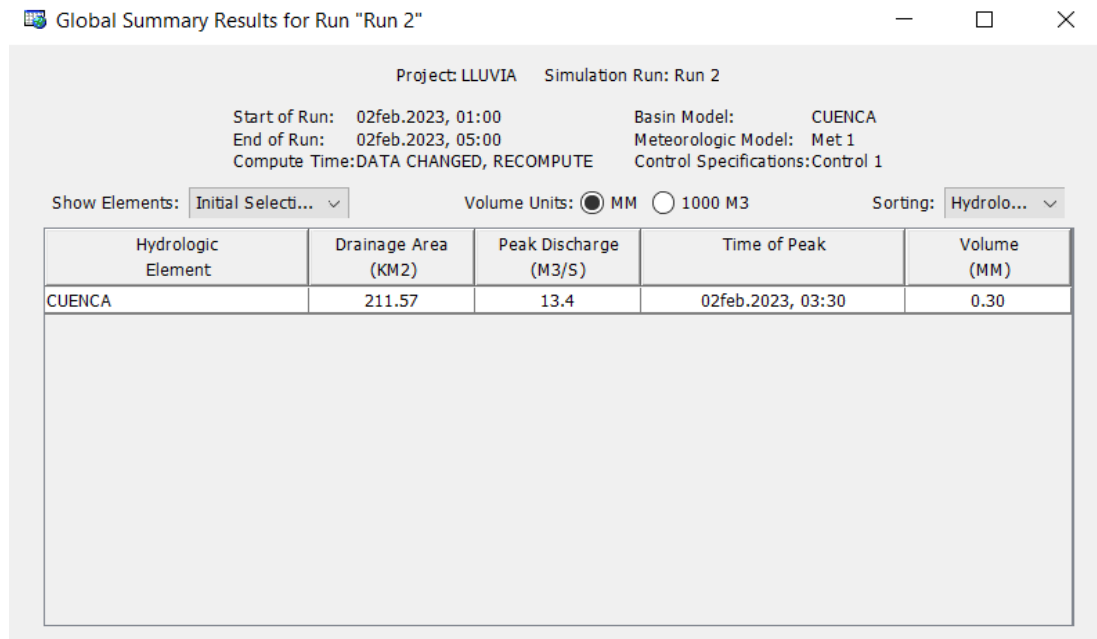
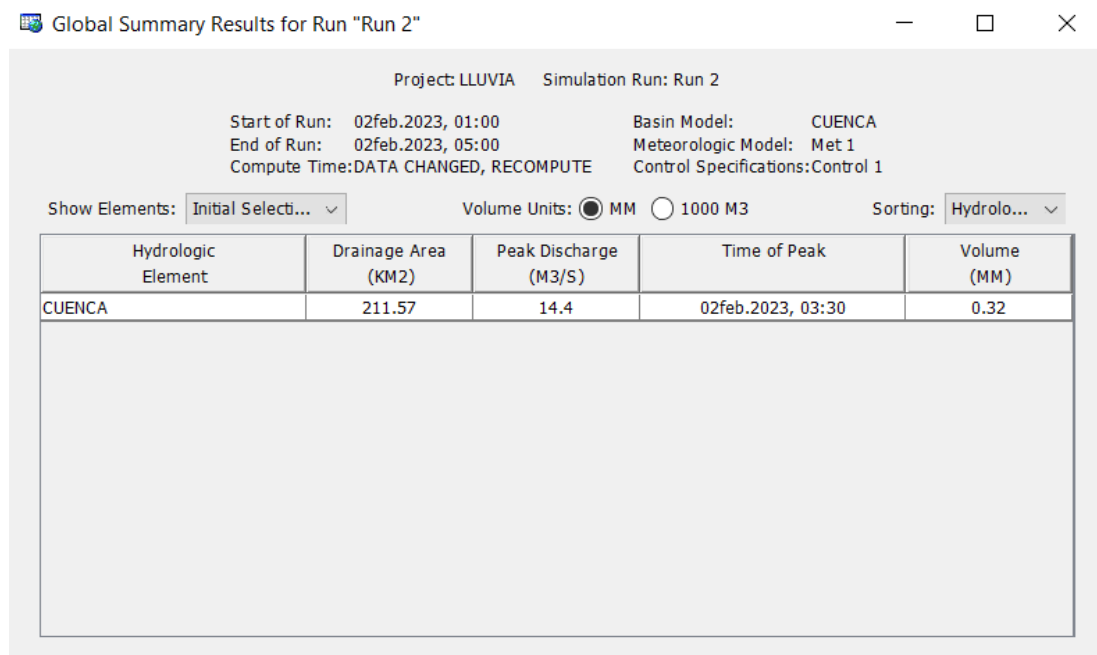


Figura 62

Estimación de caudal para un PR=500 años HEC-HMS



ANEXO 3

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Figura 63

Levantamiento topográfico



Figura 64

Levantamiento topográfico



Figura 65

Levantamiento topográfico



Figura 66

Levantamiento topográfico



Figura 67

Levantamiento topográfico



Figura 68

Levantamiento topográfico



Figura 69

Levantamiento topográfico



Figura 70

Levantamiento topográfico



Figura 71

Levantamiento topográfico



Figura 72

Levantamiento topográfico



Figura 73

Levantamiento topográfico



Figura 74

Levantamiento topográfico



Figura 75

Levantamiento topográfico



Figura 76

Levantamiento topográfico



Figura 77

Levantamiento topográfico



Figura 78

Levantamiento topográfico



Figura 79

Levantamiento topográfico



Figura 80

Levantamiento topográfico



Figura 81

Levantamiento topográfico



Figura 82

Levantamiento topográfico



ANEXO 4

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE PROYECTO

Figura 83

Resolución de aprobación de proyecto

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2441-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 01 de diciembre de 2022

Visto, el Oficio N° 1587-2022-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LLANURAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO CHINOBAMBA EN EL SECTOR CASERÍO DE VADO, CHURUBAMBA, HUÁNUCO-2022", presentado por el (la) Bach. Carlos Efraín JESUS VALLE.

CONSIDERANDO:

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

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

Que, mediante Resolución N° 1973-2022-D-FI-UDH, de fecha 05 de octubre de 2022, perteneciente al Bach. Carlos Efraín JESUS VALLE se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1587-2022-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LLANURAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO CHINOBAMBA EN EL SECTOR CASERÍO DE VADO, CHURUBAMBA, HUÁNUCO-2022", presentado por el (la) Bach. Carlos Efraín JESUS VALLE, integrado por los siguientes docentes: Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza (Presidente), Mg. Joel Luis Guarniz Flores (Secretario) y Mg. Karen Vanessa Bastidas Salazar (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LLANURAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO CHINOBAMBA EN EL SECTOR CASERÍO DE VADO, CHURUBAMBA, HUÁNUCO-2022", presentado por el (la) Bach. Carlos Efraín JESUS VALLE para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Johany Manzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANATO DE FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJM/nta.