

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Determinación de áreas de inundación crítica para el
planteamiento de medidas estructurales en la quebrada
Cochacan – centro poblado Acochacan-región Huánuco 2022”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Ramirez Argandoña, Paul Francoise

ASESORA: Trujillo Ariza, Yelen Lisseth

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras

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 ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43116045

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70502371

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

Código ORCID: 0000-0002-5650-3745

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Aguilar Alcantara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Taboada Trujillo, William Paolo	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	40847625	0000-0002-4594-1491

D

H

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 09:45 horas del día **martes 12 de marzo de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:


- ❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS - PRESIDENTE
- ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA - SECRETARIO
- ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 0492-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN CRÍTICA PARA EL PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES EN LA QUEBRADA COCHACAN – CENTRO POBLADO ACOCHACAN REGIÓN HUÁNUCO 2022"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA**, 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 *Unanimitad* con el calificativo cuantitativo de *15* y cualitativo de *Bueno* (Art. 47).

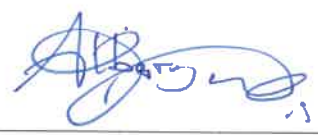
Siendo las *10:55* horas del día 12 del mes de marzo del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304
Presidente



MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA
DNI: 43415813
ORCID: 0000-0002-0877-5922
Secretario



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, Mg. **YELEN LISSETH, TRUJILLO ARIZA**, Ingeniero asesor del Programa Académico de Ingeniería Civil. Designado mediante RESOLUCIÓN No 0368-2024-D-FI-UDH del Bach. **RAMIREZ ARGANDOÑA, PAUL FRANCOISE** de la investigación titulada:

“DETERMINACION DE AREAS DE INUNDACION CRITICA PARA EL PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES EN LA QUEBRADA COCHACAN – CENTRO POBLADO ACOCHACAN – REGION HUANUCO 2022”

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 22 % 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, 20 de Marzo de 2024

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

Asesor

DNI: 70502371

CODIGO ORCID: 0000-0002-5650-3745

DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN CRÍTICA PARA EL PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES EN LA QUEBRADA COCHACAN – CENTRO POBLADO ACOCHACAN- REGIÓN HUÁNUCO 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	21%	5%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	desktop.arcgis.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	core.ac.uk Fuente de Internet	<1%



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

Asesor

DNI: 70502371

CODIGO ORCID: 0000-0002-5650-3745

DEDICATORIA

Dedicado a todos aquellos que han sido mi apoyo constante en este largo camino, a mi familia por su amor incondicional, a mis amigos por su compañía y motivación, y a mis profesores por su guía y conocimiento. Este logro no habría sido posible sin ustedes. Gracias por creer en mí y por haberme impulsado a dar lo mejor de mí.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesora de tesis, por su guía, apoyo y motivación constante a lo largo de este proceso. Sus conocimientos, sugerencias y comentarios han sido fundamentales para el éxito de esta tesis. También quiero agradecer a mi familia y amigos por su apoyo incondicional en todo momento, especialmente durante las largas horas de estudio y la elaboración de este trabajo. Sus palabras de aliento y confianza han sido un gran impulso para mí.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPITULO I.....	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	19
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO	19
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	20
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	21
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	21
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
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.....	27
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	31
2.2. BASES TEÓRICAS	33
2.2.1. METODOLOGÍA DEL SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS-CN).....	33

2.2.2. GRUPO DE SUELO PARA HIDROLOGÍA.....	37
2.2.3. COBERTURA VEGETAL – USO DE SUELO	39
2.2.4. VALORES DE PENDIENTE DE TERRENO	39
2.2.5. DETERMINACIÓN DEL NC.....	39
2.2.6. CUENCA.....	41
2.2.7. CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE DE UNA CUENCA	46
2.2.8. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	47
2.2.9. INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA.....	48
2.2.10. LLUVIA.....	50
2.2.11. ESTADÍSTICA APLICADA EN HIDROLOGÍA.....	58
2.2.12. DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PARA VARIABLES CONTINUAS.....	61
2.2.13. ARCGIS.....	68
2.2.14. HIDROESTA.....	70
2.2.15. HEC-HMS.....	71
2.2.16. HEC-RAS	72
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	72
2.4. HIPÓTESIS	74
2.5. VARIABLES.....	74
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	74
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	74
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	75
CAPITULO III.....	76
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	76
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	76
3.1.1. ENFOQUE	76
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	76
3.1.3. DISEÑO	76
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	77
3.2.1. POBLACIÓN	77
3.2.2. MUESTRA	77
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	77
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	77
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	80

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	94
CAPITULO IV.....	97
RESULTADOS.....	97
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	97
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	158
CAPITULO V.....	160
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	160
CONCLUSIONES	162
RECOMENDACIONES.....	163
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	164
ANEXOS.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de valores de NC	40
Tabla 2 Tabla de curva hipsométrica	45
Tabla 3 Tabla de curva hipsométrica	49
Tabla 4 Tabla de curva hipsométrica	59
Tabla 5 Valores para el PR aplicado a zonas	62
Tabla 6 Valores de rugosidad para n de Manning	64
Tabla 7 Operacionalización de variables	75
Tabla 8 Ficha de determinación de valores características de una cuenca ..	82
Tabla 9 Ficha de identificación altitudinal	82
Tabla 10 Ficha de hidrografía de la cuenca	83
Tabla 11 Ficha de identificación de pendiente de cuenca	83
Tabla 12 Ficha de caracterización de parámetros de la cuenca	83
Tabla 13 Ficha de cobertura vegetal.....	84
Tabla 14 Ficha de coeficiente de escorrentía	84
Tabla 15 Ficha de número de curva	84
Tabla 16 Fica de tiempo de concentración	84
Tabla 17 Ficha de pluviometría.....	85
Tabla 18 Ficha de parámetros estadísticos	85
Tabla 19 Ficha de prueba Outlier.....	86
Tabla 20 Ficha de distancias	86
Tabla 21 Ficha de análisis de doble masa	87
Tabla 22 Ficha de análisis estadístico de análisis finales	88
Tabla 23 Ficha de distribución normal	89
Tabla 24 Ficha de resultados de la prueba de bondad	89
Tabla 25 Ficha de resumen de distribuciones	90
Tabla 26 Ficha de precipitaciones en un PR	90
Tabla 27 Ficha de precipitaciones ajustadas	90
Tabla 28 Ficha de precipitación máxima desglosada	91
Tabla 29 Ficha de intensidades	91
Tabla 30 Ficha de regresión lineal.....	92
Tabla 31 Ficha de resumen regresión lineal	92
Tabla 32 Ficha de regresión lineal final	93

Tabla 33 Ficha de intensidades finales de tormenta.....	93
Tabla 34 Ficha de hietograma	93
Tabla 35 Ficha de caudales de diseño	94
Tabla 36 Parámetros geomorfológicos de la cuenca	98
Tabla 37 Interrelación de resultados.....	99
Tabla 38 Agrupación de alturas	100
Tabla 39 Valores de pendientes	101
Tabla 40 Clasificación de la hidrografía	102
Tabla 41 Áreas de cobertura vegetal	103
Tabla 42 Coeficiente de escorrentía	103
Tabla 43 Estimación del número de curva.....	104
Tabla 44 Tiempo de concentración.....	104
Tabla 45 Datos de pluviometría de la estación Canchán.....	105
Tabla 46 Datos de pluviometría completados estación Canchán	108
Tabla 47 Distancia entre estaciones de análisis	110
Tabla 48 Parámetros estadísticos estación Canchan.....	111
Tabla 49 Prueba Outlier estación Canchan	112
Tabla 50 Parámetros estadísticos corregidos estación Canchan	113
Tabla 51 Prueba Outlier corregida estación Canchan	114
Tabla 52 Valores de precipitación estación interpolada.....	115
Tabla 53 Parámetros estadísticos de la estación interpolada.....	117
Tabla 54 Prueba Outlier de la estación interpolada	118
Tabla 55 Valores de precipitación sistema PISCO	119
Tabla 56 Parámetros estadísticos sistema PISCO	122
Tabla 57 Prueba Outlier para datos sistema PISCO.....	122
Tabla 58 Valores de precipitación resumido de las estaciones	123
Tabla 59 Análisis de doble masa	125
Tabla 60 Valores de precipitación de análisis.....	130
Tabla 61 Parámetros resultantes de la distribución Normal.....	131
Tabla 62 Parámetros resultantes de la distribución Log Normal 2P	132
Tabla 63 Parámetros resultantes de la distribución Log Normal 3P	133
Tabla 64 Parámetros resultantes de la distribución Gamma 3P	133
Tabla 65 Parámetros resultantes de la distribución Gumbel.....	134
Tabla 66 Parámetros resultantes de la distribución Log Gumbel.....	135

Tabla 67 Cuadro de resumen de resultados de pruebas de distribución	135
Tabla 68 Valores de precipitación para diferentes periodos de retorno	135
Tabla 69 Valores de precipitaciones máximas ajustadas	136
Tabla 70 Precipitaciones máximas estimadas para diferentes periodos de retorno	137
Tabla 71 Intensidad de lluvia para diferentes periodos de retorno.....	137
Tabla 72 Valores de la constante y coeficiente de regresión	138
Tabla 73 Valores para la regresión lineal final de la ecuación	139
Tabla 74 Valores de intensidad a partir de la fórmula de intensidad.....	139
Tabla 75 Parámetros de tormenta de diseño PR=10	140
Tabla 76 Parámetros de tormenta de diseño PR=25	142
Tabla 77 Parámetros de tormenta de diseño PR=50	143
Tabla 78 Parámetros de tormenta de diseño PR=100	145
Tabla 79 Parámetros de tormenta de diseño PR=500	147
Tabla 80 Valores de caudal máximos por el método SCS y método racional	151
Tabla 81 Valores de caudal máximos por el método SCS y método racional	158
Tabla 82 Áreas de inundación en diferentes periodos de retorno.....	159
Tabla 83 Matriz de Consistencia.....	171
Tabla 84 Datos pluviométricos estación Huánuco	173
Tabla 85 Datos pluviométricos completados estación Huánuco.....	173
Tabla 86 Parámetros estadístico estación Huánuco	174
Tabla 87 Prueba Outlier estación Huánuco	174
Tabla 88 Datos pluviométricos estación San Rafael.....	175
Tabla 89 Datos pluviométricos completados estación San Rafael.....	176
Tabla 90 Parámetros estadístico estación San Rafael	176
Tabla 91 Prueba Outlier estación San Rafael.....	177
Tabla 92 Datos pluviométricos corregidos estación San Rafael	177
Tabla 93 Parámetros estadístico corregidos estación San Rafael.....	178
Tabla 94 Prueba Outlier corregido estación San Rafael.....	178
Tabla 95 Datos pluviométricos estación Oyón	179
Tabla 96 Datos pluviométricos completados estación Oyón.....	180
Tabla 97 Parámetros estadístico estación Oyón.....	180

Tabla 98 Prueba Outlier estación Oyón	181
Tabla 99 Datos pluviométricos corregidos estación Oyón	181
Tabla 100 Parámetros estadístico corregidos estación Oyón	182
Tabla 101 Prueba Outlier corregido estación Oyón	182
Tabla 102 Distribución normal	183
Tabla 103 Distribución log normal 2 parámetros.....	184
Tabla 104 Distribución log normal 3 parámetros.....	185
Tabla 105 Distribución Gamma 2 parámetros	186
Tabla 106 Distribución Gamma 3 parámetros	187
Tabla 107 Distribución Gumbel.....	188
Tabla 108 Distribución log Gumbel.....	189
Tabla 109 Regresión lineal para PR=2	190
Tabla 110 Regresión lineal para PR=5	191
Tabla 111 Regresión lineal para PR=10	191
Tabla 112 Regresión lineal para PR=25	191
Tabla 113 Regresión lineal para PR=50	192
Tabla 114 Regresión lineal para PR=100	192
Tabla 115 Regresión lineal para PR=105	192
Tabla 116 Regresión lineal para PR=500	193
Tabla 117 Regresión lineal para PR=1000	193
Tabla 118 Regresión lineal para PR=10000	193
Tabla 119 Ficha de pluviometría.....	196

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Variables aplicadas al número de curva	34
Figura 2 Concepto gráfico del número de curva	35
Figura 3 Valores del número de curva	37
Figura 4 Clase textural de la USDA	38
Figura 5 Esquema generalizado de una cuenca.....	42
Figura 6 Vista de perfil de cuenca.....	42
Figura 7 Esquema de características físicas de una cuenca	43
Figura 8 Curva hipsométrica	45
Figura 9 Características de las curvas hipsométricas.....	45
Figura 10 Elaboración de un rectángulo equivalente.....	46
Figura 11 Elaboración de un rectángulo equivalente.....	51
Figura 12 Curva de doble masa.....	53
Figura 13 Hietograma	54
Figura 14 Curva IDF	55
Figura 15 Polígono de Thiessen	57
Figura 16 Isoyetas	58
Figura 17 Rugosidad natural	65
Figura 18 Área de referencia	78
Figura 19 Tratamiento de información en el software ArcGIS	79
Figura 20 Base de datos SENAMHI	80
Figura 21 Sistema de datos ANDREA	80
Figura 22 Esquema de presentación cartográfica	81
Figura 23 Delimitación de la cuenca Cochacán.....	97
Figura 24 Agrupación de altitudes	99
Figura 25 Polígono de frecuencias y curva hipsométrica	100
Figura 26 Mapa de pendiente	101
Figura 27 Cobertura vegetal de la cuenca.....	102
Figura 28 Número de curva	104
Figura 29 Mapa de isoyetas	111
Figura 30 Gráfica Outlier estación Canchan.....	113
Figura 31 Gráfica Outlier corregida estación Canchan	114
Figura 32 Gráfica Outlier estación interpolada.....	119

Figura 33	Gráfica de Outlier sistema PISCO	123
Figura 34	Historial de máximas precipitaciones anuales	124
Figura 35	Curva de doble masa estación Canchán	126
Figura 36	Curva de doble masa estación Huánuco	126
Figura 37	Curva de doble masa estación San Rafael.....	127
Figura 38	Curva de doble masa estación Oyón.....	127
Figura 39	Curva de doble masa información PISCO	128
Figura 40	Curva de doble masa información de interpolación	128
Figura 41	Curva de doble masa información de interpolación y sist. PISCO	129
Figura 42	Distribución Normal	131
Figura 43	Distribución Log Normal 2P	132
Figura 44	Distribución Log Normal 3P	132
Figura 45	Distribución Gamma 3P	133
Figura 46	Distribución Gumbel	134
Figura 47	Distribución Log Gumbel	134
Figura 48	Gráfica de precipitación y precipitación ajustada.....	136
Figura 49	Curvas IDF	140
Figura 50	Curva "S" y hietograma de diseño PR=10	141
Figura 51	Curva "S" y hietograma de diseño PR=25	143
Figura 52	Curva "S" y hietograma de diseño PR=50	144
Figura 53	Curva "S" y hietograma de diseño PR=100	146
Figura 54	Curva "S" y hietograma de diseño PR=500	148
Figura 55	Modelo de cuenca HEC-HMS.....	149
Figura 56	Estimación del caudal PR=10.....	149
Figura 57	Estimación del caudal PR=25.....	150
Figura 58	Estimación del caudal PR=50.....	150
Figura 59	Estimación del caudal PR=100.....	150
Figura 60	Estimación del caudal PR=500.....	151
Figura 61	Área de interés	152
Figura 62	Trazos de geometría de la quebrada.....	153
Figura 63	Parámetros geométricos cargados en HEC-RAS.....	153
Figura 64	Zonas de inundación PR=10	154
Figura 65	Zonas de inundación PR=25	154

Figura 66 Zonas de inundación PR=50	155
Figura 67 Zonas de inundación PR=100	155
Figura 68 Zonas de inundación PR=500	156
Figura 69 Estimación de dimensiones	156
Figura 70 Predimensionamiento final	157
Figura 71 Sección final	157
Figura 72 Zonas de inundación PR=500	158
Figura 73 Sección final	159
Figura 74 Gráfica Outlier estación Huánuco	175
Figura 75 Gráfica Outlier estación San Rafael.....	177
Figura 76 Gráfica Outlier corregido estación San Rafael.....	179
Figura 77 Gráfica Outlier estación Oyón.....	181
Figura 78 Gráfica Outlier corregido estación Oyón.....	183
Figura 79 Distribución normal	184
Figura 80 Distribución log normal 2 parámetros	185
Figura 81 Distribución log normal 3 parámetros	186
Figura 82 Distribución Gamma 2 parámetros	187
Figura 83 Distribución Gamma 3 parámetros	188
Figura 84 Distribución Gumbel	189
Figura 85 Distribución log Gumbel.....	190
Figura 86 Curva IDF PR=10	194
Figura 87 Curva IDF PR=25	194
Figura 88 Curva IDF PR=50	194
Figura 89 Curva IDF PR=100	194
Figura 90 Curva IDF PR=500	195
Figura 91 Ficha técnica estación Total	195

RESUMEN

La presente investigación se elaboró con la finalidad de estimar las dimensiones adecuadas de una estructura de defensa ribereña en el cauce de la quebrada Cochacan; esto se logró a partir de una caracterización geomorfológica de la cuenca que contiene a la quebrada estiman así valores de parámetros geométricos como un área aproximada de 8.51 km², un perímetro de 15.42 km, teniendo alturas entre 5300 y 1048 msnm, de la caracterización topográfica se estimó que la cuenca presenta una pendiente promedio de 0.34, factor de forma es de 1.68, el coeficiente de compacidad de 1.48 con una relación de elongación, 0.45 como factor de circularidad y de la red de drenaje de orden 3, con una longitud de cauce principal de 2.19 km, la red hídrica completa tiene una longitud de 9.90 km y que la pendiente media del cauce es de 0.53; de la misma forma se elaboraron análisis de precipitaciones teniendo en cuenta a la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú de las cuales se extrajo los valores de las estaciones de Canchan, Huánuco, San Rafael, Oyón y los valores obtenidos del sistema PISCO del SENAMHI, con ello se estimaron los valores de precipitación de 45.28, 48.75, 52.45, 54.84, 56.99 y 61.34 mm para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años; teniendo los valores de precipitación de la zona se lograron determinar por la metodología del SCS los siguientes caudales 12.20, 12.90, 13.40, 14.00 y 15.50 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años. Obtenidos los valores de caudal crítico se elaboró un modelo hidráulico en el software HEC-RAS con el fin de identificar las zonas más vulnerables frente a inundación y con ello identificar las zonas donde se requiera las estructuras de defensa ribereña, finalmente, se estimaron las dimensiones de la estructura de defensa obteniéndose como resultado las dimensiones de 2.00 m para la altura de dique, para la altura del enrocado de 2.00 m, una altura de uña de 1.00 m y un ancho de uña de 2.00 m. Se concluye de la investigación que al identificar las áreas de inundación y caracterizando los valores hidrológicos se puede determinar el diseño de medidas estructurales con el fin de mitigar los efectos de inundaciones generados en la quebrada Cochacan.

Palabras clave: inundación, periodo de retorno, defensa ribereña, scs, caudal, precipitación

ABSTRACT

The present investigation was elaborated with the purpose of estimating the adequate dimensions of a river defense structure in the bed of the Cochacan ravine; This was achieved from a geomorphological characterization of the basin that contains the ravine, thus estimating values of geometric parameters such as an approximate area of 8.51 km², a perimeter of 15.42 km, having heights between 5300 and 1048 meters above sea level, from the topographic characterization It was estimated that the basin has an average slope of 0.34, a shape factor of 1.68, a coefficient of compactness of 1.48 with an elongation ratio, 0.45 as a factor of circularity and of the drainage network of order 3, with a channel length main of 2.19 km, the complete water network has a length of 9.90 km and that the average slope of the channel is 0.53; In the same way, precipitation analyzes were prepared taking into account the database of the National Meteorology and Hydrology Service of Peru, from which the values of the stations of Canchan, Huánuco, San Rafael, Oyón and the values obtained from the PISCO system of SENAMHI, with this the precipitation values of 45.28, 48.75, 52.45, 54.84, 56.99 and 61.34 mm were estimated for the return periods of 5, 10, 25, 50, 100 and 500 years; Taking the precipitation values of the area, it was possible to determine by the SCS methodology the following flows: 12.20, 12.90, 13.40, 14.00 and 15.50 m³/s for the return periods of 10, 25, 50, 100 and 500 years. Once the critical flow values were obtained, a hydraulic model was developed in the HEC-RAS software in order to identify the most vulnerable areas against flooding and thereby identify the areas where river defense structures are required, finally, the dimensions were estimated. of the defense structure, obtaining as a result the dimensions of 2.00 m for the height of the dike, for the height of the rockfill of 2.00 m, a toe height of 1.00 m and a toe width of 2.00 m. It is concluded from the investigation that by identifying the flood areas and characterizing the hydrological values, the design of structural measures can be determined in order to mitigate the effects of floods generated in the Cochacan ravine.

Keywords: flood, return period, riparian defense, scs, flow, precipitation.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se inició con la identificación de la problemática de la inundación que se pueda ocasionar en el centro poblado de Acochacan ocasionada por la quebrada Cochacan, este tipo de eventos generalmente son ocasionados por una precipitación anómala con la cual desencadene los efectos y movimientos de masas en la zona de interés, se establecieron los objetivos de la investigación los cuales fueron principalmente la mitigación de los efectos negativos generados por el desplazamiento de agua en la zona del centro poblado de Acochacan planteándose así una medida estructural que se consideró como una defensa ribereña ejecutada en las zonas donde haya un gran desplazamiento de agua, estimar una caracterización geomorfológica de la cuenca que contiene el cauce de la quebrada Cochacan, investigación de la pluviometría en la zona estimándose a partir de estaciones que circundan la zona y aplicando modelos estadísticos para asegurar la idoneidad de los valores para la zona de interés, se aplicó la metodología del SCS para la determinación de caudales máximos esto en el entorno del software HEC-HMS, dando así inicio al modelo hidráulico de la zona y con ello identificando las zonas más vulnerables frente a un desplazamiento de agua, identificados los puntos más críticos a inundaciones se estimó un predimensionamiento de defensa ribereña en el software River con el cual se estimaron las dimensiones de la estructura se elaboró una estructura final que se ajuste de mejor manera a la composición topográfica de la zona dando así fin a la investigación y validando la hipótesis planteada en la investigación. Con esto la investigación se pudo estructurar de la siguiente manera

CAPÍTULO I: Aquí se presentaron los procesos de identificación de la problemática existente, los objetivos, las justificaciones, limitaciones y viabilidades de la investigación.

CAPÍTULO II: Se presentó el marco teórico en el cual se basa la investigación teniendo también en cuenta la hipótesis y las variables a investigar.

CAPÍTULO III: Se presentó el marco metodológico y la población y muestra que se investigó.

CAPÍTULO IV: Se presentan los resultados obtenidos en la investigación, así como la contratación de la hipótesis.

CAPÍTULO V: Se presentó la discusión de resultados cotejando los resultados obtenidos con las investigaciones planteadas en los antecedentes.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según Banco Interamericano de Desarrollo (2017), presentó en su informe de perfil de riesgo para inundaciones en el Perú que una de los principales eventos catastróficos que acontecen en el Perú son las inundaciones. Es por ello que se hace necesaria la ejecución de un plan de gestión de riesgo por inundaciones en un nivel nacional, esto se logrará realizar a partir de evaluaciones de riesgo en diversas zonas. En ella se determinó que los valores de Pérdida Anual Esperada (PAE) generada a partir de inundaciones en cifras para el Perú oscilan entre valores críticos, evidenciando la falta gestión para la aplicación de medidas que mitiguen los efectos destructivos, dentro de estas medidas pues se encuentran implementación de un plan de prevención, protección y reducción de los efectos causados por los eventos de inundaciones en diversas zonas del país. Una de las medidas estructurales para la mitigación que se plantean en el informe son las de obras estructurales de encausamiento y como medidas no estructurales las campañas para la sensibilización.

La región de Huánuco se localiza en la vertiente oriental andina, zona transicional entre la región altoandina y la selva alta, que presenta un drenaje de sur a norte a causa del río Huallaga, la geografía de la zona se limita por cadenas montañosas con pendientes categorizadas como moderadas a abrupta, en los cuales se forman los cauces de ríos como el del Higuera y de una gran cantidad de quebradas presentes en la zona. La precipitación que se generan en la región llegan hasta los picos de 40mm medidos en 24hrs. La zona presente ocurrencia de flujos de detritos o huaycos para las quebradas se generan a partir de las características morfológicas que están conformados por pendientes inferiores a 5° y 7°, que son las que controlan el cauce del río Huallaga. La zona presentó a lo largo de la historia una serie de destratares naturales que en gran parte son ocasionados por inundaciones y otra gran

parte de ellos por huaycos generados en las quebradas de la localidad. (Zavala, 2006)

La quebrada de interés para esta investigación es denominada Cochacan esta se encuentra en el distrito de San Francisco, en ella se lograron identificar una serie de eventos relacionados con los flujos de detritos y una erosión dentro de los márgenes de la zona, en los márgenes de la quebrada se lograron identificar a un grupo de pobladores que se encuentran en un constante peligro frente a pérdidas humanas y económicas. Fue importante realizar un estudio hidrológico para la zona con la finalidad de mitigar los efectos que pudiesen generar los deslizamientos probables en la zona para resguardo tanto como vidas humanas y recursos económicos de la población habitante.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son las áreas de inundación crítica que requieren de medidas estructurales en la quebrada Cochacan en el centro poblado Acochacan región de Huánuco?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuáles son los parámetros hidrológicos que ocasionan inundaciones en la quebrada Cochacan?

¿Cómo los valores de precipitación determinan los caudales proyectados frente a avenidas extremas?

¿De qué manera influyen los caudales críticos determinados en los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años en los valores de áreas de inundación?

¿Cuál es el diseño de las medidas estructurales que se tienen que plantear en las zonas críticas de inundación en la quebrada Cochacan?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las áreas de inundación crítica que requieren de medidas estructurales en la quebrada Cochacan en el centro poblado Acochacan región de Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar los parámetros hidrológicos que ocasionan inundaciones en la quebrada Cochacan.

Identificar los valores de precipitación determinan los caudales proyectados frente a avenidas extremas.

Calcular los caudales críticos determinados en los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años en los valores para las áreas de inundación.

Diseñar las medidas estructurales en las zonas críticas de inundación en la quebrada Cochacan.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

A partir de la rama teórica, esta investigación se fundamentó a partir de la generación de informes hidrológicos de la zona, los cuales lograron ser fácilmente aplicados en investigaciones que tengan el mismo objetivo que la presente investigación y con características climáticas, topográficas y ambientales similares al de la quebrada Cochacan. Dentro de esta investigación también se presentaron informes del comportamiento que poseen las variables hidrológicas en la zona y como estas afectan directamente a los fenómenos de inundación. A partir de toda la información determinada se logró ejecutar simulaciones para la quebrada y con ellas se planteó una medida

estructural para la mitigación de los efectos negativos que esta pueda presentaron.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

A partir de la rama práctica, esta investigación facilitó los planteamientos de mitigación competentes dando así soluciones parciales o totales frente a inundaciones y desbordes que se puedan generar en el cauce de la quebrada Cochacan, los cuales podrán extrapolarse a circunstancias similares ubicados dentro de la región, y así poder garantizar la similitud de parámetros.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

A partir de la rama metodológica, esta investigación planteó una metodología para la recolección de datos de pluviometría, el cual logró brindar resultados dentro de la metodología de tratamiento hidrológico establecido para el Perú y poder así afianzar de manera fidedigna la relación que existe entre los eventos de lluvia anómala y los eventos de inundación en una determinada zona, esta investigación realizó un óptimo proceso de tratamiento y validación de datos recolectados del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Finalmente, con esta investigación se demostró una metodología adecuada para la simulación de inundaciones en una determinada zona, con lo cual se plantearon parámetros de validez de resultados.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La quebrada Cochacan no presentó estudios previos de hidrología para la comprobación de valores de caudales proyectados, adicionalmente a ello no cuenta con una estación hidrométrica o hidrológica a lo largo de su recorrido, la información que se puede extraer de los servidores del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) solo fueron de estaciones que estén en las periferias de la zona de interés y se comprobó a partir de un análisis estadístico de confiabilidad de valores. La topografía de la zona es un poco accidentada lo cual dificultó la obtención de un modelo

topográfico, sin embargo, se buscaron opciones para la realización de un modelo topográfico adecuado para la zona de interés.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación en su naturaleza presentó la viabilidad en recursos de información, debido a que la realización de un modelo hidrológico se pudo realizar a partir de ponderaciones que se tomaran a partir de estaciones hidrológicas cercanas, y así se lograron valores significativos para la zona de interés. En el ámbito económico, la investigación fue viable debido a que la inversión para la realización no fue muy alta y se encontraron dentro de las posibilidades económicas del investigador. Con relación al periodo de tiempo en que se realizó esta investigación, se pudo evidenciar que el tiempo para la realización de esta investigación no es dilatada y se puede realizar dentro del tiempo establecido por la universidad para la presentación final de la misma.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para Piccolo (2021), en la investigación que tituló “Estimación de susceptibilidad a inundaciones en la cuenca inferior de río Negro, Argentina” para la revista indexada “Centro de estudios Geográficos”, se plantea como objetivo estimar los valores de susceptibilidad frente a inundaciones causadas por el desborde del río Negro, partiendo de las informaciones promedio estimadas para las condiciones climatológicas. La investigación se centro en la parte baja de la cuenca que conforma el río Negro. Para la estimación de zonas vulnerables frente a las inundaciones se determinaron a partir de la Evaluación Multicriterio aplicando sumas ponderadas en las variables analizadas. Se tomaron en cuenta para la investigación las variables físicas de extensión crítica del agua, cobertura del agua, orden de red, liberación de agua, características de suelo, pendiente y geomorfología de la cuenca. Toda la información recolectada fue incluida en el modelo SIG (Sistema de Información Geográfica). La información tomada en cuenta en la investigación fue obtenida del IGN (Instituto Geográfico Nacional de la Republica de Argentina), con el modelo elaborado se pudo concluir lo siguiente: Para la susceptibilidad frente a inundaciones se pudo determinar que un área de 1506 km² presentan un valor bajo, un 1187 km² se pudo determinar que el valor de susceptibilidad media y un área de 134 km² presentó una susceptibilidad alta, con dichos valores se pudieron caracterizar que alrededor de 46.7% del área se encuentra en un estado de susceptibilidad media-alta frente a eventos de inundaciones. Los resultados de susceptibilidad alta en la mayoría de los casos se caracterizan debido a que en dichas zonas la topografía presenta pendientes menores al 1% y con un suelo característico de bajo drenaje. El análisis espacial llevado a cabo en la zona de estudio permitió

comprender la influencia de los rasgos físicos, así como los efectos de la acción del hombre frente a la ocurrencia de inundaciones. Por ello, se consideró que la contribución del presente trabajo consistió en el desarrollo y aplicación de una metodología validada con eventos históricos, que posibilitó la superposición de diferentes coberturas de datos de manera fácil y eficiente. Esto facilitó la rápida detección de las zonas más susceptibles a sufrir un evento de inundación, no solo en el área de estudio, sino en cualquier otro entorno de características similares. Esta metodología fue de gran utilidad para ser empleada por entidades gubernamentales en la delineación de políticas públicas y en el ordenamiento territorial.

Según Cuello (2019), en la tesis de grado titulada “Modelación de inundaciones y análisis espacial en los alrededores del eje ambiental con HEC-RAS Y ArcGis, para plantear alternativas de solución ante el problema de inundaciones en el caso de estudio” para la obtención del grado de ingeniera civil en la Universidad de los Andes, plantea como objetivo principal el de realizar un análisis frente a las inundaciones recurrentes en la zona denominada Eje Ambiental, a fin de realizar un planteamiento de soluciones frente a la problemática generada en la zona. A partir de la investigación se concluyó que: Para la información espacial recolectada se hizo uso del software ArcGIS, con esta herramienta se lograron obtener informaciones claves para la modelación del Eje Ambiental, para ello se hizo aplicación de información de las propiedades topográficas, geométricas y geográficas que se asemejen a la realidad existente. El software ArcGIS también brindó facilidades para combinar información tomada por herramientas de precisión topográfica tales como la estación total y el Dron Phantom 4. Partiendo de la gran variedad de softwares que pueden tratar imágenes de elevación digital (DEM) lo relevante en el proceso de caracterización topográfica es la obtención en si de una imagen DEM de alta calidad, esto pues se logra a partir de un levantamiento topográfico competente y a partir de ello se pueden logra modelos de simulación muy cercanos a la realidad que presenta la zona de interés ya que este tipo de formato

se ajusta muy bien a el trabajo común entre los softwares de ArcGIS, Hec-RAS y Hec-GoeRAS ya que con estos programas generan una comunicación muy óptima para realizar modelos de simulación bidimensional. Se pudo también determinar que a partir de la simulación realizada es óptimo realizar la implementación de sumideros en zonas críticas con la finalidad de que eviten que el volumen de agua se quede en la superficie del eje vial con lo que se puede mejorar las situaciones de inundaciones en las zonas circundantes al eje vial. Para considerar un diseño óptimo de los sumideros se plantea también la implementación de cámaras de inspección para las labores de mantenimiento que se tengan que realizar debido a que la falta de mantenimiento hizo que los sumideros existentes no cumplan una función óptima.

Según Cardenas (2019) en la su investigación que se titula “Comparación de dos metodologías de cálculo de caudal para estimar huellas de inundación modeladas con Hec-RAS, utilizando información de estaciones del IDEAM” para la obtención de grado de ingeniera civil en la Universidad de los Andes, en dicha investigación se plantea como objetivo principal el de identificar la metodología adecuada para el cálculo de caudales pico, caudales de estaciones, con el fin de determinar la más óptima aproximación a una huella de inundación real. De la investigación se pudo concluir lo siguiente: El caudal pico que se determinó a partir de un análisis racional es superior al que se registró por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en un 41%, esto debido a que la metodología aplicada tiende a sobrevalorar los resultados para cuencas que tengan una extensión superior a las 200 Ha. Pero estos resultados obtenidos se presentan como una aproximación extrema realista frente a los eventos de inundaciones que se puedan generar en la zona de investigación. Otro de los resultados obtenidos en la investigación fueron los valores de profundidad y velocidad de los caudales, a partir del cual se pudo generar mapas temáticos con la información recopilada, al hacer una comparación de los resultados resultaron que son datos muy confiables, esto debido a que los resultados que se lograron determinar son

superiores a los planteados por el IDEAM causada por la metodología aplicada en la investigación, pero tampoco son considerados como exagerados por lo cual se puede determinar que la simulación contiene información relevante y confiable. Los valores de profundidad para el caudal calculado por el IDEAM tienen un valor máximo de 3.28m y con el caudal pico se determinó un valor de 3.65m, dicho valor se presenta en zonas con una topografía baja en donde los volúmenes de agua pueden represarse. Se pudo determinar también que la velocidad máxima presente en zonas de inundación es de alrededor 5.47 m/s para una inundación que se generó a partir de un caudal pico es de 2.45 m/s, estos valores presentan una excedencia del 41% con respecto a la información recolectada en el IDEAM. Los resultados que se obtuvieron con respecto a la huella de inundación que se generó se pueden identificar a partir de valores visuales generados en mapas temáticos y de manera numérica a partir de la determinación del factor F. A partir de un reconocimiento visual de los resultados obtenidos se pudo determinar que la huella de inundación que se generó es más amplia que la que se obtuvo de manera satelital. Esto se puede explicar a partir de que los resultados mostrados en referencias satelitales no son inundaciones inmediatas, sino que se generaron a partir de un evento transitorio. Por otra parte, se pudo evidenciar que los modelos que se obtienen del programa HEC-RAS son basados en eventos específicos tomados en eventos extremos, pero los resultados obtenidos se pueden considerar como validos ya que al generarse una estimación de inundaciones se pueden validar medidas de mitigación de riesgos a inundaciones. Se pudo determinar también a partir de la metodología que los valores de huellas que se generaron a partir de caudales pico y un caudal determinado por el IDEAM tienen un comportamiento similar, si bien se presentan algunas variaciones en ciertos tramos esto no es muy variable una con respecto a la otra esto a causa de que los valores de geometría y condiciones hidráulicas para ambos modelos son los mismos. De un análisis cuantitativo del factor F para la compatibilidad de huellas de inundación, se pudo determinar que el valor determinado con el caudal pico ronda un 47% mientras que un modelo realizado con el caudal

determinado por el IDEAM es solo de alrededor de un 42%. Esto dicho de otra manera quiere decir que los valores de inundación por pixeles tienen una representación de casi la mitad en comparación con lo determinado satelitalmente, esto también considerado las variaciones entre pixeles que existen entre el modelo satelital y el modelo centrado a partir de polígonos menores, ya que un modelo centrado posee una cantidad de pixeles considerables. También cabe resaltar que ambos modelos presentan resultados similares, pero, al presentarse un valor más alto a partir de los conocimientos del IDEAM este modelo aborda una extensión más amplia, presentando una mejor compatibilidad. Finalmente, a partir de los registros históricos recolectados se pudo determinar que la inundación que se presentó en el año 2010 solo afectó a las zonas rurales de la población de Urao, esto se pudo demostrar a partir de los mapas temáticos obtenidos ya que la zona se encuentra dentro de los desbordes de agua, sin llegar hasta las zonas habitadas.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Según Huallullo (2020), en la investigación que titula “Evaluación del peligro a inundación del río Chanchamayo, Sector San Carlos - Región Junín”, que se realizó con la finalidad de obtener el grado de ingeniero civil en la Universidad Peruana los Andes, planteó como objetivo principal el de evaluar el nivel de peligrosidad frente a inundaciones del río Chanchamayo en la zona denominada San Carlos que pertenece a la región Junín, con lo cual el autor concluyó lo siguiente: Se pudo determinar que para el margen izquierdo del río Chanchamayo se presenta un Muy alto grado de peligrosidad en las progresivas: 0+740, 0+720, 0+680, 0+520, 0+460, 0+420, y 0+020, mientras que un alto grado de peligrosidad se encuentran en las progresivas: 1+000, 0+980, 0+900, 0+820, 0+780, 0+760, 0+660, 0+600, 0+500, 0+480, 0+400, 0+360, 0+320, 0+300, 0+220, 0+180, 0+140 y 0+040, las zonas con un nivel medio se encuentran en las progresivas: 0+340, 0+260 y 0+200 mientras que un nivel bajo en las progresivas: 0+380, 0+280, 0+240 y 0+160. Analizando el otro margen del río se pudo

determinar que para el margen derecho un nivel muy alto de peligro se encontró en las progresivas: 0+480, 0+400, 0+260 y 0+220, el nivel altos se encuentra en las progresivas 0+980, 0+700, 0+620, 0+580, 0+540, 0+460, 0+420, 0+380, 0+360, 0+240, 0+200, 0+180, 0+160, 0+120, 0+020, para el nivel medio se encuentra en las progresivas: 0+560, 0+520, 0+500, 0+300, 0+140, 0+100, 0+080 y 0+040, para el nivel de peligrosidad bajo se localizan en las progresivas: 0+340, 0+320 y 0+280. Con respecto al modelo matemático se optó por la del Hydrologic Modeling System (Hec-HMS) para el modelo se tomó en cuenta los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años esto se determinó a partir de la aplicación de la metodología Arce, la cual establece la determinación de la morfometría de cada una de las subcuencas que se forman en el cauce del río Tulumayo y sus respectivos tributarios. Adicionalmente a la caracterización para los periodos de retorno se requieren de la caracterización de los usos de suelo que se presenta en la zona de interés incluyendo los plantíos que se presentan en la zona, otro de los factores importantes para determinar una caracterización adecuada del suelo es la del valor del número de curva que se presenta en la zona, de la investigación se pudo determinar que para el río Tulumayo se presenta un valor de 54.44, para el río Chanchamayo de 53.46, para el río Seco se determinó el valor de 69.78, etc. Para la realización de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), se tomaron en cuenta las estaciones de Huasahuasi, Ricrán, San Eloy y Tarma. A partir de ello se elaboraron los hietogramas a partir de la metodología del bloque alterno, partiendo de esa necesidad se requirió de la información del tiempo de concentración que se determinó a partir de la metodología que plantea Kirpich, el valor que se determinó a partir de esta metodología en el río Tulumayo para el tiempo de concentración es de 497.48 min, en la subcuenca que forma el río Chanchamayo se presenta un tiempo de concentración de 78.33 min, para la subcuenca del río Seco es de 112.89 min, el análisis se realizó para todas las subcuencas que se forman en el área de interés para lograr una caracterización más optima de la zona. A partir de la determinación de los valores de tiempo de concentración se logró determinar los valores

de caudales máximos en la interacción de las subcuencas que se forman, para el periodo de retorno de 5 años se pudo determinar que el valor más crítico es de $96 \text{ m}^3/\text{s}$, para el periodo de retorno de 10 años se pudo determinar que el valor más crítico es de $104 \text{ m}^3/\text{s}$, para el periodo de retorno de 25 años se pudo determinar que el valor más crítico es de $117 \text{ m}^3/\text{s}$, para el periodo de retorno de 50 años se pudo determinar que el valor más crítico es de $127 \text{ m}^3/\text{s}$ y para el periodo de retorno de 100 años se pudo determinar que el valor más crítico es de $139 \text{ m}^3/\text{s}$. Los valores que se determinaron se pueden validar a partir de investigaciones que se realizaron en la zona que se asemejan a los determinados en la investigación. Los valores determinados para la velocidad en ambos márgenes del río se determinaron a partir del análisis del caudal crítico de ello se pudo determinar que para un periodo de retorno de 100 años en valor de la velocidad es de $139 \text{ m}^3/\text{s}$, este valor se pudo determinar a partir de un modelo hidráulico con el componente topográfico correctamente realizado, para el levantamiento topográfico se tuvo que tomar un tramo de alrededor de los 1000 m que se encuentra en las cercanías del sector denominado San Carlos, el cual fue seccionado cada 20 metros. Finalmente, para determinar los valores de tirantes máximos se hizo uso de modelos de abstracción con ayuda del software HEC-RAS con ello se pudo determinar que para un periodo de retorno de 100 años el valor de los tirantes se aproxima a 1.7 m en el margen izquierdo, mientras que en el margen derecho se presenta un valor de 1.53 m en promedio.

Para Oblitas (2020), en la tesis que titula “Modelamiento hidráulico para el predimensionamiento de diques de encauzamiento en el río Lurín, tramo puente quebrada Verde” para la universidad San Martín de Porres, en dicha tesis se plantearon los siguientes objetivos: La región crítica del río Lurín, comprendida entre el puente Quebrada Verde, destaca por la ausencia de medidas de protección ante inundaciones, lo cual expone a riesgos a las viviendas, carreteras y áreas agrícolas contiguas a su lecho. En el marco de esta investigación, se llevó a cabo un detallado modelamiento hidrológico con el propósito de realizar un

pre dimensionamiento de diques de encauzamiento y calcular la socavación. Se consideraron periodos de retorno de 165 y 500 años, respectivamente, con el fin de determinar el caudal máximo anual en la zona de estudio, permitiendo así una evaluación exhaustiva de los riesgos asociados a posibles desbordamientos. En este contexto, se utilizaron planos topográficos aprobados por la Organización Nacional del Agua (ANA) en el contexto del proyecto "Delimitación de la faja marginal del río Lurín". Adicionalmente, se realizaron estudios detallados de mecánica del suelo para obtener información precisa sobre las características del terreno. La combinación de estos datos permitió realizar un modelamiento hidráulico completo que identificó 20 secciones en el lado derecho del cauce del río y 6 en el lado izquierdo con mayor vulnerabilidad ante inundaciones. Como parte integral del análisis, se llevó a cabo el cálculo de la altura de socavación utilizando el software Hec-Ras en las secciones identificadas, proporcionando así un pre dimensionamiento de diques. Este incluyó la determinación de la altura específica y la cota necesaria para evitar que el agua rebasara el cauce del río. Estos resultados no solo contribuyen a la comprensión detallada de los riesgos hidrológicos en la zona, sino que también sientan las bases para futuras intervenciones y medidas de mitigación destinadas a salvaguardar las comunidades y recursos afectados por eventos extremos.

Según Alaya (2020), en su tesis de investigación titulada "Caracterización de los modelamientos hidráulicos numéricos de inundaciones fluviales, Cajamarca 2020" para la obtención del grado de ingeniero civil en la Universidad Privada del Norte, plantea como objetivo principal el de identificar las características para una confiable realización del modelo hidráulico numérico ante inundaciones fluviales. A partir del cual el investigador concluyó que: En 11 de 20 investigaciones no se realizaron levantamientos topográficos o solo se utilizaron informes topográficos de asociaciones relacionadas al campo, esto pues presenta resultados pocos confiables ya que el valor topográfico de la investigación es importante. Otro punto que se observó

en la revisión de la investigaciones y se pudo evidenciar las diferencias entre definiciones de términos, pues se pudo evidenciar que en algunas investigaciones denominan al modelo del terreno como Modelo Digital de Elevaciones, Modelo Digital de Superficie o Modelo Digital de Terreno siendo estas definiciones distintas y para diferentes casos, sin embargo, todos trabajan con un modelo del terreno sin considerar vegetaciones, edificaciones u otros elementos que componen al terreno. Se pudo determinar a partir de las investigaciones que para un óptimo resultado se tiene que realizar un levantamiento topográfico de la zona de investigación, centrándose en las zonas considerados como un punto crítico para poder tener mayor fidelidad al momento de determinar un modelo digital de terreno. Para el modelamiento hidrológico es más recomendado realizar el modelo en un software que esté relacionado a la materia, ya que realizarlo a partir de cálculos manuales no presenta un nivel confiable en los resultados. Para el modelo hidráulico se pudo evidenciar una gran variedad de programas, de los cuales no se presentaron pruebas evidentes que el software IBER presente una superioridad a el resto de los softwares que se encuentran en el mercado. Para la muestra de investigaciones se pudo definir que la gran mayoría de estas se realizan haciendo uso de imágenes satelitales, pero en gran parte de ellos se realizan a partir de modelos unidimensionales y no bidimensionales por la facilidad de datos que se requieren. Es muy común que para las investigaciones que se realizan en la rama de hidráulica se investigan inundaciones fluviales, las deficiencias que se presentan en este tipo de investigaciones es no considerar una adecuada batimetría o en su defecto usar información topográfica de investigaciones precedentes que no se ajustan a la realidad actual en la que se encuentra la zona.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Según Flores (2019), en la investigación que tituló “Instalación del servicio de protección contra inundaciones del margen izquierdo del río Huallaga tramo puente peatonal puentecarrozable del distrito de

Tomaykichwa - Provincia de Ambo – Huánuco” para la obtención del grado en ingeniería civil, en el cual plantea como objetivo principal el de plantear medidas de protección ante efectos de inundaciones en el distrito de Tomaykichwa, del cual se pudo concluir que: Para el área de interés se pudo determinar que la topografía de la zona presenta una pendiente de un 15% en la parte más crítica. El trabajo topográfico se realizó a partir de un ordenamiento de cuadros técnicos por estaciones en la cual se identificaron las ubicaciones de las obras estructurales de la zona, considerando estaciones y puntos BMs, esto se realizó con la finalidad de poder trabajar de manera más ordenada el trabajo de gabinete que se requiere al momento de modelar el terreno. Para el proceso de gabinete topográfico se tomó en consideración el software Civil 3D, este programa brinda las facilidades de interfaz que se requirieron para modelar de manera fiel las características del terreno de interés. A partir del análisis histórico que se realizaron en la zona se pudo identificar que el periodo de lluvias intensas se suscita entre los meses de diciembre a marzo, por ende, en ese periodo de tiempo se incrementan los caudales de los ríos en la zona. Para el análisis hidrológico de la zona se tomaron en cuenta 3 estaciones las cuales son las más cercanas a la zona, esto con el fin de aproximar los valores de precipitación para la zona de interés, las cuales fueron Yanahuanca, Los Molinos y Tingo María. En relación a los análisis estadísticos que se realizaron se tomaron en cuenta metodologías de correlación y regresión. Para la comprobación de las tendencias que tomaron los valores se tuvo en bien realizar las pruebas de T de Student y la prueba F de Fisher, cada una de ellas realizada para la consistencia de la media y la consistencia de la desviación Standar. Con ello pues también se realizaron los modelos de probabilidades para la determinación de los valores de precipitación en diferentes periodos de retorno.

Según Mallqui (2021), en su investigación titulada “Nivel de riesgo por inundaciones en la cuenca del río Huallaga sector San Rafael - Huánuco 2019” que se realizó para optar el grado de ingeniero civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, plantea como objetivo principal

el de Determinar el valor en riesgo al cual se encuentra el sector de San Rafael a causa de inundaciones generadas por el río Huallaga. Con el cual el investigador concluyó lo siguiente: Principalmente lo que se demostró en la investigación es la realización de la metodología Saaty para la determinación de las zonas de riesgo por inundación que se generen en la capital del distrito de San Rafael, con ello se pudo determinar que la zona presenta un nivel de riesgo medio frente a inundaciones validando así la hipótesis que se plantea en la investigación. Aplicando la misma metodología se pudo determinar que el nivel de peligro ante inundaciones en la zona de interés es de un medio y con ello la vulnerabilidad se pudo caracterizar en un grado alto debido al contexto en el que se encuentra la zona. Toda la información pudo ser tratada en forma de rasters que se lograron evidenciar a partir de mapas temáticos identificando las zonas más críticas para poder tomar medidas. A partir de la realización de planos con la información de las defensas ribereñas planteadas en la zona del cauce del río Huallaga se pudo determinar que en total se tiene 1736 m de estructura, ubicándose así los puntos más críticos como el barrio denominado Chancadora en donde se localiza una defensa ribereña de casi 6m de altura, para toda la obra de estructuras de defensa se calculó en la investigación un presupuesto de aproximadamente 7 millones de soles.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. METODOLOGÍA DEL SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS-CN)

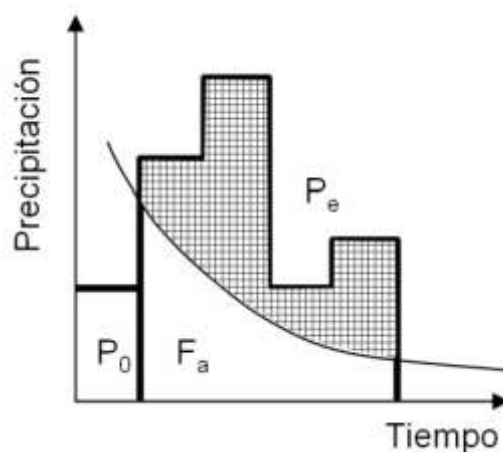
Esta metodología se basa en la determinación de la escorrentía superficial que se acumula en la zona de investigación, también se puede decir que se determinan los valores de lluvia neta acumulada que se toma a partir del inicio de un aguacero hasta un punto determinado de interés. (Azagra, 2007)

El servicio de Conservación de Suelos en su Departamento de Agricultura (USDA SCS), a partir de las revisiones metodológicas

realizadas en 1954 a 1985, plantea una metodología accesible para el desarrollo del cálculo de escurrimiento a partir de la utilización de las siguientes variables: Lluvia antecedente, tipo de suelo, uso de suelo, cobertura vegetal tratamiento de suelo, estudio de hidrología y capacidades de infiltración en el suelo. Esta metodología es de carácter empírico, la metodología se sustenta a partir de la variedad de determinaciones que se realizaron por el SCS. La formulación presenta sus fundamentos en la realización que realiza la SCS a partir de la cual se pueden determinar los valores de las abstracciones de precipitación ante eventos de tormenta. (Farias, 2014)

Figura 1

Variables aplicadas al número de curva



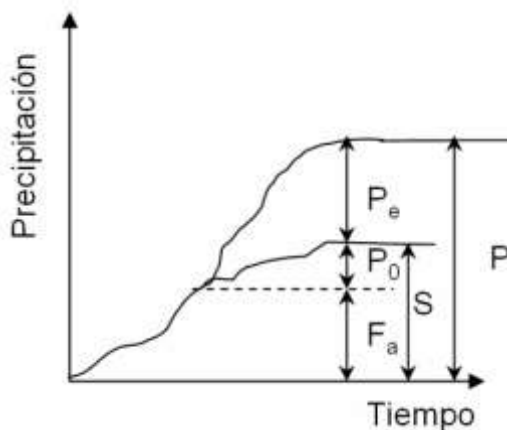
Fuente: (Farias, 2014)

De la figura mostrada, se puede identificar que para una tormenta con precipitación total P , este valor dada su naturaleza presenta valores superiores o iguales a la profundidad de Exceso de Precipitación, Precipitación Neta o a los valores de Escorrentía Superficial " P_e o E_s ". De la misma manera, se puede evidenciar que la cantidad al inicio de la tormenta " P_0 ", no presenta una escorrentía evidente, esto se debe a que en ese periodo de tiempo no se produce un encharcamiento, es por ello que la escorrentía neta potencial se puede determinar cómo " $P - P_0$ ". Una vez se inicia el evento de escorrentía, se pueden evidenciar que los valores de profundidad de cuenca F_a es menor o igual al valor de

retención potencial máxima que presenta la cuenca “S” lo cual se puede describir como “ $S = P_0 + Fa$ ”.

Figura 2

Concepto gráfico del número de curva



Fuente: (Farias, 2014)

Partiendo de la ecuación de la continuidad que se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$P = P_0 + Fa + P_e$$

Del cual se sabe:

P = Valor de precipitación total

P_0 = Abstracción inicial

Fa = Valor de abstracción continuada

P_e o E_s = Valor de precipitación neta o Escorrentía superficial

S = Valor de retención potencial máxima

El departamento de agricultura (SCS USDA), presenta una relación entre los valores reales y potenciales a partir de la siguiente formulación:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{E_s}{P - P_0}$$

De la relación que se estableció, se puede interpretar que para los valores de pérdida real entre las pérdidas máximas o pérdidas potenciales es equivalente a el valor de la división de los valores de escurrimiento superficial real con el escurrimiento superficial máximo.

Partiendo de la combinación del enunciado con la ecuación de la continuidad, del cual se puede despejar la el valor de la escorrentía neta, con ello se obtiene la ecuación base para el cálculo de la escorrentía directa planteada por el SCS, el cual se muestra a continuación:

$$E_s = \frac{(P - P_0)^2}{P - P_0 + S}$$

El valor de P_0 se da a partir de la interceptación, infiltración y el almacenamiento en las zonas cóncavas del terreno que se suscitan en el periodo inicial de la escorrentía superficial, los valores de afectación se fundamentan a partir de las siguientes expresiones:

$$E_s = 0 \quad \text{si} \quad P < P_0$$

$$E_s = \frac{(P - P_0)^2}{P - P_0 + S} \quad \text{si} \quad P \geq P_0$$

Esto significa que, al momento de iniciarse los eventos de precipitación, la escorrentía que se genera hasta el momento hasta que se superen los valores del umbral de escorrentía o dicho de otra manera por la abstracción inicial de la lluvia. A partir de ello la división de la USDA SCS plantea una relación empírica que se genera entre los valores de umbral de escorrentía P_0 con el valor de retención máximo presentada en la cuenca S.

$$P_0 = 0.2S$$

$$E_s = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

El SCS planteó a partir de los conocimientos de variabilidad que presenta el parámetros S de la cuenca, que este valor solo puede encontrarse entre 0 y 100, con ello nace el concepto de número de curva (NC), valor que se determinar a partir de las siguientes expresiones:

$$NC = \frac{25400}{S + 254}$$

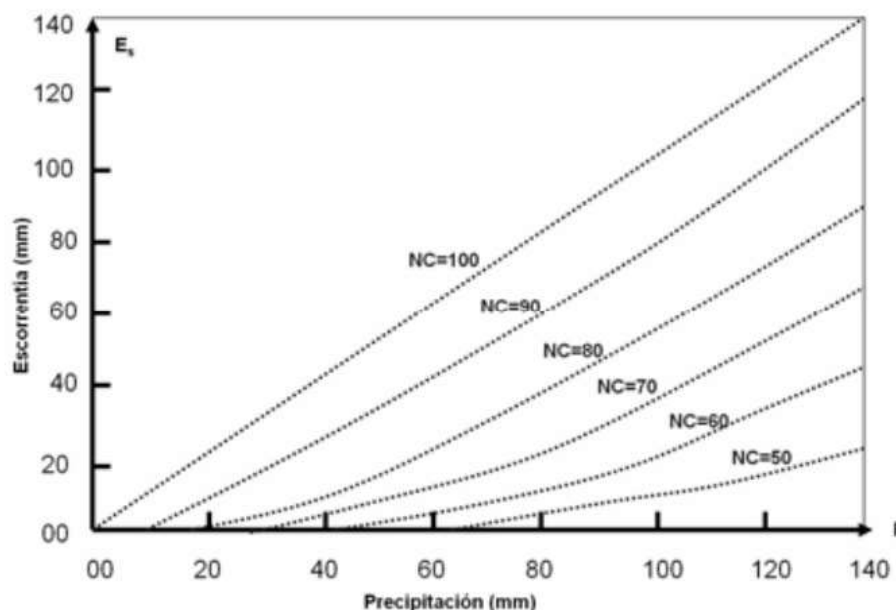
$$S (mm) = 254 \left(\frac{100}{NC} - 1 \right)$$

$$P_0 (mm) = \frac{5080}{NC} - 50.8$$

A partir de estas expresiones se puede realizar la siguiente gráfica para la determinación de los números de curvas:

Figura 3

Valores del número de curva



Fuente: (Farias, 2014)

De las características que se determinen para el número de curva se puede decir que, si una cuenca posee un alto valor en el número de curva el umbral de escorrentía será menor, lo que significa que la cuenca presentará un menor escurrimiento. Si fuera el caso de que una cuenca posea un NC de 100, esto significaría que la cuenca es totalmente impermeable y que la precipitación que se suscite en la misma se transformará en escorrentía.

2.2.2. GRUPO DE SUELO PARA HIDROLOGÍA

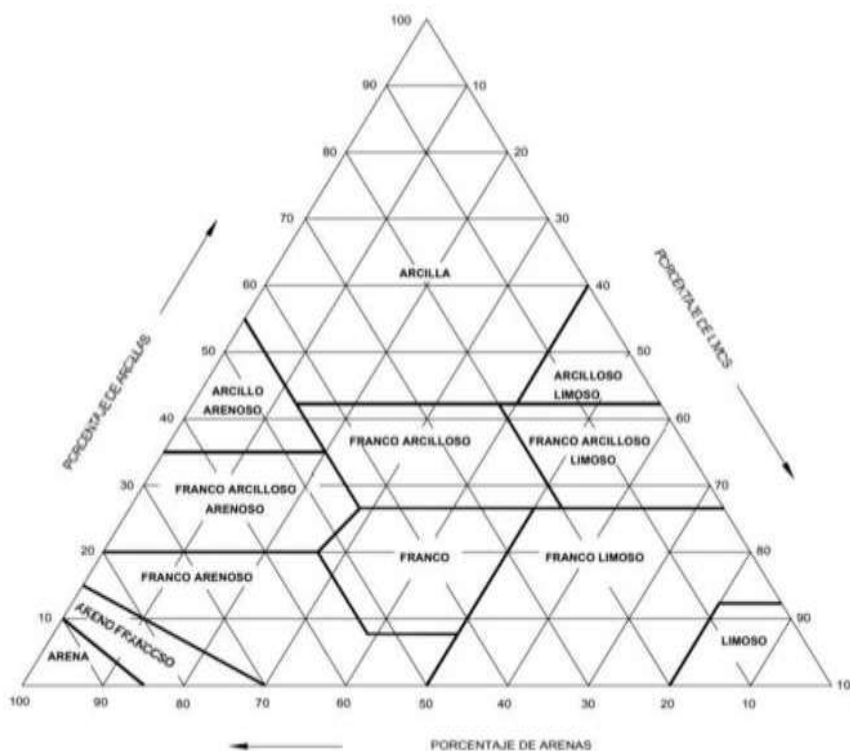
A partir de las características de suelo que se presentaron en diversas investigaciones se tomó como adecuado realizar una clasificación de acuerdo a la capacidad de infiltración que presenta un determinado suelo, por correlación también se pudo definir los

potenciales de escorrentía que se generen en el terreno, la clasificación se da de la siguiente manera:

- **Grupo A:** Suelos con características permeables altas por ello una menor escorrentía. Suelos con características profundas, con características gruesas, generalmente son arenosos o arenosos limosos.
- **Grupo B:** Suelos con características de permeabilidad moderada. Este tipo de suelos generalmente se presentan con texturas franco-arenosas con profundidades medianas y suelos franco profundos.
- **Grupo C:** Suelos con una permeabilidad baja con texturas franco-arcillosas o en algunos casos arcillosas con una baja capacidad de infiltración cuando se saturan, o en casos de presencia de estratos impermeables.
- **Grupo D:** Suelos característicos de alta impermeabilidad con características arcillosas, dentro de esta clasificación también se considera a los suelos que presentan capas arcillosas.

Figura 4

Clase textural de la USDA



Fuente: (Farias, 2014)

2.2.3. COBERTURA VEGETAL – USO DE SUELO

Las características de usos de suelo se toman en cuenta a partir de la profundidad y extensión en radio que se encuentra la cobertura vegetal, estos valores también se pueden determinar a partir de la distribución y densidad de la vegetación. A partir de la característica del suelo se puede relacionar estas características con los valores del NC, debido a la presencia de un suelo con poca cobertura vegetal y con rasgos de erosión se puede decir que este suelo presentará un número de curva elevado por la poca infiltración de precipitación que se puede dar en esta zona, mientras que por otro lado los suelos con una cobertura vegetal densa y con una distribución adecuada presentará un valor de NC más reducido, debido a que el suelo presenta características favorables para la infiltración. Los valores de cobertura vegetal también se pueden discretizar a partir del grado de cobertura que se presenta, los cuales pueden ser pobre, media y buena, de la misma forma se puede incorporar el criterio de presencia de trabajo a partir de la clasificación de las curvas de nivel.

2.2.4. VALORES DE PENDIENTE DE TERRENO

La metodología del número de curva se realizó inicialmente aplicado en terrenos planos, pero es de conocimiento que no todos los terrenos tienen esas características, es por ello que se tiene que realizar una relación entre los valores de pendiente que presente el terreno de investigación, en algunas circunstancias para la determinación del NC del terreno es importante tener en cuenta el valor de la pendiente a causa de que los valores de escorrentía e infiltración se ven afectadas por la pendiente de un terreno determinado.

2.2.5. DETERMINACIÓN DEL NC

Para la determinación del valor de NC se puede hacer uso de una tabla de triple entrada que presente las variables de Pendiente/Suelo/Cobertura. Dentro de dicha tabla se presentan los diversos escenarios en los que se pudiera encontrar el terreno.

Tabla 1*Tabla de valores de NC*

Uso y aprovechamiento del suelo	Pendiente (%)	Valor del NC a partir de los valores de permeabilidad		
		A	B	C
Barbecho R	≥ 3	7	6	8
		7	8	9
Barbecho N	≥ 3	7	8	8
		4	2	6
Barbecho R	< 3	7	7	8
		1	8	2
Barbecho N	< 3	7	7	8
		1	8	2
Cultivos en hilera R	≥ 3	6	7	8
		9	9	6
Cultivos en hilera N	≥ 3	6	7	8
		7	6	2
Cultivos en hilera R	< 3	6	7	7
		4	3	8
Cultivos en hilera N	< 3	6	7	7
		4	3	8
Cereales de invierno R	≥ 3	6	7	8
		3	5	3
Cereales de invierno N	≥ 3	6	7	8
		1	3	1
Cereales de invierno R	< 3	5	7	7
		9	0	8
Cereales de invierno N	< 3	5	7	7
		9	0	8
Rotación de cultivos pobres R	≥ 3	8	7	8
		6	7	5
Rotación de cultivos pobres N	≥ 3	6	7	8
		4	5	2
Rotación de cultivos pobres R	< 3	6	7	7
		3	3	9
Rotación de cultivos pobres N	< 3	6	7	7
		3	3	9
Rotación de cultivos densos R	≥ 3	5	7	8
		8	1	1
Rotación de cultivos densos N	≥ 3	5	8	7
		4	9	8
Rotación de cultivos densos R	< 3	5	6	7
		2	7	6
Rotación de cultivos densos N	< 3	5	6	7
		2	7	6
Pradera pobre	≥ 3	6	7	8
		8	8	6
Pradera media	≥ 3	4	6	7
		9	9	8
Pradera buena	< 3	4	6	7
		2	0	4
Pradera muy buena	< 3	3	5	6
		9	5	7
Pradera pobre	≥ 3	4	6	8
		6	7	1
Pradera media	≥ 3	3	5	7
		9	9	5

Pradera buena	< 3	2 9	4 8	6 9
Pradera muy buena	< 3	1 7	3 3	8 7
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal pobre	≥ 3	4 5	6 6	7 7
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal media	≥ 3	3 9	8 0	7 3
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal buena	≥ 3	3 3	5 4	6 9
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal pobre	< 3	4 0	6 0	7 3
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal media	< 3	3 5	5 4	6 9
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal buena	< 3	2 5	5 0	6 7
Masa forestal muy clara		5 6	7 5	8 6
Masa forestal clara		4 6	6 8	7 6
Masa forestal media		4 0	6 0	6 9
Masa forestal espesa		3 6	5 2	6 2
Masa forestal muy espesa		2 9	4 4	5 4
Rocas permeables	≥ 3	9 4	9 4	9 4
Rocas permeables	< 3	9 1	9 1	9 1
Rocas impermeables	≥ 3	8 6	8 6	8 6
Rocas impermeables	< 3	9 3	9 3	9 3

Fuente: (Ponce, 1989)

2.2.6. CUENCA

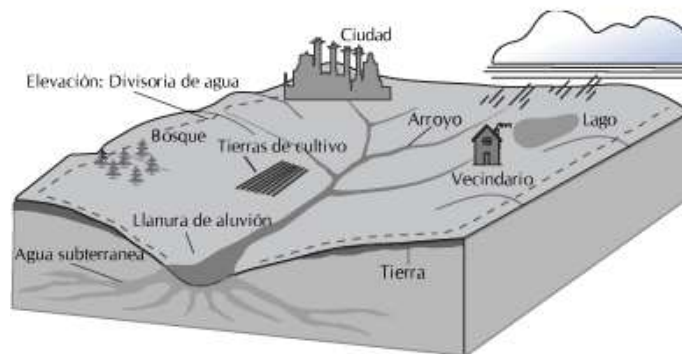
Se puede definir a una cuenca como la porción de terreno por el cual transcurre en flujo de agua o un sistema de el mismo, de tal manera que todo el flujo de agua es drenado en un punto en común, dentro de ella se tiene en consideración los flujos superficiales y subterráneos, para su delimitación nos valemos de las denominadas divisorias de agua. (Gutiérrez, 2014) A partir de la definición que se planteó se pueden identificar algunas partes características de la cuenca, las cuales se mencionan a continuación:

➤ Divisoria de aguas

Esta se define como la línea imaginaria que separa dos porciones de tierra en cual el drenaje se dirige hacia un determinado río las cuales se dirigen hacia otros ríos, la zona que se encuentra dentro de las divisorias de agua se denominan cuencas.

Figura 5

Esquema generalizado de una cuenca

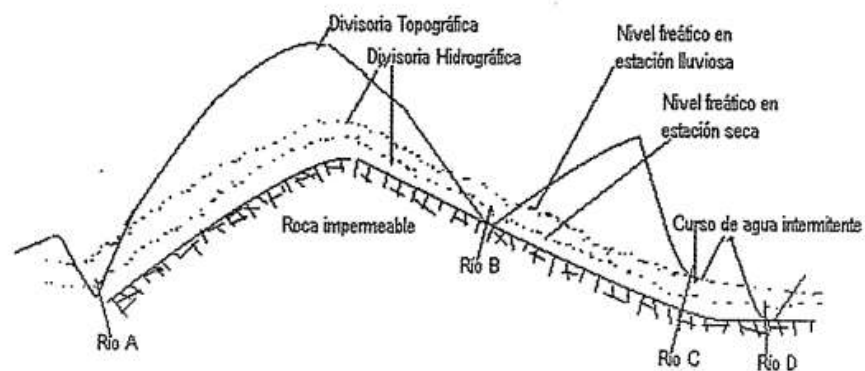


Fuente: (Tello, 2016)

Las divisorias se clasifican de la siguiente manera: Divisoria topográfica, se define a la parte de terreno por el cual una gota de agua si se escurriese libremente pasaría por la divisoria; y la Divisoria hidrográfica, la divisoria se define a partir de las aguas subterráneas que se encuentre en el terreno. (Gutiérrez, 2014)

Figura 6

Vista de perfil de cuenca



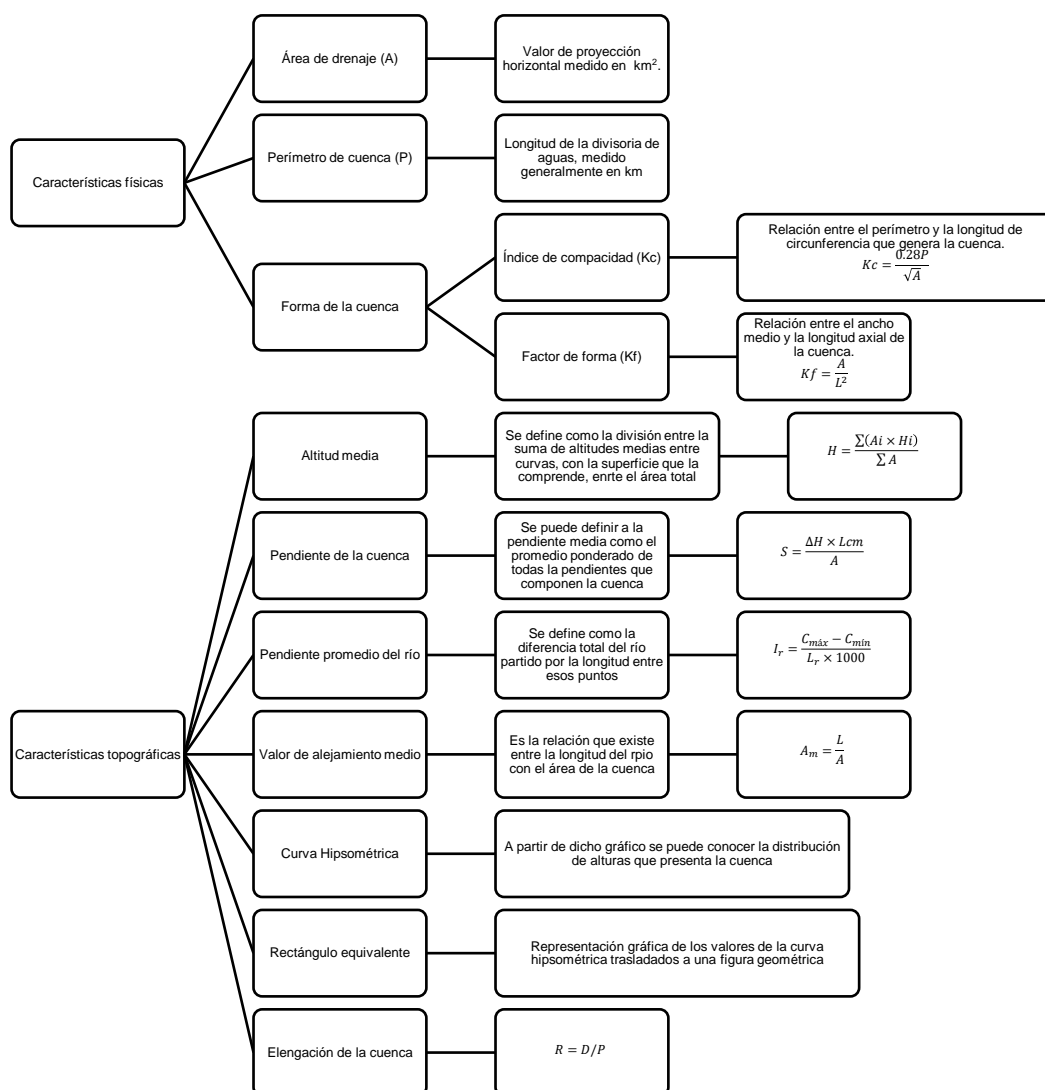
Fuente: (Gutiérrez, 2014)

➤ Características físicas de una cuenca

A partir de una caracterización de cuencas a nivel físico se pueden establecer similitudes y afinidades entre cuencas de diversas localidades. Dichas características dependerán netamente de los valores de morfología que se puedan determinar, los tipos de suelo, actividades agrícolas, etc. Los valores que se determinan presentan la facilidad de representar los componentes que hacen variar a los elementos de régimen hidrológico. Los valores de las características físicas de una cuenca hacen que los valores de infiltración, evaporación, lo relacionado con el ciclo hidrológico entre otros varíen de manera directamente relacionada a las características físicas de la zona.

Figura 7

Esquema de características físicas de una cuenca



En el esquema presentado en la Figura 7 se presentan las características tanto geométricas y topográficas que caracterizan a una cuenca, pero dentro de ella también se presentan valores categorizados para la identificación óptima de las características Según Universidad Nacional Agraria La Molina (2016), para la caracterización de las cuencas con respecto a su área estas se pueden dividir en: Cuencas, Subcuenca y Micro cuencas si presentan valores de área de: mayores a 50 ha, entre 5 a 50 ha y menores a 50 ha respectivamente. De la misma manera en Instituto Nacional de Ecología plantea una categorización a partir de los valores de índice de compacidad los cuales se presentan de la siguiente manera: Si el índice es menor a 1.25, entre 1.25 a 1.50 y entre 1.50 a 1.75, se considerarán las siguientes categorías: Redonda a oval redonda, de oval redonda a oval oblonga y de oval oblonga a rectangular oblonga respectivamente. Con relación al factor de forma Se clasificó los rangos de: 0.01 a 0.18, 0.18 a 0.36 y 0.36 a 0.54; se pueden denominar: Muy poco achatada, ligeramente achatada y moderadamente achatada respectivamente. Según los valores de pendientes Gutiérrez (2014), los clasifica de la siguiente forma: con una pendiente porcentual de: 0 a 2, 2 a 5, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 25, 25 a 50 y mayor a 50; se pueden categorizar como: Llano, suave, accidentado medio, accidentado, fuertemente accidentado, escarpado y muy escarpado respectivamente. De las definiciones las más amplias se presentan dentro de las curvas hipsométricas y el rectángulo equivalente es por ello que ahondaremos un poco más en los siguientes ítems.

➤ **Curva hipsométrica**

Esta gráfica es la representación del relieve que presenta una cuenca, se presentan las variaciones altitudinales tomando como referencia el nivel del mar. La gráfica se puede determinar a partir de una metodología de cuadrículas del numeral predecesor o la determinación de la planimetría de las áreas que se encuentran entre las curvas de nivel de la cuenca. Esto se puede evidenciar mediante cuadros como se muestra a continuación:

Tabla 2

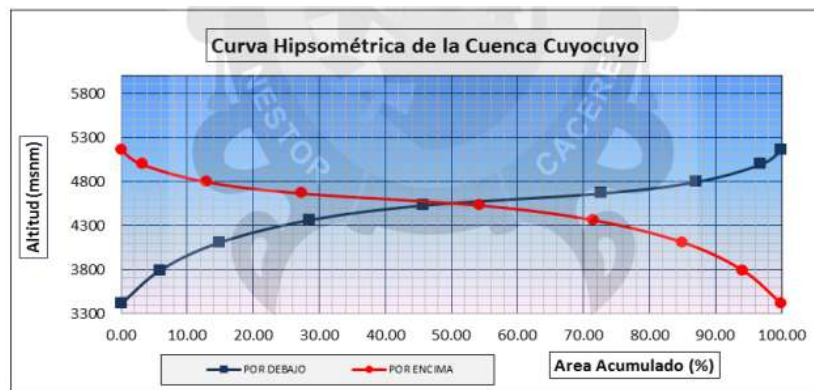
Tabla de curva hipsométrica

ALTITUD m.s.n.m.	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
	Km2	(%)	POR DEBAJO		POR ENCIMA	
			(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo						
3409.718018	0.00	0.00	0.00	0.00	107.30	100.00
3790.337158	6.343123222	5.91	6.34	5.91	100.96	94.09
4106.342773	9.712907433	9.05	16.06	14.96	91.25	85.04
4358.156738	14.47024985	13.49	30.53	28.45	76.78	71.55
4524.605469	18.5007399	17.24	49.03	45.69	58.28	54.31
4660.728027	28.9404997	26.97	77.97	72.66	29.34	27.34
4789.993652	15.46136285	14.41	93.43	87.07	13.88	12.93
4990.295898	10.50579784	9.79	103.93	96.86	3.37	3.14
5150	3.369784211	3.14	107.30	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	107.30	100.00				

Fuente: (Benique, 2018)

Figura 8

Curva hipsométrica

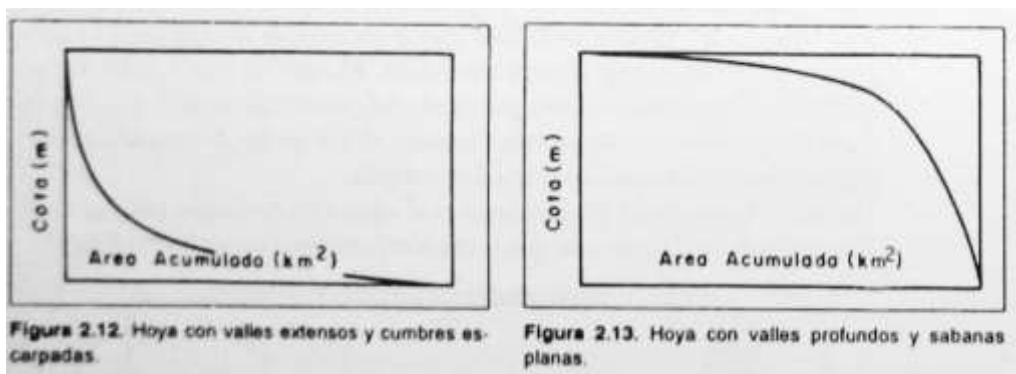


Fuente: (Benique, 2018)

Estas gráficas pueden evidenciar características del terreno de una manera sencilla, esta clasificación se muestra a continuación:

Figura 9

Características de las curvas hipsométricas



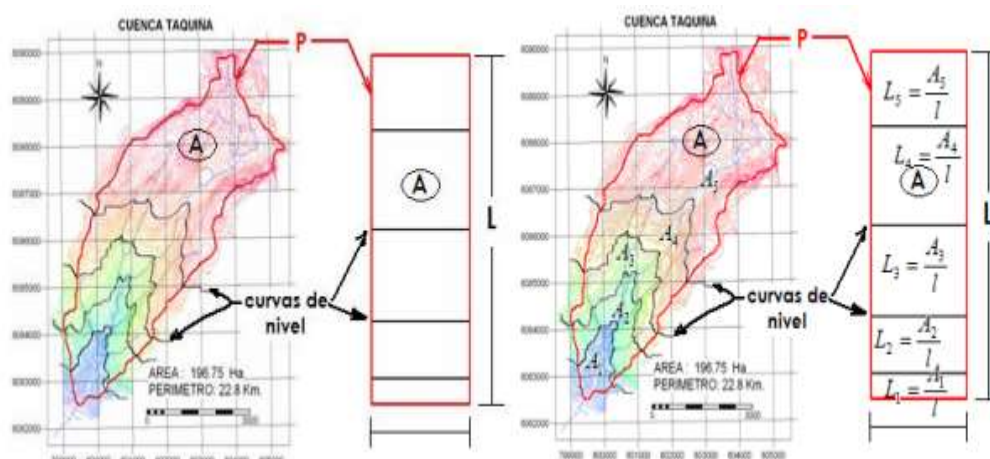
Fuente: (Monsalve, 1996)

➤ Rectángulo equivalente

Este concepto se basa en la transformación geométrica de la cuenca para representar su forma heterogénea, con una forma rectangular que posea un área y perímetro equivalente por ende un valor de índice de compacidad igual, otro de los requisitos que se requieren es que se presente una distribución de alturas y de terreno. Para la gráfica del rectángulo equivalente, las curvas de nivel se transforman en líneas paralelas del lado menor, siendo estas líneas la curva inicial y final.

Figura 10

Elaboración de un rectángulo equivalente



Fuente: (Cahuana, 2009)

2.2.7. CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE DE UNA CUENCA

➤ Orden de las corrientes

Se pueden ordenar las corrientes que atraviesan un cuenca a partir de la cantidad de corrientes tributarias posea, esto dicho de otra manera se ejemplifica así:

Corriente de 1^{er} orden: No presentan corrientes tributarios.

Corriente de 2^{do} orden: Presenta 2 corrientes tributarias de 1^{er} orden.

Corriente de 3^{er} orden: Presenta 2 corrientes tributarias de 2^{do} orden.

Y así continua la relación de orden de corrientes, a partir de ello Horton (1945) planteó el concepto de relación de bifurcación, con el cual definió el cociente entre el # de cauces en cualquier orden con el # de corrientes con un orden superior, definido en una expresión matemática se puede decir:

$$Rb = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

➤ **Características de densidad de drenaje**

Se puede definir a la densidad de drenaje como la capacidad en el cual se encuentra una cuenca para trasladar las aguas que se acumulan en la superficie a partir de las precipitaciones generados por la saturación de los suelos. (Gutiérrez, 2014)

El valor de la densidad de drenaje generalmente oscila entre los valores de 0.5 km/km² en caso de cuencas con bajo drenaje, hasta llegar a tomar valores de 3.5 km/km² en el caso de cuencas con una alta capacidad de drenaje. La relación se plantea de la siguiente manera:

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

Del cual se sabe:

L = Longitud de corrientes (km)

A = Área de la cuenca (km²)

2.2.8. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Se conoce al tiempo de concentración a los valores de tiempo en el cual en una cuenca se puede trasladar la lluvia que cayó en el punto más alejado de una cuenca se puede trasladar desde ese punto hasta la corriente de la cuenca, este valor se puede medir en minutos u horas dependiendo del caso. (Gutiérrez, 2014)

Para la determinación de los valores del tiempo de concentración se plantearon las siguientes metodologías:

➤ **Kirpich**

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

➤ **California**

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{J^{1/2}} \right)^{0.77}$$

➤ **Giandotti**

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{JL}}^{34}$$

➤ **Ventura – Heras**

$$T_c = \alpha \frac{A^{0.5}}{J}$$

2.2.9. INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA

Se puede definir a la hidrometría como parte de la hidrología superficial que se enfoca en las metodologías y aplicaciones para la determinación de los datos hidrológicos, los que son obtenidos a partir de las denominadas estaciones hidrometeorológicas, hidrológicas o de aforo. A partir de las lecturas en las estaciones se pueden obtener información de caudales, niveles de agua, temperatura, propiedades y datos sedimentológicos. (Gutiérrez, 2014)

➤ **Estaciones hidrométricas**

Son el grupo de estaciones que facilitan las mediciones en principal de los niveles de agua, caudal instantáneo a partir de aforas, valor del pH, entre otros. Estas se pueden clasificar de la siguiente forma:

Estaciones principales: Compuestas por secciones limnimétricas - limnigráficas y una sección con cables de aforo. La ubicación en que se las posiciona hace que tengan una consideración de perennes debido a que controlan los valores de escurrimiento superficial de la cuenca y por ello es importante que den informaciones continuas con el tiempo.

Estaciones secundarias: Estas estaciones pueden o no contar con una sección limnigráfica pero si cuentan con secciones de aforo y una sección limnimétrica, debido a que estas son necesarias para las lecturas de caudales altos.

Estaciones complementarias: Estas estaciones solo se encargan de la medición de los niveles para complementar información o verificar algunos valores determinados, estos se realizan a partir de un aforamiento espontáneo y justamente por este motivo no se les considera como estaciones principales o secundarias.

Estaciones terciarias: Estas estaciones se instalan con fines determinados, no presentan requerimientos de tener una naturaleza perenne ya que después de obtener los fines necesarios se retiran, sin embargo, pueden considerarse para asumir las funciones de control que se requieran.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) en su manual para prácticas hidrológicas plantea que la red mínima conformada para una red fluvial tiene que presentar las siguientes características:

Tabla 3

Tabla de curva hipsométrica

Unidad fisiográfica	Densidad mínima por estación (superficie en km ² por estación)
Zonas costeras	2750
Zonas montañosas	1000
Llanuras interiores	1875
Zonas escarpadas/ondulantes	1875
Pequeñas islas	300
Zonas polares y áridas	20000

Fuente: (Organización Meteorológica Mundial, 2011)

Dichas características no son aplicables para redes desérticas ni para zonas con grandes extensiones de hielo. Generalmente es recomendable colocar el número de estaciones a lo largo de las ramificaciones principales con grandes corrientes, para que con ello se permita la interpolación de descarga para las diversas estaciones.

Para una correcta ubicación se tiene que tener en consideración las características topográficas y climáticas.

2.2.10.LLUVIA

Para que se presenten eventos de tipo lluvia, depende de factores de presión, temperatura y en especial de la radiación solar.

➤ Origen de las precipitaciones

El proceso mediante el aire sube a la atmosfera para enfriarse, para luego generar una condensación y generar las lluvias, se pueden clasificar de la siguiente forma:

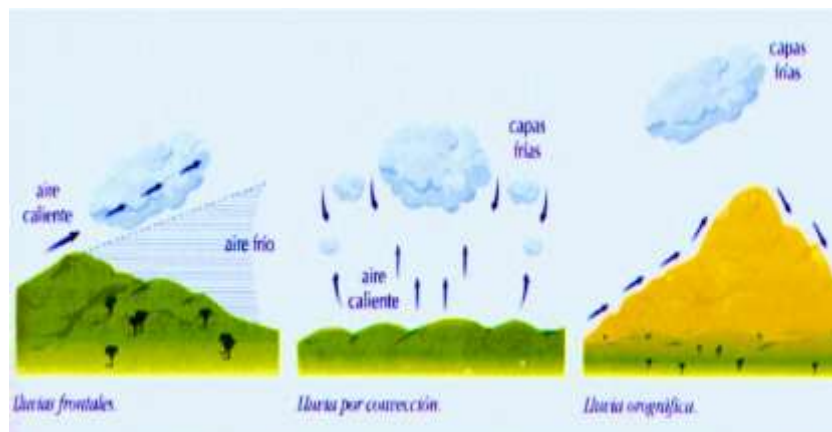
Lluvias convectivas: Este tipo de precipitaciones se forman a partir de que el aire asciende, dicho aire presenta las características de haber sido calentado in situ.

Lluvias orográficas: Este tipo de lluvias se presenta en zonas montañosas a partir de la acción de vientos húmedos.

Lluvias frontales y ciclónicas: Se incluyen dentro de este tipo de lluvias las generadas por la acción de frentes fríos, calientes y ocluidos. Las lluvias ciclónicas que son generadas a partir de ciclones extratropicales.

Figura 11

Elaboración de un rectángulo equivalente



Fuente: (Cahuana, 2009)

➤ **Análisis y relleno de datos**

Para el análisis de datos muchas de las veces es necesario realizar una estimación de valores de lluvias puntuales para una zona determinada basadas en informaciones de estaciones cercanas a la zona de interés. Esto se realiza a partir del relleno de las informaciones faltantes que representan al punto en interés.

Los valores de precipitación son muy relevantes para la realización de la hidrología y para trabajar con series continuas, es por ello que se debe realizar un relleno de información faltante en los registros de precipitación que se tengan, esto se puede realizar a partir de las siguientes metodologías:

Promedio Aritmético: Esta metodología se basa en la determinación de datos faltantes de una estación "x" a partir de la media de los valores que corresponden a 2 o más estaciones cercanas los cuales se denominan índices. Esto se realiza a partir de la precipitación anual normal, siempre y cuando los índices no difieran en más de 10% de la precipitación normal de la estación "x".

Proporción Normal: Se basa en la ponderación de los valores de precipitación de las estaciones índice, estos en proporción a los valores anuales de lluvia, esto se puede definir a partir de la siguiente expresión:

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

Esta metodología se puede aplicar hasta con más de 3 estaciones solo acondicionando la expresión anterior.

Por correlación y regresión: Se puede definir como correlación a la relación que existe entre 2 o más variables con naturaleza aleatoria, de las cuales una de las variables es independiente de la otra, pero la otra si depende de los valores de la variable independiente. Si se presenta una regresión, esta se fundamenta a partir del planteamiento de una ecuación en donde se apliquen ambas variables a la cual denominaremos ecuación de regresión.

➤ **Análisis de consistencia de datos de pluviometría**

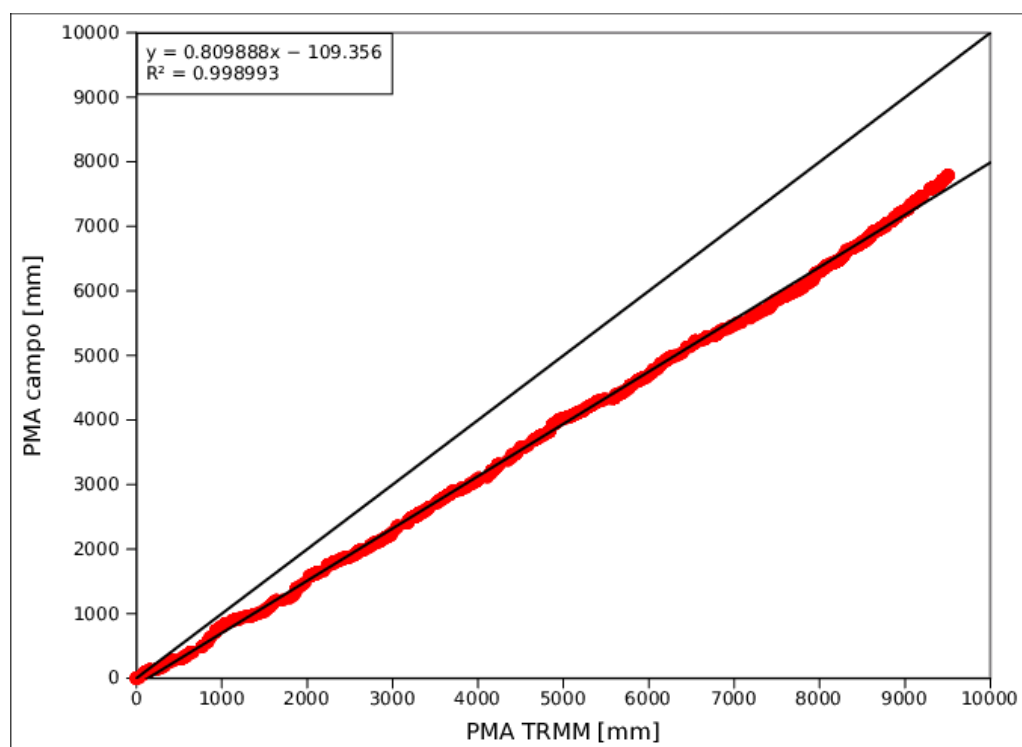
Inicialmente para realizar un análisis de precipitación se requieren una serie de valores históricos de lectura de precipitación y con ello realizar pruebas de consistencia y determinación de heterogeneidades. Algunas alteraciones en las lecturas se deben a factores múltiples, estos pueden obedecer a factores naturales o que se generen por errores humanos, que dependiendo de la precisión y tipo de investigación hidrológica requerirán de una corrección adecuada. Es por ello que a continuación se presentarán:

- **Método de dobles masas**

La finalidad de esta metodología es plantear el análisis de la consistencia de los valores a partir de la comparación con otra serie de referencia. La aplicación de esta metodología requiere que los valores de precipitación sean homogéneas, dicho de otra manera, que presenten regímenes de pluviometría similares. Para la aplicación se requieren graficar los valores de precipitación acumulada lecturado para la estación de interés, este proceso se realiza para todas las estaciones que se tomaron en consideración para la investigación. A partir de ello se logran obtener gráficas de la siguiente forma:

Figura 12

Curva de doble masa



Fuente: (Bianchi, 2012)

Si se logra demostrar que para las curvas se presentan estabilidades, dicho de otra manera, que si se observan que los incrementos son proporcionales a la línea de referencia estas por ende presenta una referencia lineal, si se diera el caso de que presenten quiebres pronunciados en las series de datos se puede sustentar que la serie de datos no son tan confiables debido a la inestabilidad de los valores. Las zonas donde se presentan los quiebres requieren de una corrección en los periodos donde se presenta, estos valores pueden ser calculados por las metodologías planteadas con anterioridad.

➤ **Registros de datos de pluviometría**

Para la recolección de datos de precipitación de datos en un punto determinado es netamente un proceso estocástico medido a partir de la periodicidad e intensidad variables dependiendo de las circunstancias en las cuales se encuentre la estación. Los parámetros que se consideran son:

- Las duraciones de lluvias
- Intensidades promedio
- Volumen de precipitación
- Lapso entre precipitaciones

El valor más importante para las lecturas de precipitación P , se puede determinar a partir de la ecuación $P = I \times t$, siendo el valor I la intensidad media y t la duración en la que se da el evento.

- **Curvas de Masa**

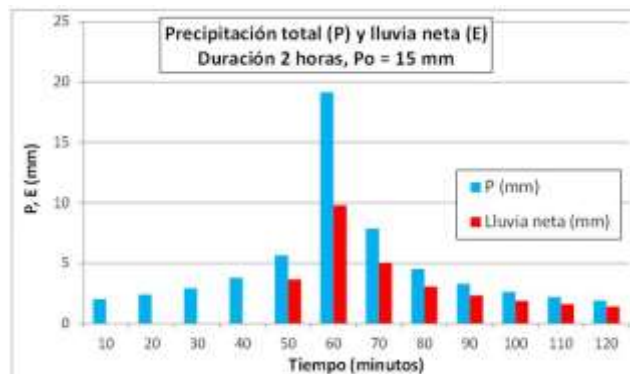
Generalmente los valores leídos en una estación determinada se presentan generalmente en curvas masa, los cuales son los valores acumulados de la precipitación en un determinado tiempo generalmente medido en horas.

- **Hietograma**

En general la distribución en el tiempo de los eventos de precipitación media se representa a partir de graficas de barras estos representados en intervalos de tiempo en comparación con la precipitación, este gráfico se denomina hietograma.

Figura 13

Hietograma



Fuente: (Bianchi, 2012)

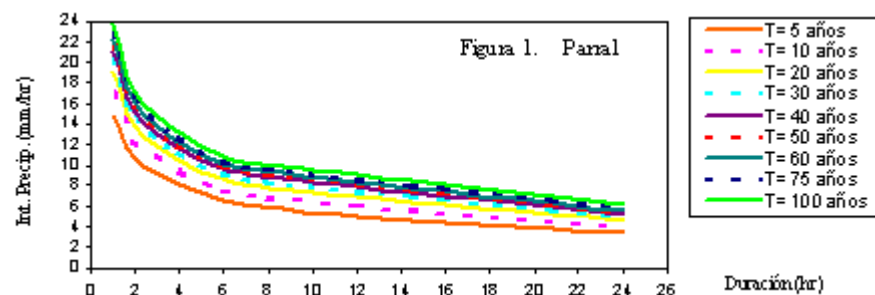
➤ Análisis de lluvias intensas

Los análisis de precipitaciones son relevantes debido a que para realizar un diseño hidráulico se requieren de los valores de eventos de lluvia o sus eventos máximos, una vez realizado la recopilación de registros históricos y comprobando que tengan una naturaleza continua y consistente. Para un óptimo diseño también se requiere de analizar las precipitaciones anuales a lo largo de su transcurso, para lo cual se deben plantear las correlaciones que existen entre 4 componentes de las lluvias intensas, lo cuales son las denominadas intensidad, duración, frecuencia y distribución.

Adicionalmente a lo planteado con anterioridad, para el análisis de lluvias puntuales se requiere plantear los valores de relación entre los valores de tormenta con respecto de duraciones, el tiempo total en el cual se suscita la lluvia, con esta información se tiene que adicionar la relación con la altura de precipitación, estas relaciones se pueden evidenciar en las gráficas IDF. Los valores de intensidades máximas de pluviometría se pueden constituir a partir de los valores de máximas anuales tomadas de varios años, o también se pueden tomar como valores aceptables los n valores máximos observados en un determinado periodo de tiempo, definiendo a n como el número de años en el periodo de consideración.

Figura 14

Curva IDF



Fuente: (Pizarro, 2015)

➤ **Variaciones en precipitación**

Para las investigaciones que se realizan en la rama de la ingeniería una de las variables importantes es el ingreso inicial de los valores de precipitaciones registradas, estos generalmente se miden como valores de profundidad o dicho de otra manera alturas en mm para una serie de puntos colocados en la zona de investigación. Con esta información se pueden determinar las estimaciones para las distribuciones espaciales en las cuales se pueden determinar las precipitaciones. Uno de los factores importantes para la estimación de precipitaciones es el a de realizar una estimación de precipitaciones medias en determinadas zonas, esto se puede lograr a partir de interpolaciones partiendo de la hipótesis de responder las funciones que reflejen el fenómeno de la precipitación. Las metodologías más resaltantes para la determinación de valores de precipitación son las siguientes:

Método de la media aritmética: Es de las metodologías más simples para la determinación de lluvias promedio por zona, para ello se consideran estaciones con pluviómetros dentro de la cuenca de interés, para que el modelo tenga información representativa se tiene que tener una red media de estaciones con buena densidad. Esto se puede representar a partir de la siguiente expresión:

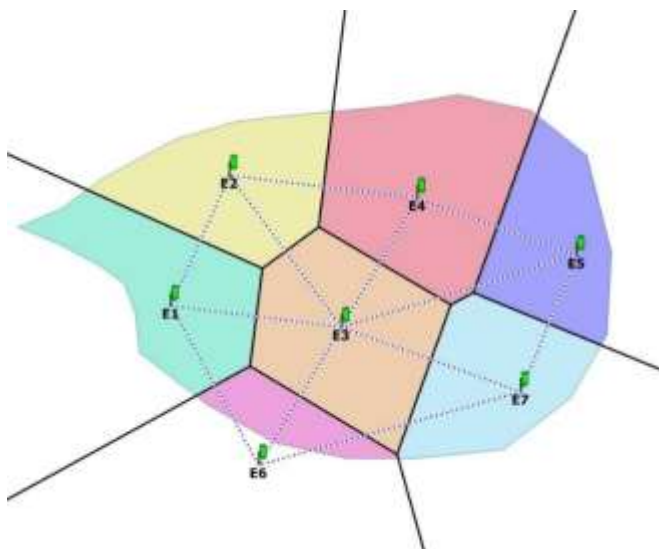
$$\overline{P_{Arit}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Polígono de Thiessen: Es uno de los métodos más comunes de aplicación, esto se basa en la realización de polígonos a partir de las estaciones para realizar una ponderación a las áreas de influencia que esta presente. Esto se representa a partir de la siguiente expresión.

$$\overline{P_{Thiessen}} = \frac{\sum A_i P_i}{A}$$

Figura 15

Polígono de Thiessen



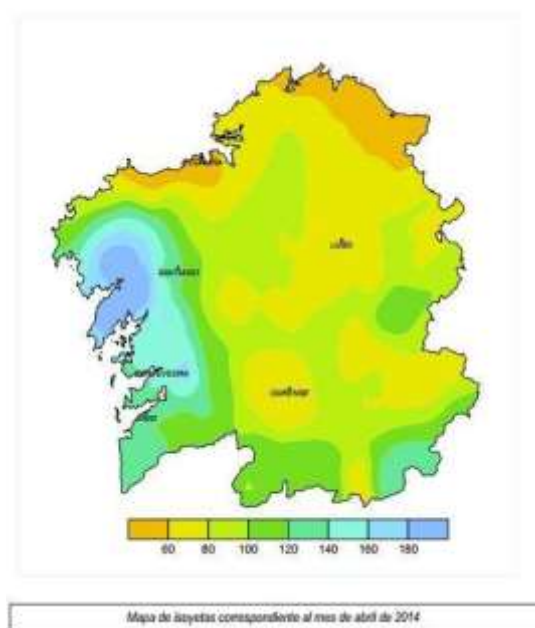
Fuente: (Pizarro, 2015)

Isoyetas: Son líneas que se trazan en un plano topográfico de la zona de interés solo que las altitudes son reemplazadas por valores de precipitación de la zona. Las líneas se realizan a base de los valores precipitantes que se recolectan de las estaciones que hay en la cuenca de interés y en sus cercanías, los valores se interpolan con la finalidad de determinar valores de precipitación más ajustados a la realidad. La metodología se puede expresar a partir de la siguiente fórmula:

$$\overline{P}_{Isoyetas} = \frac{\sum_{i=2}^n \frac{1}{2} P_{i-1} + P_i \times A_{i-1}}{\sum_{i=2}^n A_{i-1}}$$

Figura 16

Isoyetas



Fuente: (Pizarro, 2015)

2.2.11. ESTADÍSTICA APLICADA EN HIDROLOGÍA

Los causantes de un ciclo hidrológico superficial son netamente de carácter meteorológico, se sabe que la meteorología se desarrolla dentro de la ciencia estadística, debido a que tener una precisión matemática es muy complicada debido a las condicionantes hidrológicas de la zona ya que ellos llevan una naturaleza estocástica, lo que significa que parte de ellas tienden a ser predecibles y otra parte aleatorias.

➤ Pruebas de bondad y ajuste

Esta prueba tiene por finalidad el de realizar el ajuste de los valores recolectados a partir de una distribución de probabilidades dada, a partir de ello se plantean parámetros para determinar que tan adecuado es el ajuste. Las metodologías para la determinación de las pruebas de bondad y ajuste:

Prueba de Smirnov Kolmogorov: Se plantea a partir de la desviación de la función de distribución de probabilidades de la muestra

P(x) a partir de la función teórica seleccionada Po(x), del cual se puede obtener la siguiente expresión:

$$Dn = \text{máx}(P(x) - Po(x))$$

Del cual se puede decir que, los valores del nivel de probabilidad son en gran parte los de 0.05 y 0.01. Se puede plantear a partir de una comparación que si el valor de Dn es mayor al determinado como Da, la distribución se rechaza por no cumplir con los parámetros.

Prueba Chi Cuadrado: Es una prueba de ajuste entre las frecuencias revisadas ($f_m(x_i)$) y las frecuencias que se determinaron ($p(x_i)$), a partir de una distribución teórica que se fundamenta en el estadístico X^{C2} , que se define a partir de la expresión:

$$x_c^2 = \sum_{i=1}^m \frac{n[f_m(x_i) - p(x_i)]^2}{p(x_i)}$$

A partir de la expresión se pudo deducir la siguiente tabla de distribución para la prueba Chi Cuadrado:

Tabla 4

Tabla de curva hipsométrica

Grados de libertad	Error	Probabilidad
	A=0.05	A=0.01
1	3.84	4.64
2	5.99	9.21
3	7.82	11.35
4	9.49	13.28
5	11.07	15.09
6	12.59	16.81
7	14.07	18.48
8	15.51	20.08
9	16.92	21.87
10	18.31	23.21
20	31.41	37.57
30	43.77	50.69
40	55.66	63.69
60	79.08	88.38
120	146.57	158.95

Fuente: (Organización Meteorológica Mundial, 2011)

La distribución de tipo chi cuadrado se suele aplicar en los contrastes de hipótesis para diferentes situaciones, de ellos los

principales enfoques de aplicación son los realizados para los experimentos multinomial, que se relacionan con una tabla de contingencia. Con esto se logra hacer una comparación entre los resultados observados y los resultados que se esperan de una proyección.

➤ **Análisis de frecuencias hidrológicas**

Los análisis que se pueden realizar para las frecuencias hidrológicas son ampliamente utilizados para la predicción de comportamientos futuros que se pueden obtener a partir de un registro de información ya obtenido y validado para una zona determinada. Este proceso permite determinar los valores de caudal que estén asociados a partir de un periodo de retorno determinado. La veracidad de la información dependerá de la calidad del registro histórico y de la validación de la misma. (Gutiérrez, 2014)

Antes de realizar un análisis de frecuencias hidrológicas se requieren de ciertas informaciones que se presentan a continuación:

El periodo de retorno (Tr): Se define como el intervalo de recurrencia en promedio en medio de eventos que igualan o superan una determinada magnitud, cabe aclarar que el periodo de retorno no tiene naturaleza cíclica sino es un término probabilístico.

En la realidad para la determinación de los valores de periodo de retorno se utilizan 3 metodologías las cuales son: Método Empírico, Análisis de riesgo y Análisis económico.

- **Método empírico**

Se opta por realizar la magnitud del diseño en un evento extremo, La probabilidad se puede determinar a partir de la siguiente expresión:

$$P(N.n) = \frac{n}{N + n}$$

- **Análisis de riesgo**

Este concepto nace de que cualquier estructura puede fallar si se superan los parámetros para el cual fue diseñado, siendo así para una obra hidráulica se pueden establecer a partir de periodos de retorno los cuales se fundamentan a partir de la siguiente expresión:

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

- **Método del análisis económico**

Para la aplicación de este método es necesario identificar la naturalidad probabilística que presenta la serie de datos y cuáles serían sus efectos en el caso llegara a suceder. Se plantea así que a un mayor periodo de retorno se incrementan los costos y el valor de los montos de daño disminuyen.

2.2.12.DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PARA VARIABLES CONTINUAS

- **Distribución Normal**

Esta distribución presenta características de simetría en forma de campana de Gauss. Mucha de las veces este tipo de distribución no se ajustan a la serie de datos históricos, pero si son aplicados en su gran mayoría a los datos transformados que se ajusten a su naturaleza. Se fundamenta a partir de la siguiente expresión:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{S}\right)^2\right]}$$

- **Distribución Log-Normal de 2 parámetros**

Esta distribución se aplica para la determinación de valores extremos, ya sea el caso de caudales máximos o mínimos y lo mismo aplicado para la precipitaciones.

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(y-uy)^2}{2\sigma y^2} \quad x > 0$$

○ **Distribución de Gumbel o Valores extremos Tipo I**

Este tipo de distribuciones son aplicadas para el análisis de frecuencias hidrológicas, esta distribución aplica su análisis en los valores extremos que se tengan, se fundamenta a partir de la aplicación de la media y la desviación estándar, adicionalmente a ello se aplican un coeficiente de sesgo de valor 1.14, lo por lo general contradice a los valores de muestra que se tengan y en muchas ocasiones generan resultados inseguros para su aplicación.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[\frac{-x - u}{\alpha} - \exp \left(\frac{-x - u}{\alpha} \right) \right]$$

➤ **Determinación de caudales**

Estos valores son fundamentales para el diseño de dimensiones de cauce, sistemas de drenaje, estructuras de encauzamiento, sistemas de alcantarillado y parámetros en el diseño de puentes. El valor que se determine en los valores de los caudales dependerá directamente del periodo de retorno que se tome en consideración, la cual se sustenta a partir de la obra o estructura que se planteé. (Villón, 2004)

Tabla 5

Valores para el PR aplicado a zonas

Zonas	PR
Urbano, redes transporte y plantas de industria	100
Zonas agrícolas o industriales	50
Zonas de agricultura	7 - 20
Zonas forestales y fajas de inundación	<10

Fuente: (Chow, 1994)

Para la determinación de valores de caudal máximos se aplican las siguientes metodologías:

- **Metodología directa**

También llamado de sección y pendiente, para el cual el valor de caudal crítico se determinar posteriormente se suscite una avenida, basado en los datos que se tomaron en campo. Para esta metodología se realizan la selección de un tramo de río representativo, con la profundidad adecuada y que presente los niveles de agua máxima.

Se tienen que realizar levantamientos de las secciones transversales que componen los extremos del tramo de río que se seleccionó, dentro de estas características se tienen que adicionar los valores de áreas hidráulicas, perímetros mojados y radios hidráulicos.

La determinación de los valores de pendiente que presenta la superficie de agua libre tomadas a partir de las huellas de la avenida máxima investigada.

Se tienen que obtener los valores de Manning a partir de las características que presenta el cauce del río.

Tabla 6

Valores de rugosidad para n de Manning

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
<i>Acueductos de tablón:</i>				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueducto semicirculares metálicos corrugados	0.0225	0.025	0.0275	0.030
<i>Canales y zanjas:</i>				
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Degradados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhierbados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030*	0.033*	0.035
<i>Corrientes naturales:</i>				
(1) Limpios, bordos rectos, llenos, sin hendeduras ni charcos profundos.	0.025	0.0275	0.030	0.033
(2) Igual al (1) pero con algo de hierba y piedra.	0.030	0.033	0.035	0.040
(3) Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio	0.033	0.035	0.040	0.045
(4) Igual al (3), de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente.	0.040	0.045	0.050	0.055
(5) Igual al (3), algo de hierba y piedras.	0.035	0.040	0.045	0.050
(6) Igual al (4), secciones pedregosas.	0.045	0.050	0.055	0.060
(7) Ríos con tramos lentos, cauce enhierbado o con charcos profundos.	0.050	0.060	0.070	0.080
(8) Playas muy enyerbadas.	0.075	0.100	0.125	0.150

Fuente: (Villón, 2004)

Figura 17

Rugosidad natural



Fuente: (Villón, 2008)

Para el proceso de determinación del caudal se realiza a partir de la expresión de Manning el cual es:

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

Donde:

Q = Caudal máximo (m³/s)

n = Coeficiente de rugosidad

A = Área hidráulica (m²)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

▪ Método Racional

Esta metodología puede ser aplicada para cuencas con un área que no exceda los 1300 has o 13 km². Este método se fundamenta en la suposición que la máxima escorrentía generada a partir de una lluvia, se acciona cuando el valor de la duración es la misma al tiempo de concentración. Si esta sucede toda la cuenca brinda su aporte de caudal para el punto de salida de la cuenca. Esta metodología se fundamenta a partir de la siguiente expresión:

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

Donde:

Q = Caudal máximo (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad máxima de lluvia (mm/hr)

A = Área de la cuenca (has)

▪ Metodología de Mac Math

Se plantea esta metodología a partir de la siguiente expresión para el sistema métrico:

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

De donde:

C = Factor de escorrentía de Mac Math

Q = Caudal máximo en T años de retorno (m³/s)

I = Intensidad máxima de lluvia (mm/hr)

S = Pendiente promedio del cauce principal (%)

A = Área de la cuenca (has)

De la expresión planteada cabe resaltar el valore de escorrentía de Mac Math:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Los cuales representan:

C_1 = Dependiente de la cobertura vegetal

C_2 = Dependiente de la textura del suelo

C_3 = Dependiente de la topografía del terreno

▪ Método de Burkli – Zieger

Se plantea a partir de:

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

De donde:

C = Variable dependiente de la naturaleza

Q = Caudal máximo (m³/s)

I = Intensidad máxima de lluvia (cm/hr)

S = Pendiente de la cuenca (%)

A = Área de la cuenca (has)

▪ **Fórmula de Kresnik**

Planteado como:

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

De donde:

Q = Caudal máximo (m³/s)

α = Coeficiente que varía entre 0.03 y 1.61

A = Área de la cuenca (km²)

▪ **Método de Gumbel**

Se propone que:

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

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

Donde:

$Q_{m\acute{a}x}$ = Caudal máximo

N = # años

Q_i = Caudal anual

$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}$ Caudal medio

T = Periodo de retorno

σ_N, \bar{Y}_N = Constantes en función de N

σ_Q = Desviación estándar para caudales

▪ Método de Nash

Se plantea la expresión:

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

Donde:

$$a, b = \text{Cte}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = \text{Caudal cr\acute{i}tico}$$

$$T = \text{Periodo de retorno}$$

2.2.13.ARCGIS

ArcMap, junto con ArcGIS Pro, es una de las dos aplicaciones de SIG de escritorio principales que se incluyen en el conjunto de ArcGIS Desktop. Se utiliza para realizar muchas de las tareas habituales de SIG, así como tareas especializadas, específicas del usuario:

- ✓ Trabajar con mapas: puede abrir y utilizar documentos de ArcMap para explorar información, navegar por los documentos de mapa, activar y desactivar capas, consultar entidades para acceder a los datos de atributos enriquecidos que subyacen en el mapa, así como visualizar la información geográfica.
- ✓ Imprimir mapas: puede imprimir mapas, desde la cartografía más sencilla a la más sofisticada, con ArcMap.
- ✓ Compilar y editar datasets SIG: ArcMap ofrece una de las formas principales que emplean los usuarios para automatizar datasets de la geodatabase. ArcMap admite la edición de función completa escalable. Puede seleccionar capas en el documento de mapa para editarlas, y las entidades nuevas y actualizadas se guardan en el dataset de la capa.
- ✓ Usar el geoprocésamiento para automatizar el trabajo y realizar análisis: el SIG es tanto visual como analítico. ArcMap tiene la capacidad de ejecutar cualquier script o modelo de

geoprocesamiento, así como ver y trabajar con los resultados mediante la visualización de mapa. El geoprocesamiento se puede utilizar para realizar análisis y para automatizar muchas tareas rutinarias, como la generación de libros de mapas, la reparación de vínculos de datos rotos en una colección de documentos de mapa, y el procesamiento de datos SIG.

- ✓ Organizar y administrar geodatabases y documentos de ArcGIS: ArcMap cuenta con la ventana Catálogo, en la que puede organizar todos los datasets y geodatabases SIG, documentos de mapa y otros archivos de ArcGIS, herramientas de geoprocesamiento y mucha más información de SIG. En la ventana Catálogo también puede configurar y administrar esquemas de geodatabase.
- ✓ Publicar documentos de mapa como servicios de mapas: el contenido de ArcGIS cobra vida en la web al publicar información geográfica como una serie de servicios de mapas. ArcMap proporciona una experiencia de usuario sencilla para publicar sus documentos de mapa como servicios de mapas con ArcGIS Server o ArcGIS Online.
- ✓ Compartir mapas, capas, modelos de geoprocesamiento y geodatabases con otros usuarios: ArcMap contiene herramientas que facilitan las tareas de empaquetar datasets SIG y compartirlos con otros usuarios. Se incluye la capacidad de compartir sus datos y mapas de SIG mediante un portal de ArcGIS Enterprise o ArcGIS Online.
- ✓ Documentar la información geográfica: uno de los objetivos clave de las comunidades de SIG es describir su información geográfica, de forma que ayude a documentar sus proyectos, así como a realizar consultas y compartir los datos. Con la ventana Catálogo puede documentar todo el contenido de SIG. En el caso de organizaciones que utilizan metadatos basados en estándares, los

datasets se pueden documentar mediante el editor de metadatos de ArcGIS.

- ✓ Personalizar la experiencia del usuario: ArcMap incluye herramientas de personalización, como la capacidad de escribir add-ins de software para agregar nuevas funcionalidades, simplificar y mejorar la interfaz de usuario y utilizar el geoprocésamiento para automatizar las tareas.

2.2.14.HIDROESTA

HidroEsta, es una herramienta que facilita y simplifica los cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos. En el software se puede realizar:

- ✓ El cálculo de los parámetros estadísticos, para datos agrupados y no agrupados, tanto con los momentos tradicionales como con momentos lineales.
- ✓ Cálculos de regresión lineal, no lineal, simple y múltiple, así como regresión polinomial.
- ✓ Evaluar si una serie de datos se ajustan a una serie de distribuciones: normal, log-normal, gamma, log-Pearson tipo III, Gumbel y log-Gumbel, tanto con momentos ordinarios, como con momentos lineales. Si la serie de datos se ajusta a una distribución, permite calcular por ejemplo caudales o precipitaciones de diseño, con un período de retorno dado o con una determinada probabilidad de ocurrencia.
- ✓ Calcular a partir de la curva de variación estacional o la curva de duración, eventos de diseño con determinada probabilidad de ocurrencia.
- ✓ Realizar el análisis de una tormenta y calcular intensidades máximas, a partir de datos de pluviogramas, así como la intensidad

máxima de diseño para una duración y periodo de retorno dado, a partir del registro de intensidades máximas. También permite el cálculo de la precipitación promedio por los métodos promedio aritmético, polígono de Thiessen e isoyetas.

- ✓ Los cálculos de aforos realizados con molinetes o correntómetros.
- ✓ El cálculo de caudales máximos, con métodos empíricos (racional y Mac Math) y estadísticos (Gumbel y Nash).
- ✓ Cálculos de la evapotranspiración con los métodos de Thorthwaite, BlaneyCriddle, Penman, Hargreaves y cálculo del balance hídrico.
- ✓ Es posible almacenar la información de entrada en archivos, a fin de repetir los cálculos las veces que se desee.
- ✓ Los datos procesados y resultados obtenidos se almacenan en archivos de textos en formato .RTF, de donde se puede agregar a un documento .DOC cuando se quiera elaborar un informe.

2.2.15.HEC-HMS

Desarrollador/Institución: Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center-HEC) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers-USACE). El modelo HEC-HMS ha seguido una larga tradición en su desarrollo, pues es la evolución directa del conocido y ampliamente utilizado HEC-1. El programa está diseñado para simular los procesos de conversión de la precipitación en escorrentía en cuencas dendríticas, tanto en condiciones naturales como intervenidas.

Las nuevas versiones HEC-HMS presentan mejoras con respecto al antiguo HEC-1, incluyendo una mayor operatividad en el proceso de modelado distribuido, la simulación continua (no sólo de suceso) y, la interfaz gráfica de usuario que facilita las labores de entrada de datos antes del inicio del proceso de modelado y la gestión de la información generada después del modelado. Se ha desarrollado una aplicación

(HECGeoHMS) que facilita la incorporación de información espacial al modelo HEC-HMS. HEC-GeoHMS es una utilidad desarrollada para el Sistema de Información Geográfica ArcGIS y principalmente está pensado para el desarrollo de los submodelos de cuenca de HEC-HMS.

2.2.16. HEC-RAS

En la actualidad los modelos numéricos, ayudados con la capacidad de procesamiento de los ordenadores, permiten adecuarse a un esquema en dos dimensiones (2D), donde predominan las dimensiones horizontales sobre la vertical, y de esta manera conocer con mayor precisión las variables hidráulicas cuantificables (calado, velocidad, caudal, etc.) sobre la planicie de influencia al paso del agua.

HEC-RAS es una herramienta que ha venido evolucionando, y que a la fecha en su versión 5.0 (versión beta), cuenta con una extensión que permite simular el flujo de agua combinando modelos 1D/2D, así como totalmente 2D; basa su aplicación en las ecuaciones de Onda Difusiva y Sant Venant (a criterio del usuario) las cuales resuelve mediante el algoritmo de Volúmenes Finitos Implícitos. Lo novedoso de esta nueva versión, es que incorpora la ventana de interface RasMapper en la cual el usuario incorpora el modelo digital del terreno, lo cual es fundamental para la simulación en 2D.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Caudal máximo: “Se puede definir al caudal máximo como el caudal que genera desbordes en los márgenes de un canal ya sea artificial o natural a lo largo del recorrido que realiza, los valores que se conocen como máximas avenidas se pueden caracterizar a partir de caudales, elevaciones y volúmenes; dicha información toma matices relevantes para un diseño hidrológico óptimo en diferentes estructuras que ayuden a mitigar los efectos que puedan tener caudales pico en una determinada zona”. (Chow, 1994)

Cuenca hidrográfica: “Cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de

cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado de a través de una salida simple”. (Monsalve, 1996)

Curva IDF: “La Curva Intensidad Duración Frecuencia, representa la intensidad (I) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración (D) determinada que usualmente puede ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se estima tiene una probabilidad de ocurrencia, o frecuencia (F) expresada en años, lo que también se conoce como periodo de retorno”. (Pizarro, 2015)

Hidrograma: “Un hidrograma es la expresión gráfica de $Q = f(t)$. Puede representarse a escalas muy diversas: en el eje de abcisas puede aparecer un intervalo de tiempo de 12 horas o de 2 años. El área comprendida bajo un hidrograma es el volumen de agua que ha pasado por el punto de aforo en el intervalo de tiempo considerado”. (Universidad de Salamanca, 2015)

Lluvia: “Precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor a 0.5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas. Si no alcanza la superficie terrestre, no sería lluvia sino virga y si el diámetro es menor sería llovizna. La lluvia se mide en milímetros al año, menos de 200 son insuficientes, entre 200 y 500 son escasas, entre 500 y 1000 son suficientes, entre 1000 y 2000 son abundantes y más de 2000 son excesivas”. (Organización Meteorológica Mundial, 2011)

Numero de curva del SCS: “Reflejan la capacidad de la cuenca vertiente para producir escorrentía durante una lluvia. El parámetro permite obtener la lluvia neta, así como definir el Coeficiente de Escorrentía de cada cuenca”. (Farias, 2014)

Periodo de retorno: “Es el periodo de tiempo promedio, en años, en que un determinado eventos (para nuestros intereses caudal), es igualado o superado por lo menos una vez”. (Monsalve, 1996)

Tiempo de concentración: “Se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre.

Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante, al tiempo que máximo; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida”. (Universidad Politécnica de Valencia , 2012)

2.4. HIPÓTESIS

A partir de la identificación de las áreas de inundación críticas se pueden plantear medidas estructurales de control en el cauce de la quebrada Cochacan en el centro poblado de Acochacan

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Medidas estructurales

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Áreas de inundación

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIONES OPERACIONALES	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Medidas estructurales	Se presentan como medidas constructivas para la mitigación de algún efecto negativo frente algún evento, para el caso de esta investigación un evento natural.	Evaluación detallada de las características de suelo con el fin de plantear la medida estructural más eficiente en la zona	Variable Dependiente	Caudal	Valores de intensidad Característica de la cuenca Curva IDF
				Diseño	Altura de muro Ancho de muro Longitud de cauce Tipo de material
Áreas de inundación	Estado en el cual una zona que no forma parte del cauce de un río o de un canal es invadido por fluidos que transportan los canales debido a sobrecarga de la misma.	Elaboración de un modelo geoespacial para la determinación de inundaciones a partir de un modelo matemático computarizado	Variable Independiente	Parámetros hidrológicos	Factor de forma Coeficiente de compacidad Relación de elongación Datos históricos Prueba de bondad Periodo de retorno Intensidad de lluvia Registro histórico de lluvia
				Caudal	Característica de la cuenca Curva IDF

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Se define a un enfoque cuantitativo al proceso que sigue una secuencia determinada con la finalidad de probar algo. Cada uno de los procesos tienen la misma relevancia y ninguno de ellos pueden ser omitidos en el proceso. Nace a partir de una idea generalizada la cual va acotándose hasta llegar al punto en donde se derivan los objetivos y las cuestiones planteadas para una investigación. (Hernández, 2014)

A partir de esa definición esta investigación presenta un enfoque **cuantitativo** debido a que el proceso hidrológico es un proceso consecutivo el cual tiene que ser investigado y no puede omitirse ninguno de las etapas que la comprende.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Se define como alcance descriptivo a las investigaciones que se fundamentan a partir de la descripción de fenómenos, eventos contextos y situaciones, y detallar cual es el tipo de manifestación que presentan. Con este tipo de investigaciones se quieren realizar la especificación de propiedades, características y perfiles de una determinada población. (Hernández, 2014)

Partiendo de esa definición se puede establecer que la investigación tiene un alcance **descriptivo**, debido a los procesos que se realizarán en la investigación.

3.1.3. DISEÑO

Se dice que una investigación con diseño no experimental se basa a partir de la no manipulación deliberada de una variable que compone la investigación. Dicho de otra manera, se plantea que esta investigación

no realizar una variación en la variable independiente de forma intencional a fin de ver el efecto que presente en otras variables. Los diseños longitudinales se definen a partir del interés de analizar los cambios que se generaron a partir de un periodo de tiempo clasificándolos de la manera más pertinente. (Hernández, 2014)

Planteada las bases para el diseño se puede establecer que esta investigación posee un diseño **No experimental – Longitudinal**, debido a que la información recolectada se realiza en varios periodos de tiempo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Se define como población al grupo en donde se puedan generalizar los resultados que se obtuvieron en la investigación. (Hernández, 2014)

Para esta investigación se planteó como población a el cauce de la quebrada Cochacan.

3.2.2. MUESTRA

Se define como muestra al subgrupo de la población en la cual se trabajará con la finalidad de disminuir costos de investigación, pero el subgrupo que se determine tiene que componerse de la información necesaria para luego hacer la generalización en la población. (Hernández, 2014)

Para la investigación se planteó como muestra al tramo del cauce que comprende 500 m cauce arriba a partir del punto de desembocadura, comprendido en el centro poblado de Acochacan.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

➤ **Modelo de elevación de la cuenca**

Para la elaboración de un modelo del terreno a nivel de cuenca se requirió un análisis geográfico con la cual se pueda delimitar a primera vista los cauces tributarios a la quebrada Cochacán, inicialmente se realizaron observaciones satelitales de la zona en la cual se identifiquen las características topográficas de la zona.

Figura 18

Área de referencia

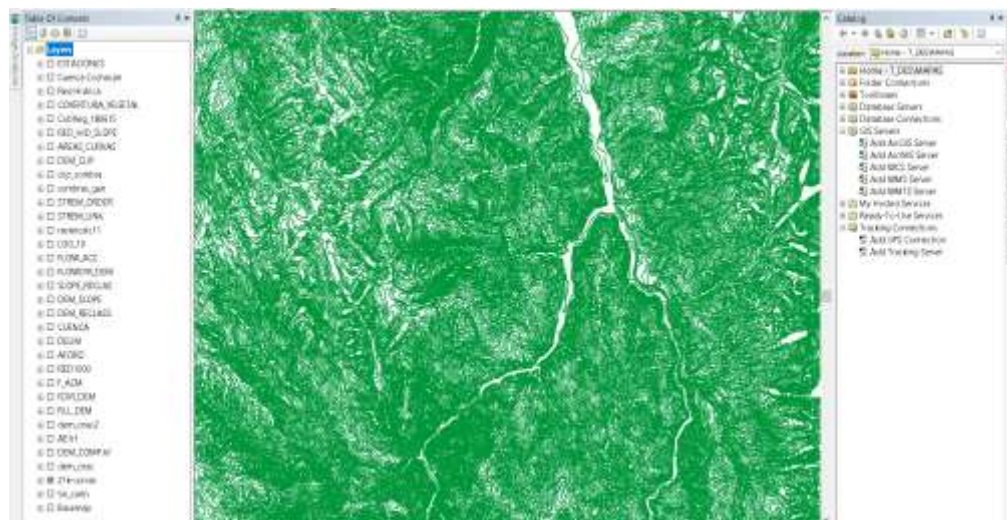


Fuente: (Google Earth,2022)

Identificada la zona de interés se procedió a recolectar la información satelital de la zona de interés, esta información se recolecto de la base de datos del Ministerio de Educación en cuya plataforma se encuentran las cartas nacionales, esta información se prefirió frente a los servicios satelitales de la NASA como el satélite ALOS PALSAR debido a que la escala de las cartas nacionales es más precisa debido a la menor cobertura en comparación a los satélites internacionales. Para la identificación de la zona de interés para los cual el sistema nacional los clasifica de acuerdo a un número y una letra.

Figura 19

Tratamiento de información en el software ArcGIS



Para la zona de interés se identificó que la zona en la que se encuentra la quebrada Cochacán es en la zona 21-k con ello se tuvo una aproximación del área de referencia, obtenida la información base para la delimitación de la cuenca se tomó a consideración recolectar información topográfica de la zona de interés en específico para la investigación, esto se logró a partir de levantamientos topográficos en la zona y visitas para la caracterización del suelo en específico de la quebrada de Cochacán.

➤ **Valores de precipitación de la zona**

La recolección de información de precipitación se realizó a partir de la información brindada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), los procesos de recolección si bien en su estado bruto no cuentan con una organización conveniente para la investigación, se consideró elaborar fichas de recolección con la cual se pueda organizar la información para elaborar un análisis más eficiente. Otra base de datos confiable para la información hídrica de una determinada cuenca del Perú son los sistemas de información del ANA del cual se tomaron en cuenta la información del sistema PISCO.

Figura 20

Base de datos SENAMHI

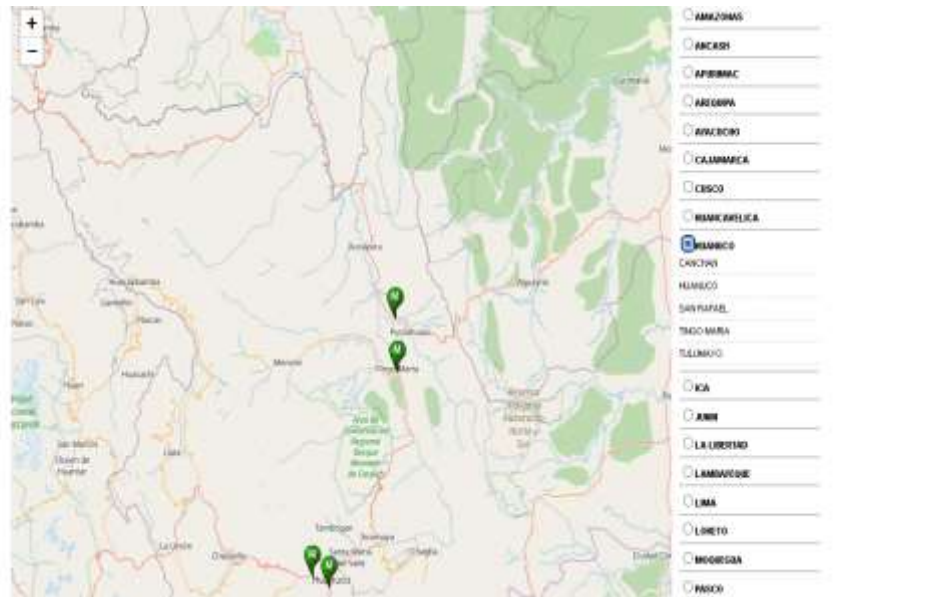
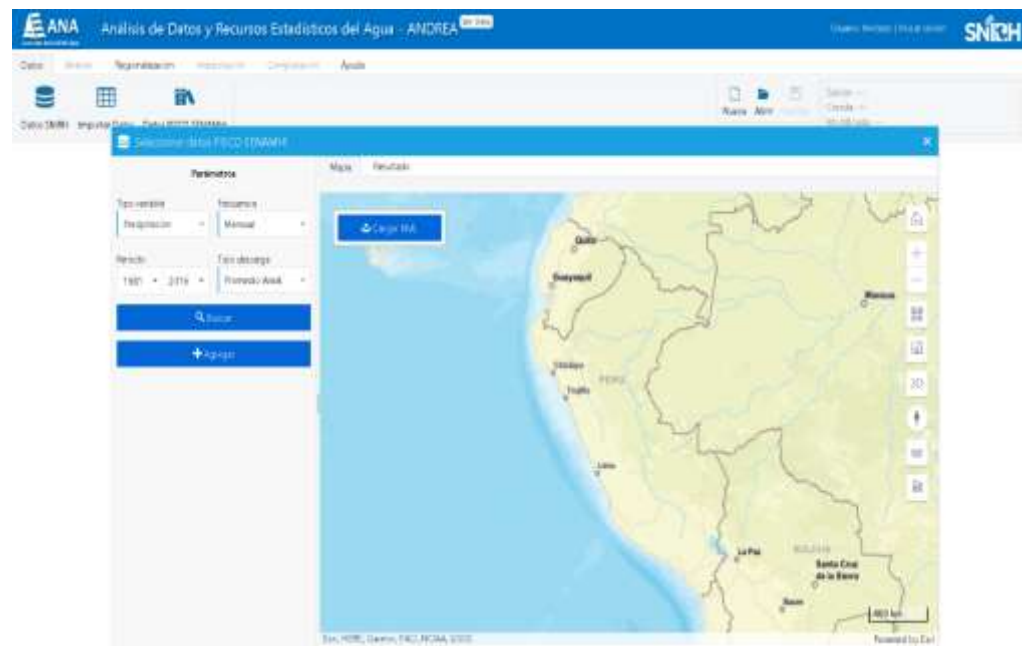


Figura 21

Sistema de datos ANDREA



3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

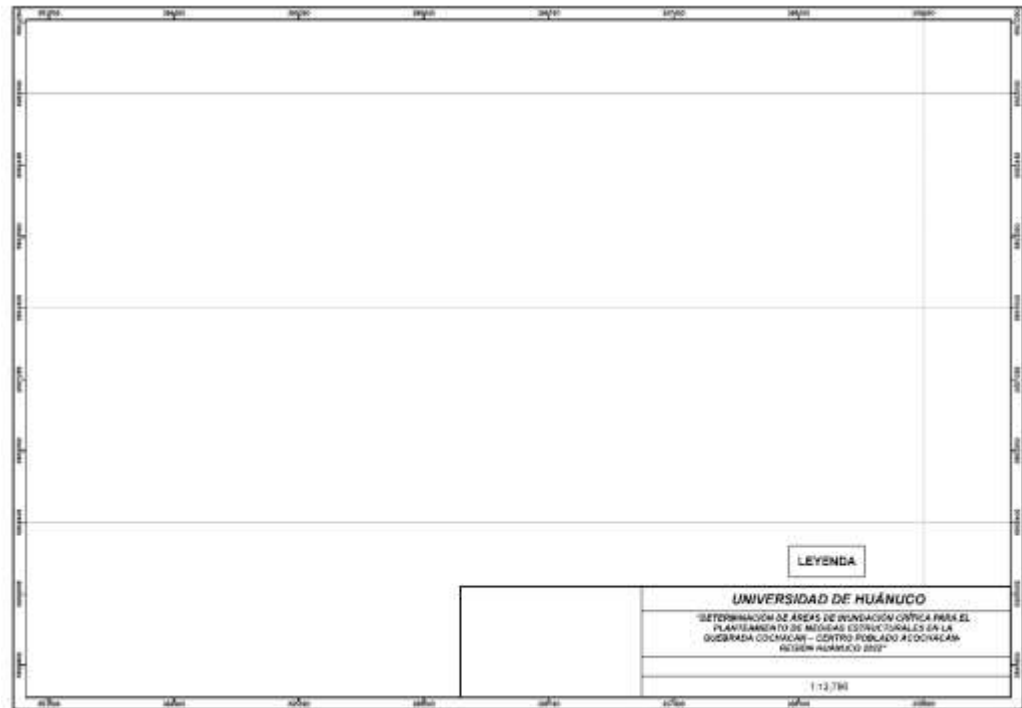
➤ Modelo de elevación

Para la presentación de los modelos de elevación y topográficos de la cuenca se tomaron en cuenta la interfaz del software ArcGIS en ella

se elaboró los esquemas de presentación cartográfica teniendo en cuenta la escala y las coordenadas de UTM de una determinada zona.

Figura 22

Esquema de presentación cartográfica



Este modelo de presentación cartográfica se aplicó en los resultados de delimitación de la cuenca y en los resultados procesados, con los cuales se evidencian de manera gráfica los resultados calculados para los valores geomorfológicos.

Tabla 8*Ficha de determinación de valores características de una cuenca*

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS PARA LA CUENCA DE LA QUEBRADA COCHACAN			
VARIABLE	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
GEOMETRÍA	ÁREA	km ²	
	PERÍMETRO	km	
	LARGO	km	
	ANCHO	km	
RELIEVE DE LA CUENCA	COTA MÁX	ms nm	
	COTA MIN	ms nm	
	PENDIENTE MEDIA	%	
	CENTROIDE X	m	
	CENTROIDE Y	m	
FORMA DE LA CUENCA	CENTROIDE Z	ms nm	
	FACTOR DE FORMA	-	
	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	-	
	RELACIÓN DE ELONGACIÓN	-	
	FACTOR DE CIRCULARIDAD	-	
RED DE DRENAJE	ORDEN DE RED HÍDRICA	-	
	LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL	km	
	LONGITUD TOTAL DE LA RED HÍDRICA	km	
	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	%	

A partir de la elaboración de los modelos geográficos de la cuenca Cochacán se lograron estimar los valores geométricos y topográficos de la cuenca, estos valores para una interpretación más eficaz se organizaron de acuerdo a la ficha presentada con anterioridad.

Tabla 9*Ficha de identificación altitudinal*

MIN	MAX	PROM	ÁREA (KM ²)	ÁREA ACUM	ÁREA SOBRE LA CRV	%ÁREA	%ÁREA SOBRE LA CRV

A partir de la estimación altitudinal a partir del modelo digital de elevación se lograron parametrizar rangos altitudinales con los cuales se estimaron los valores la altura promedio de la cuenca, la curva hipsométrica y el polígono de frecuencias de la cuenca.

Tabla 10*Ficha de hidrografía de la cuenca*

HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA					
ORDEN	CANTIDAD	LONGITUD (KM)	REPETICIONES	PENDIENTE	REP*PEND
LONGITUD TOTAL		0.00	0.00		0.00
PENDIENTE PROMEDIO					

A partir de un modelo de flujo acumulado de la cuenca se logró estimar el orden y a partir de ellas estimar la longitud del cauce principal con su respectiva pendiente y la longitud total de la red hídrica de la zona.

Tabla 11*Ficha de identificación de pendiente de cuenca*

PENDIENTE DE LA CUENCA				
PENDIENTE		PROMEDIO	CANTIDAD	FROM *CANT
MIN	MAX			
0.00	10.00			
10.00	20.00			
20.00	30.00			
30.00	40.00			
40.00	50.00			
50.00	60.00			
60.00	70.00			
70.00	80.00			
80.00	90.00			
90.00	100.00			
TOTAL				
PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA				

Del modelo de elevación digital se lograron estimar las pendientes clasificadas en porcentajes a partir de una cantidad de veces que es recurrente la pendiente promedio, con lo cual se estimó la pendiente promedio de la cuenca.

Tabla 12*Ficha de caracterización de parámetros de la cuenca*

CARACTERIZACIÓN DE FORMA DE LA CUENCA			
FORMA	COMPACIDAD	ELONGACIÓN	CIRCULARIDAD

Con los valores de los índices y parámetros de la cuenca se logró rellenar la ficha de caracterización de forma de la cuenca.

Tabla 13

Ficha de cobertura vegetal

COBERTURA VEGETAL			
TIPO	SÍMBOLO	ÁREA (ha)	PORCENTAJE

Identificado los límites de la cuenca se pueden se lograron extraer información específica para la cuenca y con ello estimar valores de tiempo de concentración.

Tabla 14

Ficha de coeficiente de escorrentía

COBERTURA VEGETAL			
TIPO	SÍMBOLO	ÁREA (ha)	PORCENTAJE

De manera similar al proceso metodológico de la estimación de la cobertura vegetal, se aplicó la metodología de intersección de los límites de la cuenca con los de tipo de uso y cobertura de suelo con la finalidad de estimar el valor del coeficiente de escorrentía.

Tabla 15

Ficha de número de curva

NÚMERO DE CURVA		
ZONA	RANGO	VALOR ESTIMADO

Con la información estimada por el Ministerio del Ambiente para la obtención del número de curva de todo el Perú se logra identificar los rangos en la cual se encuentre la cuenca y con ello estimar un valor promedio de la cuenca.

Tabla 16

Fica de tiempo de concentración

VALORES DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN										
KIRCH	TEMEZ	JOHN CROSS	GANDOTTI	SCS RANGER	V.T. QHOW	CUERPO ING. USA	NATHWAY	EC. FED. A WATON	EC. RETARDO SCS	VALOR SELECCIONADO

Tabla 21

Ficha de análisis de doble masa

AÑO	ANÁLISIS DOBLE MASA											
	PM (24hrs) - CANCHAN		PM (24hrs) - HUÁNUCO		PM (24hrs) - SAN RAFAEL		PM (24hrs) - OYÓN		PM (24hrs) - SIST. PISCO		PM (24hrs) - CENTRONDE	
	PP	ACUMULADA	PP	ACUMULADA	PP	ACUMULADA	PP	ACUMULADA	PP	ACUMULADA	PP	ACUMULADA
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												

Los valores de precipitación corregidos y validados por la prueba Outlier se rellenaron en la ficha de doble masa en la cual se estimaron los valores acumulados con lo cual se analizaron los quiebres de la serie de datos acumulados.

➤ **Caracterización estadística**

Tabla 22

Ficha de análisis estadístico de análisis finales

VALORES DE PRECIPITACIÓN	
ESTACIÓN:	
LONGITUD:	
LATITUD:	
ELEVACIÓN:	
AÑO	PM (24hrs) - SIST. PISCO
1988	
1989	
1990	
1991	
1992	
1993	
1994	
1995	
1996	
1997	
1998	
1999	
2000	
2001	
2002	
2003	
2004	
2005	
2006	
2007	
2008	
2009	
2010	
2011	
2012	
2013	
CANTIDAD DE DATOS	
SUMATORIA	
VALOR MÍNIMO	
VALOR MÁXIMO	
MEDIA	
VARIANZA	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	
COEFICIENTE DE SESGO	

La ficha se rellena a partir de los valores adecuados estimados en el análisis de pluviometría, con lo cual se pueden elaborar el análisis de distribuciones de la serie de datos.

Tabla 23*Ficha de distribución normal*

<i>N</i>	<i>PP</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DES. V. ESTÁNDAR</i>	<i>P (X) =N/N+1</i>	<i>Z = X-Xm/S</i>	<i>f(Z)</i>	<i>F(Z)</i>	<i>Delta</i>
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								

De los datos estimados en el proceso de análisis de pluviometría se aplican la metodología de la estimación de distribución para la aplicación de la prueba de bondad y determinar los valores de ajuste, el proceso similar se aplica para cada una de las distribuciones con sus respectivas fichas.

Tabla 24*Ficha de resultados de la prueba de bondad*

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN
N
Δ TEÓRICO
Δ TABULAR
NO SE AJUSTA

Con la estimación de la ficha de distribución se lograron determinar los valores del delta teórico y delta tabular con el cual se determino si la distribución se ajusta o no a la serie de valores.

Tabla 25*Ficha de resumen de distribuciones*

PRUEBA DE BONDAD KOLM OGOROV-SMIRNOV	
DISTRIBUCIÓN	Δ TEÓRICO
NORMAL	
LOG NORMAL 2P	
LOG NORMAL 3P	
GAMMA 2P	
GAMMA 3P	
GUMBEL	
LOG-GUMBEL	
CONCLUSIÓN	0.0000 #N/D

De todos los valores del delta teórico se estima el menor valor debido a que este valor mínimo representa un mejor ajuste de datos.

Tabla 26*Ficha de precipitaciones en un PR*

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

La ficha de precipitaciones a periodos de retorno se estimó identificando la distribución que más se ajustó y con la cual se puedan interpolar los periodos de retorno respectivos.

➤ **Análisis de tormenta**

Tabla 27*Ficha de precipitaciones ajustadas*

PRECIPITACIONES MÁXIMAS			
PERIODO DE RETORNO	PP	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PP AJUSTADA (1.13)
2			
5			
10			
25			
50			
100			
105			
500			
1000			
10000			

Los valores de precipitación estimados a partir de una distribución requieren de un valor de ajuste que establecen los manual de hidrología debido a la poca recurrencia en sus lecturas, generalmente en el país las lecturas de precipitación se hacen solo 1 vez por día dando pase así a un error que se intentó compensar con un factor de ajusta teniendo así valores más ajustados.

Tabla 28

Ficha de precipitación máxima desglosada

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	10000 AÑOS
1 hr	0.30									
2 hr	0.35									
3 hr	0.45									
4 hr	0.52									
5 hr	0.57									
6 hr	0.61									
8 hr	0.65									
10 hr	0.75									
12 hr	0.80									
14 hr	0.84									
16 hr	0.85									
18 hr	0.91									
20 hr	0.94									
22 hr	0.97									
24 hr	1.00									

Las estimaciones de las precipitaciones máximas se realizan a partir de la metodología del coeficiente del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, estos valores se rellenan en la ficha de precipitaciones para el cálculo simplificado de la intensidad.

Tabla 29

Ficha de intensidades

INTENSIDAD DE LLUVA (mm/hr)										
TIEMPO DE DURACIÓN	MIN	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	105 AÑOS	500 AÑOS	10000 AÑOS
1 hr	60									
2 hr	120									
3 hr	180									
4 hr	240									
5 hr	300									
6 hr	360									
8 hr	480									
10 hr	600									
12 hr	720									
14 hr	840									
16 hr	960									
18 hr	1080									
20 hr	1200									
22 hr	1320									
24 hr	1440									

La ficha de intensidades se completa a partir de los valores de precipitación desglosada con los coeficientes.

Tabla 30*Ficha de regresión lineal*

N°	X	PERIODO DE RETORNO PARA T =				
		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					
Ln(d)=		d=	n=			

Los valores de intensidad se ajustan a una fórmula en específico es por ello que se requirió elaborar una expresión matemática con la cual se puedan determinar los valores de intensidad en cualquier momento y periodo de retorno de interés, para ello se realizaron procesos de regresión lineal con las cuales se estimen los parámetros que la componen en cada uno de los periodos de retorno.

Tabla 31*Ficha de resumen regresión lineal*

RESUMEN DE APLICACIÓN DE REGRESIÓN		
PR (AÑOS)	TERMINO CTE	COEFICIENTE
	DE REGRESIÓN	DE REGRESIÓN
2		
5		
10		
25		
50		
100		
105		
500		
1000		
10000		
PROM		

Estimada las regresiones lineales para cada uno de los periodos de retorno en consideración se estimaron los valores promedios del término de regresión y el coeficiente de regresión, a partir de ello se hicieron las aproximaciones finales para la determinación de la ecuación general de la intensidad de tormenta.

Tabla 32

Ficha de regresión lineal final

REGRESIÓN POTENCIAL						
N°	T	d	ln T	ln d	ln T * ln d	(ln T)^2
1	2					
2	5					
3	10					
4	25					
5	50					
6	100					
7	105					
8	500					
9	1000					
10	10000					
10	11797					
Ln(K)=		K=		m=		

Con todos los valores de los parámetros de regresión lineal se estiman los parámetros promedios finales para la ecuación final de intensidad, y con se determinó finalmente la ecuación de intensidad para el análisis de la tormenta.

Tabla 33

Ficha de intensidades finales de tormenta

AÑOS	CUADRO DE INTENSIDADES PARA DIFERENTES PERIODOS DE DURACIÓN											
	DURACIÓN EN MINUTOS											
T	3	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T-2												
T-5												
T-10												
T-25												
T-50												
T-100												
T-105												
T-500												
T-1000												
T-10000												

Estimada la ecuación de la intensidad se logró determinar los valores de intensidad basado en esta fórmula y con ello completar la ficha de intensidades y elaborar las correspondientes curvas IDF.

Tabla 34

Ficha de hietograma

TORMENTA DE DISEÑO							
PERIODO DE RETORNO	DURACIÓN DE TORMENTA	0 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	0.000	P24hr (mm)	0.00	INTERVALO DE t (min)

Con la estimación de las curvas IDF se lograron elaborar los hietogramas a partir de bloques alternos los cuales sirvieron para el relleno de la ficha de hietograma.

➤ **Modelo hidrológico e hidráulico**

El modelo hidráulico se realizó en el software Hec-RAS en ella se ingresaron los valores determinados de caudal en el software HEC-HMS, valores característicos del suelo y el modelo de elevación del terreno caracterizando así la simulación, estos resultados se presentaron en forma cartográfica teniendo en cuenta la Figura 22.

Tabla 35

Ficha de caudales de diseño

CAUDAL CRÍTICO		
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HM S	MET RACIONAL
10		
25		
50		
100		
500		

Los valores de caudales de diseño se presentaron en la ficha con la finalidad de comparar los valores y escoger los óptimos a la cuenca de interés.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

➤ **Modelo de elevación**

El análisis con respecto al modelo de elevación se realiza a partir de una sectorización de valores altitudinales y de pendiente ya que con ello se estimaron los valores promedios con las cuales se lograron determinar características promedio para los valores de concentración de la cuenca, para los modelos topográficos específicos de área de estudio se tomaron en cuenta la pendiente que forma el eje principal del cauce y los Banks que se forman a los márgenes del cauce, teniendo identificado el eje del cauce principal se elaboraron perfiles longitudinales teniendo en cuenta que se asegure una perpendicularidad con la línea del eje principal, a partir de ello se elaboraron los modelo hidráulicos referentes a la quebrada Cochacan.

➤ **Valores de precipitación**

Los valores recolectados de la precipitación del sistema SENAMHI fueron analizados a partir de parámetros estadísticos, inicialmente se planteó un análisis de consistencia y relación de datos con las cuales se puedan identificar los valores anómalos que presente la serie, obtenidos los valores corregidos se estimaron a partir de la prueba de bondad una distribución que se ajusta de mejor manera a la serie de datos ya que se requieren valores interpolados para un cierto periodo de retorno con los cuales empezar a determinar las tormentas de diseño.

➤ **Caracterización estadística**

Se tomaron en cuenta las pruebas de bondad a partir de las distribuciones norma, log normal de 3 parámetros, log normal 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, Gamma 2 parámetros, Gumbel y log de Gumbel, a partir de los cuales se estimaron los valores de delta que representan el ajuste de una serie de datos con las distribuciones para la estimación de precipitaciones para un determinado periodo de retorno.

➤ **Análisis de tormenta**

Los valores de tormenta se analizaron a partir de los valores de precipitación estimada y la aplicación de coeficientes establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del país para los análisis hidrológicos, con dichos coeficientes se estimaron intensidades de lluvia las cuales fueron sometidos a un proceso de regresión lineal en las cuales se obtuvieron los factores de la ecuación de intensidad para cada uno de los periodos de retorno, para finalmente estimar los valores promedio de factores de una regresión lineal final estableciendo los factores de la ecuación de la intensidad para la cuenca.

Obtenida la ecuación general de la cuenca se estimaron los valores de hietograma con el método del bloque alterno para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

➤ **Modelo hidrológico e hidráulico**

El modelo hidrológico se estimó a partir de los hietogramas estimados en e proceso de análisis de tormenta, el proceso se realizó en el software HEC-HMS con la metodología del SCS Número de Curva, partiendo de eso se puede estimar los valores de caudal para los periodos de retorno de interés, de la misma forma con la finalidad de realizar una comparación de valores se realizó un análisis de caudales de diseño por el método racional. Estimados los valores de caudal se pueden elaborar los modelos hidráulicos para los periodos de retorno de interés, el proceso de análisis de la hidráulica de la quebrada se realizó en el software HEC-RAS, los resultados se pueden exportar en formato ArcGIS.

CAPITULO IV

RESULTADOS

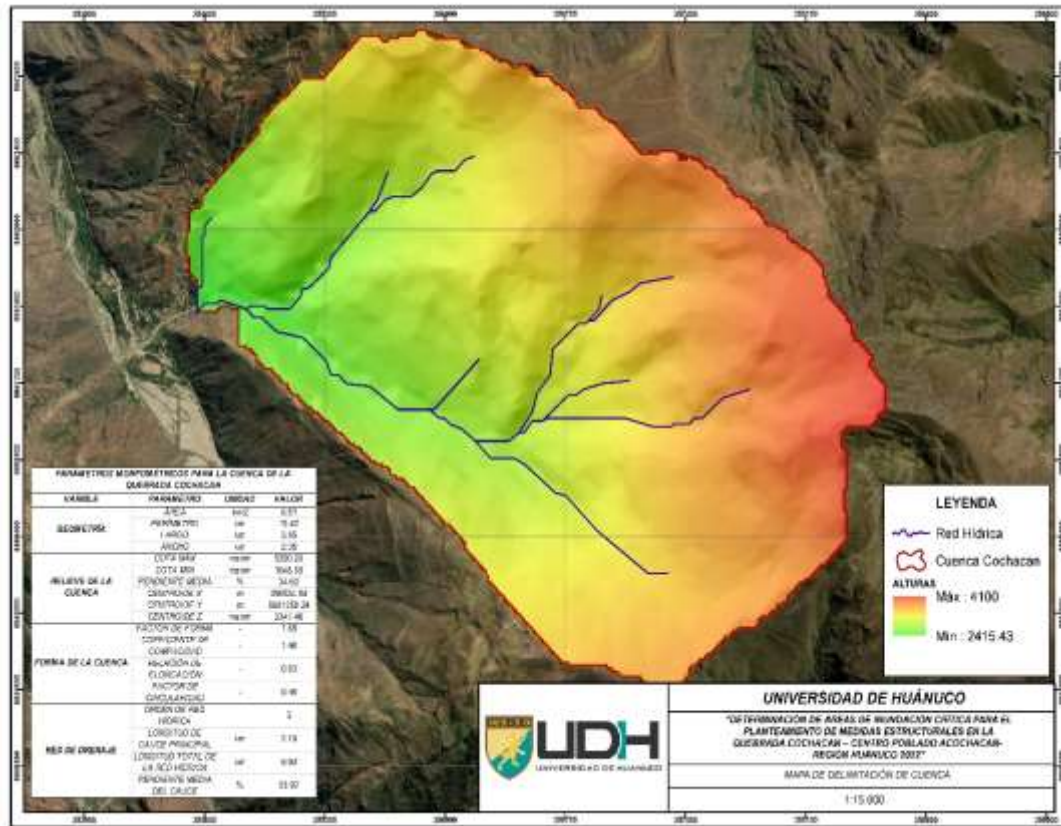
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Parametrización de la cuenca

Para el análisis hidrológico fue necesario caracterizar los parámetros geomorfológicos de la cuenca que se forma en la quebrada Cochacán, de la cual se lograron obtener los siguientes resultados:

Figura 23

Delimitación de la cuenca Cochacán



Nota. Para la delimitación de la cuenca de la quebrada Cochacán se aplicó la metodología establecida en el software ArcGIS, en la cual, mediante la identificación de alturas, el punto de aforo y la identificación de la red hídrica se pudo establecer los límites de la divisoria de cuenca que tiene una longitud de 15.42 km y un valor altitudinal máximo de 4100 msnm y un mínimo de 2415.43 msnm.

Tabla 36*Parámetros geomorfológicos de la cuenca*

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS PARA LA CUENCA DE LA QUEBRADA COCHACÁN			
VARIABLE	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
GEOMETRÍA	ÁREA	km ²	8.51
	PERÍMETRO	km	15.42
	LARGO	km	3.95
	ANCHO	km	2.35
RELIEVE DE LA CUENCA	COTA MÁX	msnm	5300.00
	COTA MIN	msnm	1048.00
	PENDIENTE MEDIA	%	34.63
	CENTROIDE X	m	356534.54
	CENTROIDE Y	m	8861358.24
	CENTROIDE Z	msnm	3347.46
FORMA DE LA CUENCA	FACTOR DE FORMA	-	1.68
	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	-	1.48
	RELACIÓN DE ELONGACIÓN	-	0.83
	FACTOR DE CIRCULARIDAD	-	0.45
	ORDEN DE RED HÍDRICA	-	3
RED DE DRENAJE	LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL	km	2.19
	LONGITUD TOTAL DE LA RED HÍDRICA	km	9.90
	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	%	53.92

Nota. A partir del modelo morfométrico de la cuenca estimada en el software ArcGIS se pudo calcular los parámetros relevantes de la cuenca Cochacán, para la cuenca se estimó un área aproximada de 8.51 km², un perímetro de 15.42 km, teniendo alturas de 5300 y 1048 como máximo u mínimo respectivamente, de la caracterización topográfica se estimó que la cuenca presenta una pendiente promedio de 0.3463, con estos factores geométricos se logró calcular los parámetros de forma de la cuenca, se determinó que el factor de forma es de 1.68, el coeficiente de compacidad que presenta es de 1.48 con una relación de elongación, 0.45 como factor de circularidad y de la red de drenaje que compone la cuenca se pudo establecer que el orden de red hídrica es de orden 3, con una longitud de cauce principal de 2.19, la red hídrica completa tiene una longitud de cauce principal de 9.90 km y que la pendiente media del cauce es de 0.53.

Tabla 37

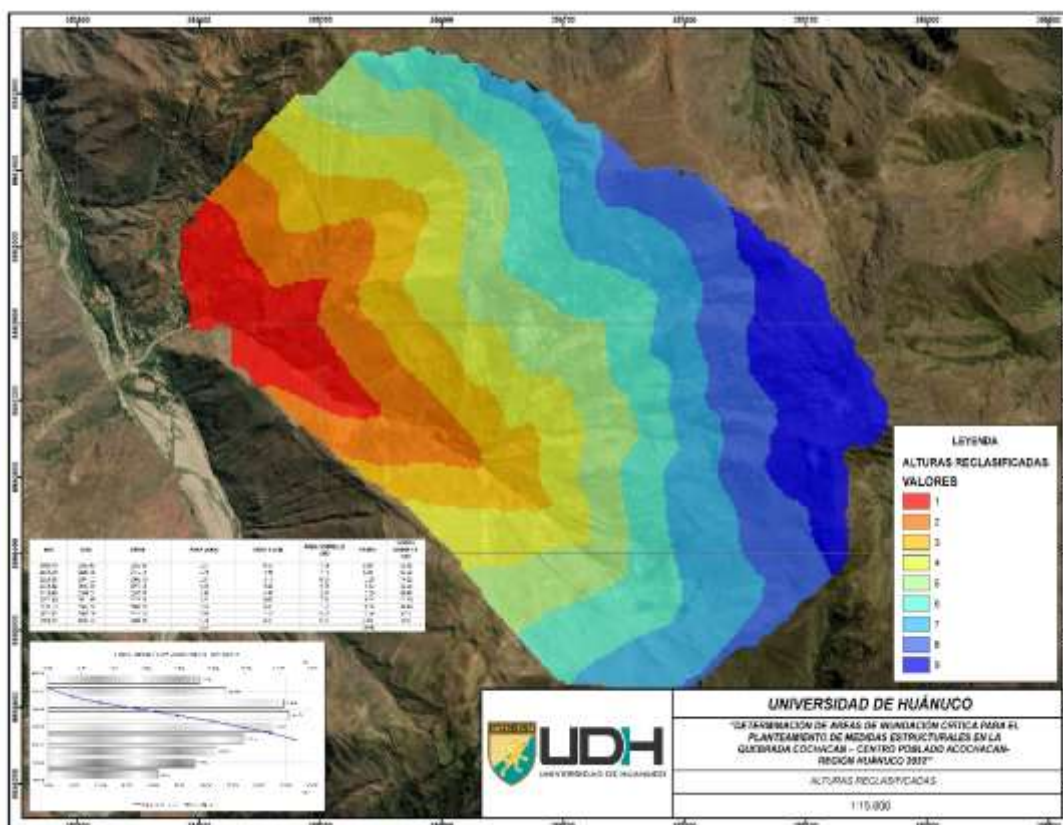
Interrelación de resultados

CARACTERIZACIÓN DE FORMA DE LA CUENCA			
FORMA	COMPACIDAD	ELONGACIÓN	CIRCULARIDAD
ANCHA	OVAL REDONDA A OVAL-OBLONGA	RELACIÓN PLANA Y CIRCULAR	OVALADA CON UN MODERADO POTENCIAL DE CRECIENTES

Nota. De la caracterización morfológica de la cuenca se pudo determinar que para el valor de factor de forma que fue estimado con un valor de 1.68 la cuenca se caracteriza como “ancha”, de la delimitación se determinó que el coeficiente de compacidad es de 1.48 con lo cual la cuenca se caracteriza como “oval redonda a oval-oblonga”, teniendo una relación de elongación de 0.83 se puede caracterizar a la cuenca con características de “relación plana y circular” y con el factor de circularidad de 0.45 se caracteriza a la cuenca como “ovalada con un potencial de crecientes”.

Figura 24

Agrupación de altitudes



Nota. Del modelo digital de elevación se pudo elaborar una agrupación y clasificación de las alturas en la zona con la finalidad de estimar el polígono de frecuencia y la curva hipsométrica, de la clasificación de alturas se pudo identificar que entre los 3334.53 a 3511.49 msnm (zona de color turquesa) se encuentra la mayor área de la cuenca, siendo así la altitud recurrente 3423.01 msnm.

Tabla 38

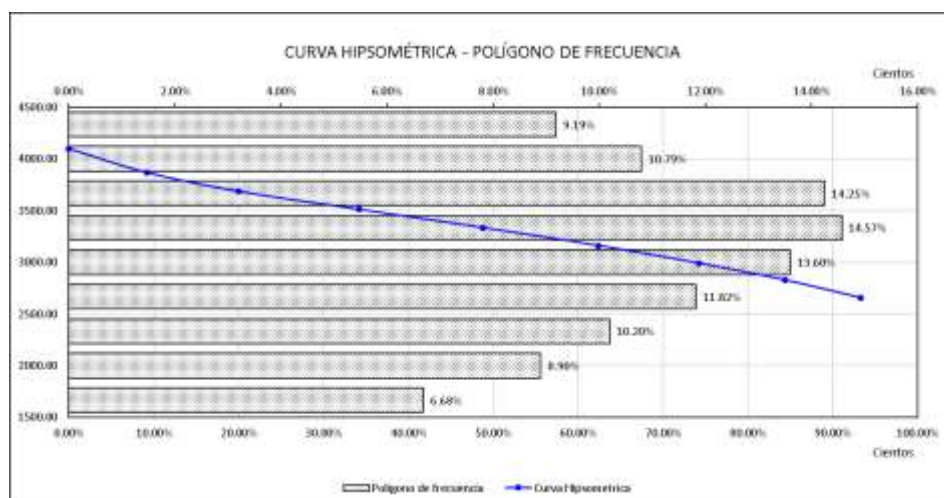
Agrupación de alturas

MIN	MAX	PROM	ÁREA (KM2)	ÁREA ACUM	ÁREA SOBRE LA CRV	%ÁREA	%ÁREA SOBRE LA CRV
2415.43	2655.43	2535.43	0.57	0.57	7.94	6.68	93.32
2655.43	2826.38	2740.91	0.76	1.33	7.18	8.90	84.42
2826.38	2991.02	2908.70	0.87	2.19	6.32	10.20	74.22
2991.02	3160.89	3075.95	1.01	3.20	5.31	11.82	62.40
3160.89	3334.53	3247.71	1.16	4.36	2.91	13.60	48.80
3334.53	3511.49	3423.01	1.24	5.60	2.91	14.57	34.23
3511.49	3687.02	3599.26	1.21	6.81	1.70	14.25	19.98
3687.02	3868.29	3777.66	0.92	7.73	0.78	10.79	9.19
3868.29	4100.00	3984.15	0.78	8.51	0.00	9.19	0.00
			8.51			100.00	

Nota. Para la tabla se estimaron intervalos de altura en la cual se encuentran todos los valores que comprende la cuenca de interés con ello se logró estimar las áreas para cada uno de los intervalos, estimándose así que el valor altitudinal recurrente es de 3423.01 msnm con una presencia de 1.24 km² o su equivalente un 14.57% del área total de la cuenca. Con dicha información se planteó el polígono de frecuencia y su correspondiente curva hipsométrica

Figura 25

Polígono de frecuencias y curva hipsométrica



Nota. Según la forma de la curva hipsométrica (línea de color azul) se pudo identificar que la cuenca se encuentra en un estado de madurez y equilibrio, estimándose también de la misma figura el valor de 3423.01 msnm como altitud de mayor recurrencia en promedio del área total de la cuenca. Se puede identificar que los valores altitudinales entre los rangos de 2415.43 a 2655.43 msnm comprenden la menor área de la cuenca con un porcentaje de 6.68%.

Tabla 40

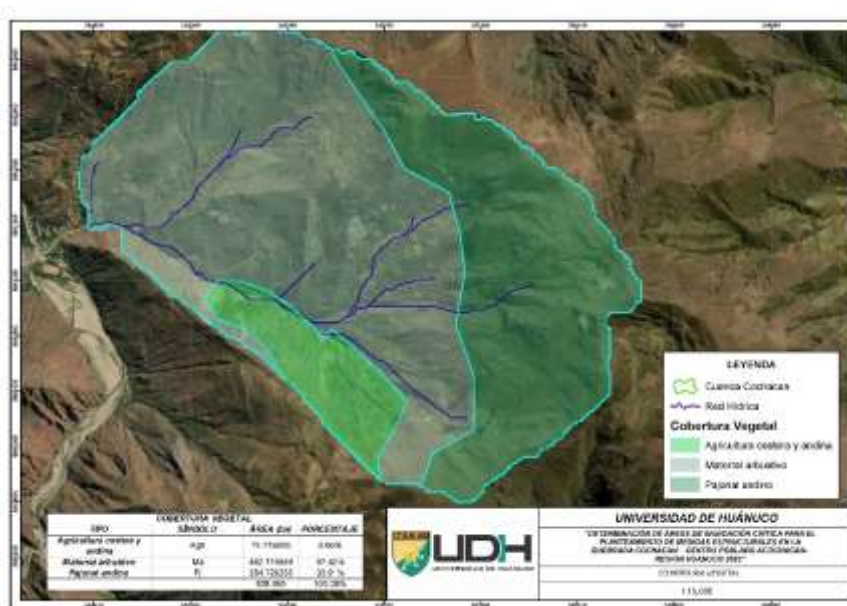
Clasificación de la hidrografía

HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA					
ORDEN	CANTIDAD	LONGITUD (KM)	REPETICIONES	PENDIENTE	REP*PEND
1.00	460.00	5.80	2460.00	58.04	142775.30
2.00	158.00	1.90	1414.00	50.49	71387.03
3.00	175.00	2.19	186.00	25.46	4736.19
LONGITUD TOTAL		9.90	4060.00		218898.52
PENDIENTE PROMEDIO				53.92	

Nota. A partir del software ArcGIS se logró identificar las acumulaciones de flujo con los cuales se logran determinar los cauces que componen la cuenca Cochacán de esta caracterización se logró determinar que el orden que tiene la cuenca es de tercer orden de la cual se determinó que la longitud de la red hídrica es de 9.90 km y solo el cauce principal es de 2.19 km obteniendo también las pendientes de todas las redes de la cual se ponderó para la determinación de la pendiente media de la red hídrica de la cual se pudo determinar el valor de 0.5392.

Figura 27

Cobertura vegetal de la cuenca



Nota. Con la información recolectada del servidor nacional de información cartográfica se pudo determinar la cobertura vegetal característica para la zona de interés, dentro de ella se identificó que la cuenca presenta 3 tipos de cobertura de las cuales son: “Agricultura costera y andina”, “Matorral arbustivo” y “Pajonal andino”.

Tabla 41*Áreas de cobertura vegetal*

COBERTURA VEGETAL			
TIPO	SÍMBOLO	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
Agricultura costera y andina	Agri	72.719858	8.66%
Matorral arbustivo	Ma	482.115889	57.42%
Pajonal andino	Pj	284.729253	33.91%
		839.565	100.00%

Nota. Con la clasificación cartográfica se pudo determinar el área que ocupa cada una de las coberturas teniendo así que las coberturas de “Agricultura costera y andina”, “Matorral arbustivo” y “Pajonal andino” ocupan 72.72, 482.12 y 284.73 ha respectivamente, estos valores a su vez interpretados en porcentajes son de 8.66%, 57.42% y 33.91% dando como cobertura predominante al “Matorral arbustivo”.

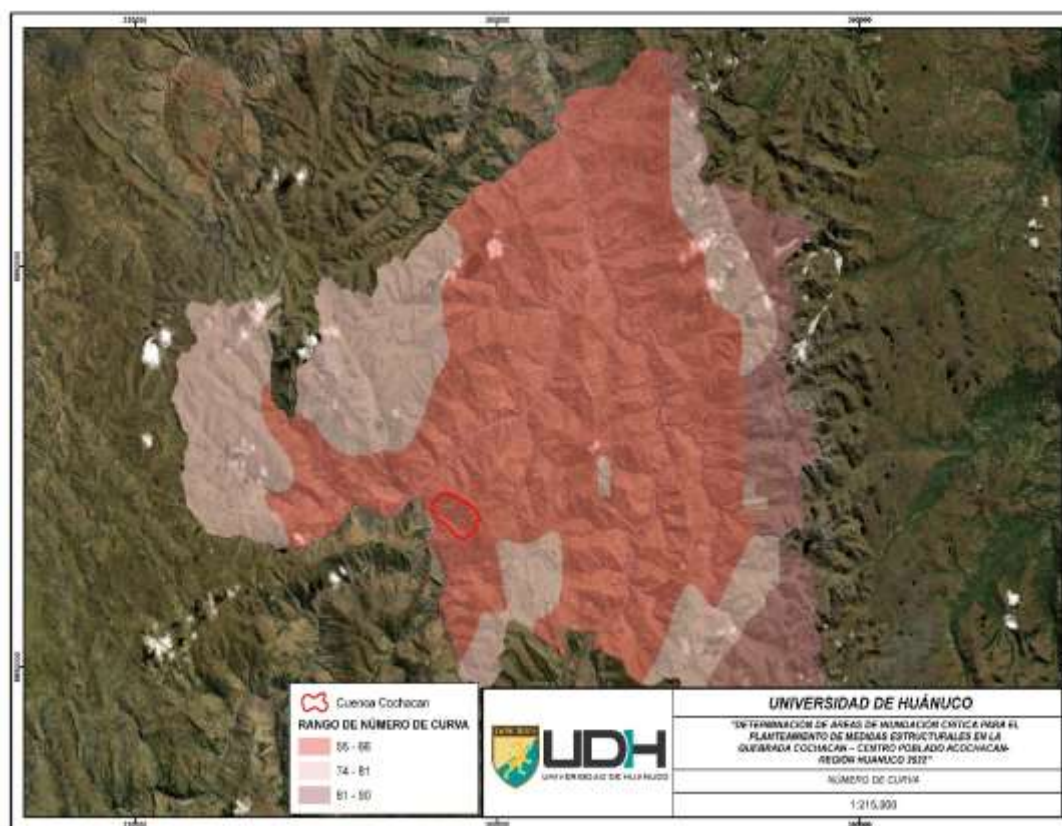
Tabla 42*Coefficiente de escorrentía*

CÁLCULO DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA				
ÁREA (ha)	TEXTURA	PENDIENTE	ZONA URBANA	C
88.55	FRANCO LIMOSA	15	ÁREA SEMI-URBANA	0.4
159.28	FRANCO ARCILLOLIMOSA	10	ÁREA SEMI-URBANA	0.4
67.93	FRANCO LIMOSA	12	ÁREA SEMI-URBANA	0.4
535.25	ARCILLOSA	20	ÁREA SEMI-URBANA	0.4
COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA				0.4

Nota. Con la identificación de los tipos de cobertura que se encuentran delimitadas por la divisoria de la cuenca se pudo estimar la distribución de áreas para la determinación del cálculo de escorrentía los cuales fueron de 88.55, 159.28, 67.93 y 535.25 ha para texturas “Franco Limosa”, “Franco Arcillolimosa”, “Franco Limosa” y “Arcillosa”.

Figura 28

Número de curva



Nota. El sistema de gestión espacial peruana cuenta con una caracterización de número de curva por rangos para la provincia de Ambo se pudo identificar la presencia de 3 rangos definidos los cuales son de 55-66, 74-81 y de 71-90, la cuenca delimitada para el sitio de interés se encuentra dentro del rango de 55-66.

Tabla 43

Estimación del número de curva

NÚMERO DE CURVA		
ZONA	RANGO	VALOR ESTIMADO
ACCOCHACAN	55-66	60.5

Nota. Se estimó que para la zona de la cuenca de Cochacán debido a que en su totalidad la cuenca se encuentra dentro del rango de 55-66 se consideró óptimo tomar un valor promedio dentro de los márgenes con los cual se estimó que el valor óptimo es de 60.5.

Tabla 44

Tiempo de concentración

VALORES DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN										
KIRPI CH	TÉM EZ	JOH N	GIAND OTTI	SCS RAN CER	V.T. CH OW	CUE RPO	HATH WAY	EC. FED.	EC. RETA	VALOR SELECCIO NADO

CRO SS			ING. USA			AVIAT ION	RDO SCS			
0.15 hrs	0.26 hrs	0.80 hrs	0.54 hrs	0.09 hrs	0.55 hrs	0.57 hrs	0.66 hrs	0.47 hrs	0.60 hrs	1.50 hrs

Nota. A partir de las diferentes metodologías para la determinación del tiempo de concentración se pudo determinar que el valor máximo de tiempo es de 0.80 hrs con la metodología de Jhon Cross, sin embargo, para tener en cuenta una mejor distribución de hietograma para la hidrología se consideró pertinente tomar como valor de tiempo de concentración a 1.50 hrs o su equivalente 90 min.

Caracterización de lluvia

Para la caracterización de la lluvia en la zona de Cochacán se tomaron en cuenta 4 estaciones pluviométricas, 1 estación simulada a partir de los valores del sistema Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations (PISCO) en la cuenca Cochacán, 1 estación interpolada a partir de las 4 primeras para el centroide de la cuenca, con lo cual se lograron los siguientes resultados.

Tabla 45

Datos de pluviometría de la estación Canchán

DATOS DE PLUVIOMETRÍA															
ESTACI ÓN:	CANCHÁ N		LON GITU D:	76°18'34. 62"			LAT ITU D:	9°55'15.4 3"		ELEV ACIÓ N:	1986 msnm				
AÑO	E N E	F E B	M A R	ABR	M A Y	J U N	J U L	AG O	S E P	O C T	N O V	DIC	PRECI P. PROM	PRE CIP. MÍN	PREC IP. MÁX
1988										6. 2	6. 0	19.80	10.67	6.00	19.80
1989	2. 0	1. 2	1. 3	7.60	4. 2	3. 0	8. 6	0.00	1. 2	1. 8	6. 6	65.40	14.47	0.00	65.40
1990	8. 1	7. 5	9. 2	12.5 0	1. 3	7. 5	0. 2	2.00	5. 5	1. 4	1. 5	7.80	9.40	0.20	18.10
1991	5. 6	1. 2	0. 0	5.60	5. 0	5. 3	0. 0	0.00	7. 0	1. 5	1. 2	17.50	7.18	0.00	17.50
1992	8. 7	1. 2	1. 2	7.50	3. 0	2. 6		21.0 0	3. 3	6. 0			8.47	2.60	21.00

1993	1 0. 8 0 0	2 7. 3 0 0	16.3 0	1 9. 0 0 0	4. 7 0 0 0	1. 0 0 0 0	1.30	9. 1 0 0 0	9. 4 0 0 0	1 5. 4 0 0	12.50	11.53	1.00	27.30
1994	1 4. 0 0 0	1 5. 8 0 0	18.0 0	1 1. 6 0 0	1. 3 0 0 0	0. 7 0 0 0			1 3. 3 0 0	1 3. 2 0 0	10.99	0.70	18.00	
1995	1 5. 0 0 0	1 5. 6 7 0	8.50		2. 0 0 0 0	0. 0 0 0 0	0.00	7. 4 0 0 0	4. 5 3 0 0	6. 3 0 0 0	13.30	8.12	0.00	16.70
1996	8. 6 0 0 0	8. 5 4 0 0	17.7 0	7. 7 0 0 0		1. 0 0 0 0	1.50	4. 8 0 0 0	1 0. 4 2 0	1 0. 0 0 0	11.20	8.64	1.00	17.70
1997	2 2. 7 0 0	7. 0 0 0 0	4.20	6. 1 0 0 0	9. 5 0 0 0	0. 0 0 0 0	5.20	5. 6 0 0 0	8. 3 0 0 0	7. 0 0 0 0	11.20	8.48	0.00	22.70
1998	1 6. 8 0 0	1 5. 2 8 0	2.90	3. 0 0 0 0	1. 2 0 0 0	0. 0 0 0 0	0.50	5. 4 0 0 0	6. 5 0 0 0	2 2. 2 0 0	14.00	9.40	0.00	24.80
1999	1 6. 9 0 0	2 5. 1 9 0	4.00	6. 2 0 0 0	4. 4 0 0 0	2. 2 0 0 0	1.00	7. 6 0 0 0	5. 0 0 0 0	1 1. 0 0 0	14.40	9.98	1.00	25.10
2000	1 2. 8 0 0	1 2. 5 6 0	6.20	3. 6 0 0 0	6. 8 0 0 0	4. 4 0 0 0	12.1 0	8. 3 0 0 0	1 5. 1 0 0	7. 0 0 0 0	28.10	10.71	3.60	28.10
2001	2 4. 7 0 0	7. 5 6 1 0	19.0 0	5. 2 0 0 0	2. 2 0 0 0	4. 5 0 0 0	2.80	5. 0 0 0 0	1 8. 0 0 5	6 0. 5 0 0	17.80	15.28	2.20	60.50
2002	1 3. 0 0 0	1 2. 9 6 0	20.1 0	5. 8 0 0 0	1. 0 0 0 0	9. 6 0 0 0	4.10	4. 5 0 0 0	2 1. 3 0 0	8. 7 0 0 0	14.40	12.06	1.00	29.60
2003	1 4. 5 0 0	1 4. 4 4 0	12.6 0	2. 6 0 0 0	0. 0 0 0 0	0. 0 0 0 0	6.80	7. 7 0 0 0	2 9. 0 0 0	1 7. 1 0 0	22.30	11.78	0.00	29.00
2004	7. 3 0 0 0	1 9. 3. 4 2 0	9.70	1 7. 4 0 0	5. 0 0 0 0	4. 0 0 0 0	4.60	1 0. 0 0 0	1 2. 8 0 0	6. 2 0 0 0	18.20	12.32	4.00	33.20
2005	1 3. 1 0 0	2 5. 6. 8 0	7.00	0. 5 0 0 0	0. 0 0 0 0	2. 7 0 0 0	17.9 0	5. 0 0 0 0	1 1. 8 0 0	1 3. 1 0 0	33.00	12.18	0.00	33.00
2006	3 1. 6 0 0	1 7. 9. 5 0	9.00	4. 5 0 0 0	4. 8 0 0 0	1. 0 0 0 0	1.40	6. 3 0 0 0	2 6. 8 0 0	1 9. 5 0 0	15.40	13.08	1.00	31.60
2007	1 6. 8 0 0	2 7. 1. 2 0	6.00	8. 0 0 0 0	0. 0 0 0 0	2. 2 0 0 0	3.00	4. 1 0 0 0	7. 3 7. 1 0	8. 6 1 0 0	26.90	10.55	0.00	37.10

2008	2 8. 1 0 0 0	2 0. 3 0 0 0	1 0. 9 0 0 0	14.2 0	3. 9 0 0 0	1. 1 6 0 0	1. 6 0 0 0	1.60	1 8. 4 0 0 0	9. 5 0 0 0 0	2 4. 5 0 0 0	29.60	13.64	1.10	29.60
2009	2 7. 0 0 0 0	2 6. 9 0 0 0	2 5. 2 0 0 0	23.7 0	5. 1 0 0 0	1. 4. 6 0 0	4. 3 0 0 0	0.70	3. 7 0 0 0 0	1. 1. 8 0 0 0	2. 1 1 0 0 0	16.20	14.28	0.70	27.00
2010	4. 1 0 0 0	6. 6. 7 0 0	8. 8. 6 0 0	17.9 0	6. 0 0 0 0	0. 0 0 0 0	2. 4 0 0 0	3.60	2. 5 0 0 0 0	4. 4. 5 0 0 0	9. 9. 0 0 0 0	11.40	11.39	0.00	28.60
2011	1 5. 7 0 0 0	8. 7 0 0 0	1. 3 0 0 0	7.10	1 4. 2 0 0	0. 0 0 0 0	1. 8 0 0 0	3.50	5. 1 0 0 0 0	9. 1 1 0 0 0	3. 7 0 0 0 0	24.40	11.22	0.00	24.40
2012	1 7. 5 0 0 0	1 8. 1 0 0 0	1 5. 4 0 0 0	13.2 0	3. 0 0 0 0	1. 5 0 0 0	4. 2 0 0 0	3.10	2. 4 0 0 0 0	1 6. 8 0 0 0	2 0. 6 0 0 0	23.70	11.63	1.50	23.70
2013	9. 2 0 0 0	3. 2 0 0 0	1. 3 0 0 0	21.7 0	1. 8 0 0 0	1. 6 0 0 0	7. 6 0 0 0	15.6 0	3. 2 0 0 0 0	1 4. 6 0 0 0	7. 8 0 0 0 0	14.30	13.03	1.80	21.70
N° DE DATOS	2 4. 0 0 0	2 5. 0 0 0	2 4. 0 0 0	25.0 0	2 4. 0 0 0	2 4. 0 0 0	2 4. 0 0 0	24.0 0	2 4. 0 0 0	2 6. 0 0 0	2 5. 0 0 0	24.00			
DES. ESTAN DAR	7. 1 9	6. 0 2	7. 6 7	6.14	4. 8 7	4. 3 7	2. 7 7	5.87	3. 6 5	7. 7 2	1 0. 9 3	11.67			
COEF. VARIAC IÓN	0. 4 5	0. 4 2	0. 4 3	0.53	0. 7 3	1. 1 1	1. 0 4	1.24	0. 5 3	0. 5 3	0. 7 3	0.58			
PRECIP . PROM	1 6. 0 0 0	1 4. 2 8 7	1 7. 8 0 0	11.6 9	6. 7 0	3. 9 4	2. 6 7	4.72	6. 8 5	1 4. 4 9 6	1 4. 4 9 6	20.12			
PRECIP . MÁX	3 1. 6 0 0	2 6. 9 0 0	3 3. 2 0 0	23.7 0	1 9. 0 0 0	1 6. 0 0 0	9. 6 0 0 0	21.0 0	1 8. 4 0 0	3 7. 1 0 0	6 0. 5 0 0	65.40			
PRECIP . MÍN	4. 1 0	2. 7 0	0. 0 0	2.90	0. 5 0	0. 0 0	0. 0 0	0.00	2. 4 0	4. 5 0	6. 0 0	7.80			

Fuente: Adaptado de Registro Histórico de llluvias. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2022)

Nota. De la serie de datos se pudo identificar que el mayor valor de desviación estándar se presenta en el mes de diciembre con un valor de 11.67 mm lo cual muestra que a partir del promedio de 20.12 mm los valores tienen una variación de 11.67 mm de la identificación del máximo valor de desviación estándar se pudo establecer el coeficiente de variación de la serie de datos del mes correspondiente con el cual se estimó que para el mes de diciembre el coeficiente de variación es de 0.73 siendo un valor muy alto, con ello se hizo necesario el

análisis a partir del relleno de información faltante a partir de promedios en distancias con estaciones cercanas.

Tabla 46

Datos de pluviometría completados estación Canchán

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACION:	CANCHÁN:	LON	GITU	D:	LAT	ITU	D:	ELEV	ACIÓN:	N:					
	N		76°18'34.62"		9°55'15.43"			1986 msnm							
AÑO	E	F	M	ABR	M	J	J	AG	S	O	N	DIC	PRECI	PRE	PREC
	N	E	A		A	U	U	O	E	C	O		P.	CIP.	IP.
	E	B	R		Y	N	L	O	T	T	V		PROM	MÍN	MÁX
1988	1	2	8.	18.4	4.	0.	4.	7.	6.	6.		19.80	9.55	0.00	20.17
	4.	0.	8	6	1	0	1	1.51	4	2	0				
	4	1	8		3	0	2		0	0	0				
	0	7													
1989	2	1	1	7.60	4.	3.	8.	0.00	1	1	6.	65.40	14.47	0.00	65.40
	2.	2.	3.		2	0	6		2.	8.	6				
	0	2	4		0	0	0		6	0	0				
	0	0	0						0	0	0				
1990	1	7.	9.	12.5	1	7.	0.	2.00	5.	4.	5.	7.80	9.40	0.20	18.10
	8.	5	2	0	3.	5	2		5	5	0				
	0	0	0		0	0	0		0	0	0				
1991	5.	1	0.	5.60	5.	5.	0.	0.00	7.	1	1	17.50	7.18	0.00	17.50
	6	2.	0		0	3	0		0	5.	2.				
	0	4	0		0	0	0		0	0	7				
	0	0	0						0	0	0				
1992	8.	1	1	7.50	3.	2.	0.	21.0	3.	6.	2	9.72	9.20	0.00	24.44
	7	0	2.		0	6	0	0	3	0	4				
	0	0	0		0	0	0		0	0	4				
	0	0	0						0	0	4				
1993	1	1	2	16.3	1	4.	1.	1.30	9.	9.	1	12.50	11.60	1.00	27.30
	2.	0.	7.	0	9.	7	0		1	4	5.				
	3	8	3		0	0	0		0	0	4				
	9	0	0		0	0	0		0	0	0				
1994	1	1	1	18.0	1	1.	0.	0.04	2	1	1	20.80	11.67	0.04	20.80
	4.	5.	1.	0	1.	3	7		0.	3.	3.				
	0	8	1		6	0	0		2	3	2				
	0	0	1		0	0	0		2	0	0				
1995	1	1	1	8.50	2.	2.	0.	0.00	7.	4.	6.	13.30	7.62	0.00	16.70
	5.	5.	6.		1	0	0		4	5	3				
	0	6	7		8	0	0		0	0	0				
	0	0	0												
1996	8.	8.	3.	17.7	7.	0.	1.	1.50	4.	1	1	11.20	7.93	0.16	17.70
	6	5	4	0	7	1	0		8	4	2				
	0	0	0		0	6	0		0	0	0				
1997	2	7.	1	4.20	6.	9.	0.	5.20	5.	8.	7.	11.20	8.48	0.00	22.70
	2.	0	5.		1	5	0		6	3	0				
	7	0	0		0	0	0		0	0	0				
	0	0	0						0	0	0				
1998	1	1	2	2.90	3.	1.	0.	0.50	5.	6.	2	14.00	9.40	0.00	24.80
	6.	5.	4.		3	2	0		4	5	2				
	8	2	8		0	0	0		0	0	0				
	0	0	0												

1999	1 6. 9 0 0 0	2 5. 1 0 0 0	2 1. 9 0 0 0	4.00	6. 2 0 0 0	4. 4 0 0 0	2. 2 0 0 0	1.00	7. 6 0 0 0	5. 0 0 0 0	1 1. 0 0 0	14.40	9.98	1.00	25.10
2000	1 2. 8 0 0 0	1 2. 5 0 0 0	1 1. 6 0 0 0	6.20	3. 6 0 0 0	6. 8 0 0 0	4. 4 0 0 0	12.1 0	8. 3 0 0 0	1 5. 1 0 0	7. 0 0 0 0	28.10	10.71	3.60	28.10
2001	2 4. 7 0 0 0	7. 5 0 0 0	1 6. 1 0 0 0	19.0 0	5. 2 0 0 0	2. 2 0 0 0	4. 5 0 0 0	2.80	5. 0 0 0 0	8. 0 0 0 0	1 0. 5 0 0	17.80	15.28	2.20	60.50
2002	1 3. 3 0 0 0	1 2. 3 0 0 0	2 9. 6 0 0 0	20.1 0	5. 8 0 0 0	1. 0 0 0 0	9. 6 0 0 0	4.10	4. 5 0 0 0	1. 1. 3 0 0	8. 7 0 0 0	14.40	12.06	1.00	29.60
2003	1 4. 5 0 0 0	1 4. 4 0 0 0	1 4. 4 0 0 0	12.6 0	2. 6 0 0 0	0. 0 0 0 0	0. 0 0 0 0	6.80	7. 7 0 0 0	2 9. 0 0 0	1 7. 0 0 0	22.30	11.78	0.00	29.00
2004	7. 3 0 0 0	1 9. 4 0 0	3 2. 2 0 0	9.70	1 7. 4 0 0	5. 0 0 0 0	4. 0 0 0 0	4.60	1 0. 0 0 0	1 2. 8 0 0	6. 2 0 0 0	18.20	12.32	4.00	33.20
2005	1 3. 1 0 0 0	2 5. 2 0 0 0	1 6. 8 0 0 0	7.00	0. 5 0 0 0	0. 0 0 0 0	2. 7 0 0 0	17.9 0	5. 0 0 0 0	1 1. 8 0 0	1 3. 1 0 0	33.00	12.18	0.00	33.00
2006	3 1. 6 0 0 0	1 7. 1 0 0 0	1 9. 5 0 0 0	9.00	4. 5 0 0 0	4. 8 0 0 0	1. 0 0 0 0	1.40	6. 3 0 0 0	2 6. 8 0 0	1 9. 5 0 0	15.40	13.08	1.00	31.60
2007	1 6. 8 0 0 0	2 7. 0 0 0	1 1. 2 0 0	6.00	8. 0 0 0 0	0. 0 0 0 0	2. 2 0 0 0	3.00	4. 1 0 0 0	1 7. 1 0 0	8. 6 0 0 0	26.90	10.55	0.00	37.10
2008	2 8. 1 0 0 0	2 0. 3 0 0 0	1 0. 9 0 0	14.2 0	3. 9 0 0 0	1. 1 0 0 0	1. 6 0 0 0	1.60	1 8. 4 0 0	1 9. 5 0 0	2 4. 5 0 0	29.60	13.64	1.10	29.60
2009	2 7. 0 0 0	2 6. 9 0 0	2 5. 2 0 0	23.7 0	5. 1 0 0 0	1 4. 6 0 0	4. 3 0 0 0	0.70	3. 7 0 0 0	1 1. 8 0 0	1 2. 1 0 0	16.20	14.28	0.70	27.00
2010	4. 1 0 0 0	1 6. 7 0 0	2 8. 6 0 0	17.9 0	6. 0 0 0 0	0. 0 0 0 0	2. 4 0 0 0	3.60	1 2. 5 0 0	1 4. 5 0 0	1 9. 0 0 0	11.40	11.39	0.00	28.60
2011	1 5. 7 0 0 0	8. 7 0 0 0	2 1. 3 0 0	7.10	1 4. 2 0 0	0. 0 0 0 0	1. 8 0 0 0	3.50	5. 1 0 0 0	1 9. 1 0 0	1 3. 7 0 0	24.40	11.22	0.00	24.40
2012	1 7. 5 0 0 0	1 8. 1 0 0 0	1 5. 4 0 0	13.2 0	3. 0 0 0 0	1. 5 0 0 0	4. 2 0 0 0	3.10	2. 4 0 0 0	1 6. 8 0 0	2 0. 6 0 0	23.70	11.63	1.50	23.70
2013	9. 2 0 0	3. 2 2 0	1. 3 3 0	21.7 0	1. 8 0 0	1. 6 0 0	7. 6 0 0	15.6 0	3. 2 0 0	4. 4. 6 0	7. 7. 8 0	14.30	13.03	1.80	21.70

N° DE DATOS	2 6. 0 0	2 6. 0 0	2 6. 0 0	26.0 0	2 6. 0 0	2 6. 0 0	2 6. 0 0	26.0 0	2 6. 0 0	2 6. 0 0	2 5. 0 0	26.00
DES. ESTAN DAR	6. 9 4	6. 0 1	7. 6 7	6.16	4. 7 7	4. 3 2	2. 7 3	5.74	4. 3 7	7. 7 2	1. 1 4	11.38
COEF. VARIAC IÓN	0. 4 4	0. 4 1	0. 4 4	0.52	0. 7 4	1. 1 9	1. 0 4	1.30	0. 5 9	0. 5 3	0. 7 1	0.58
PRECIP . PROM	1 5. 8 0	1 4. 5 1	1 7. 2 7	11.9 5	6. 4 2	3. 6 4	2. 6 2	4.42	7. 3 9	1 4. 4 3	1 5. 7 0	19.74
PRECIP . MÁX	3 1. 6 0	2 6. 9 0	3 3. 2 0	23.7 0	1 9. 0 0	1 6. 0 0	9. 6 0	21.0 0	2 0. 2 2	3 7. 1 0	6 0. 5 0	65.40
PRECIP . MÍN	4. 1 0	2. 7 0	0. 0 0	2.90	0. 5 0	0. 0 0	0. 0 0	0.00	2. 4 0	4. 5 0	6. 2 0	7.80

Fuente: Adaptado de Registro Histórico de llluvias. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2022)

Nota. Con los valores de precipitación completados se identificó que el valor crítico en el valor de desviación estándar es 11.38 mm coincidentemente en el mes de diciembre pero ya con un valor menor, de la estimación estadística también se determinó que el valor del coeficiente de variación para el mes correspondiente es de 0.58 ajustándose mejor a partir de los valores completados, pero estos siguen siendo altos lo cual hizo necesaria la aplicación de una prueba de valores atípicos el cual se determinó a partir de la prueba Outlier.

Tabla 47

Distancia entre estaciones de análisis

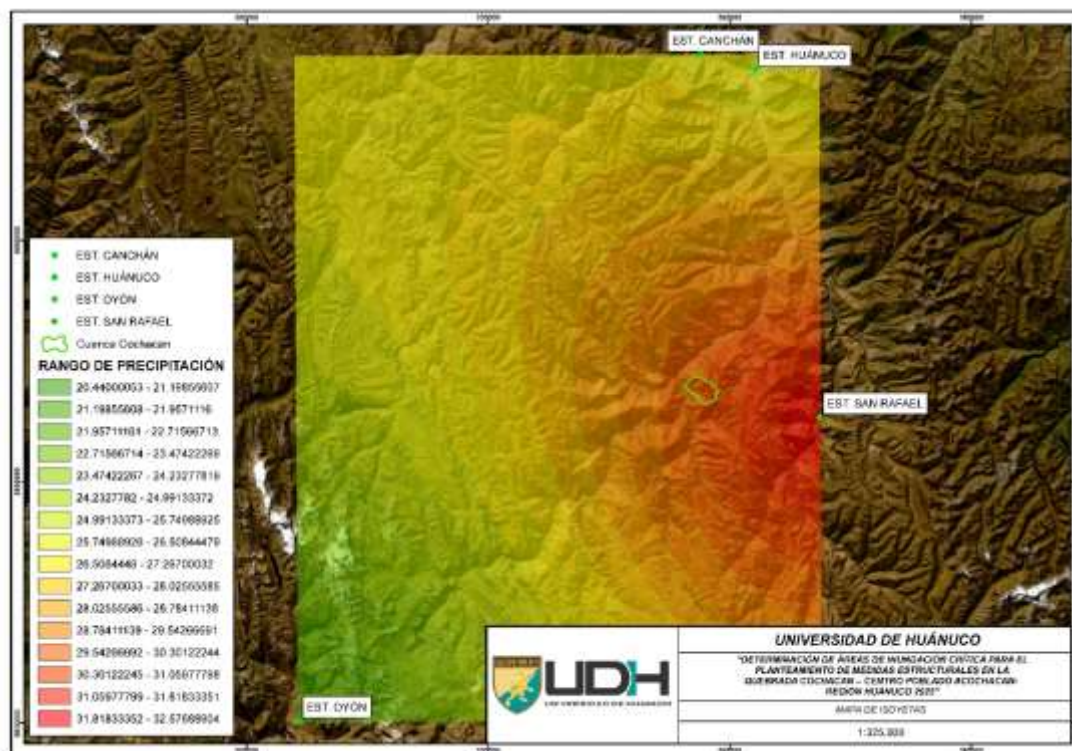
DISTANCIA ENTRE ESTACIONES		
DESDE	A	DISTANCIA (km)
CANCHÁN	HUÁNUCO	7.02
CANCHÁN	SAN RAFAEL	47.44
CANCHÁN	SIS PISCO	41.46
CANCHÁN	OYÓN	96.69
HUÁNUCO	SAN RAFAEL	43.98
HUÁNUCO	SIS PISCO	40.16
HUÁNUCO	OYÓN	98.85
SAN RAFAEL	SIS PISCO	14.96
SAN RAFAEL	OYÓN	74.85
SIS PISCO	OYÓN	64.99

Nota. Teniendo en cuenta las ubicaciones coordenadas de cada una de las estaciones pluviométricas tomadas en cuenta para la investigación se pudo identificar que entre ellas se

encuentran en un radio menor a los 100 km siendo la distancia mayor la que se presenta entre las estaciones de Huánuco y Oyón con una distancia de 98.85 km.

Figura 29

Mapa de isoyetas



Nota. Con la determinación de la ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas y con los valores máximos de precipitación anual se lograron calcular las isoyetas, del cual se pudo estimar que la cuenca de interés se encuentra entre dos rangos de isoyetas que van desde 30.30 mm a 31.82 mm dando así características críticas para la generación de lluvias anómalas.

Tabla 48

Parámetros estadísticos estación Canchan

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	737.81	37.11
VALOR MÁXIMO	65.40	1.82
VALOR MÍNIMO	16.70	1.22
MEDIA	28.38	1.43
VARIANZA	131.71	0.02

DESVIACIÓN ESTÁNDAR	11.48	0.14
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.40	0.10
COEFICIENTE DE SESGO	2.23	1.16
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

Nota. Identificando los valores máximos anuales en 24hrs de la serie histórica de precipitaciones se pudo determinar que se cuenta con una varianza de 131.71 lo cual significa que varía aproximadamente 131.71 unidades cuadradas de la media. Teniendo en cuenta la varianza se estima que la desviación estándar es de 11.48 el cual determina que la serie de datos varía en 11.48 unidades a la media el cual se estimó como 28.38 mm. Teniendo en cuenta los valores de varianza y desviación estándar se determina el coeficiente de variación que va alrededor de 0.40 y un coeficiente de sesgo de 2.23, los valores de la serie al ser de un fenómeno natural se explica la alta variación entre ellas es por ello que se plantean la estimación de valores atípicos mediante la Prueba Outlier.

Tabla 49

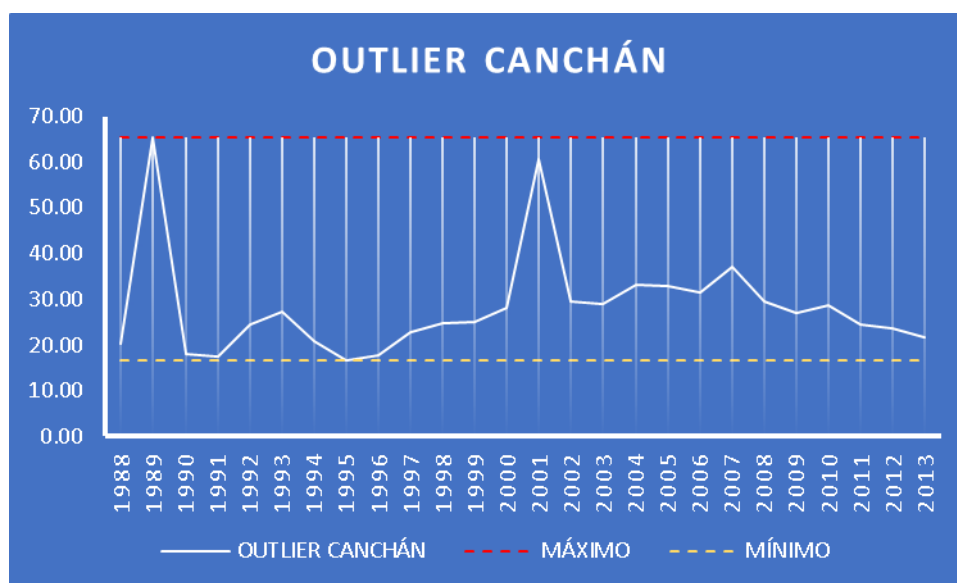
Prueba Outlier estación Canchan

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.78
PH	60.94 mm
CONCLUSIÓN	EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.07
PH	11.75 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

Nota. Teniendo un total de 26 valores de muestra, aplicando la prueba Outlier se calcularon los límites superiores e inferiores con el cual se puedan ajustar y validar la serie de datos de pluviometría, el valor máximo determinado es de 60.94 mm y el valor mínimo es de 11.75 mm con los cuales se realizarán los ajustes en los valores máximos ya que el límite superior fue superado.

Figura 30

Gráfica Outlier estación Canchan



Nota. Se pudo identificar que el año conflictivo para la serie de datos es el año 1989 con un valor 65.40 mm, dicho valor se tuvo que corregir con la misma metodología de interpolación a partir de las estaciones cercanas.

Tabla 50

Parámetros estadísticos corregidos estación Canchan

	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	684.16	36.60
VALOR MÁXIMO	45.50	1.66
VALOR MÍNIMO	16.70	1.22
MEDIA	26.31	1.41
VARIANZA	43.02	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	6.56	0.11
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.25	0.07
COEFICIENTE DE SESGO	0.90	0.14
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

Nota. Corrigiendo los valores máximos anuales en 24hrs de la serie histórica de precipitaciones se pudo determinar que se cuenta con una varianza de 43.02 lo cual significa que varía aproximadamente 43.02 unidades cuadradas de la media. Teniendo en cuenta la varianza se estima que la desviación estándar es de 6.56 el cual determina que la serie de

datos varia en 6.56 unidades a la media el cual se estimó como 26.31 mm. Teniendo en cuenta los valores de varianza y desviación estándar se determina el coeficiente de variación que va alrededor de 0.25 y un coeficiente de sesgo de 0.90, en comparativa con los valores no corregidos la serie de datos se ajustaron de manera más precisa, sin embargo es necesario también aplicar nuevamente a la prueba Outlier para validar los límites de la serie.

Tabla 51

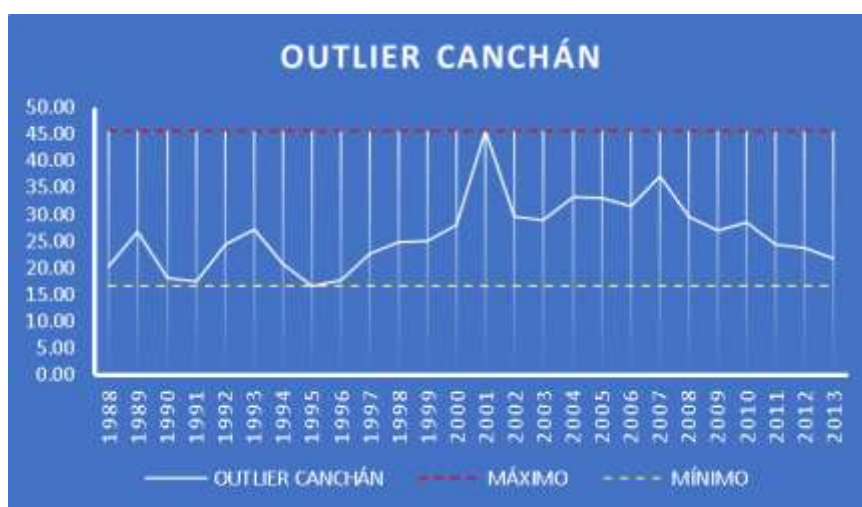
Prueba Outlier corregida estación Canchan

PARÁMETROS	
<i>n</i>	26
<i>Kn</i>	2.502
<i>Kn</i>	Valor recomendado, varía según el valor de <i>n</i> (significancia:10%)
<i>xH</i>	1.67
<i>PH</i>	46.91 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
<i>xL</i>	1.14
<i>PH</i>	13.94 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

Nota. Aplicando la prueba Outlier se recalcaron los límites superiores e inferiores con el cual se puedan ajustar y validar la serie de datos de pluviometría, el valor máximo determinado es de 46.91 mm y el valor mínimo es de 13.94 mm con los cuales se pudo identificar que la serie de datos se ajusta mejor dentro de los límites.

Figura 31

Gráfica Outlier corregida estación Canchan



Nota. Si bien los valores de precipitación máxima anual se encuentran dentro de los parámetros de la prueba Outlier se puede verificar que hay un pico para el año 2001, este valor al ser un valor cercano al límite máximo puede ser validado a partir de la comparación con otras estaciones cercanas. La prueba de Outlier se realizó para las estaciones de Canchan, Huánuco, San Rafael, Oyón y los valores obtenidos del sistema PISCO del SENAMHI, los resultados se adjuntan en la parte de los anexos de la correspondiente investigación. Cada estación con los valores completos y con una aceptación de la prueba Outlier sirvieron para la interpolación de precipitaciones en el punto central de la cuenca Cochacan la cual fue comparada con los resultados del sistema automatizado PISCO como se muestra a continuación.

Tabla 52

Valores de precipitación estación interpolada

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACION:	CENTROIDE DE CUENCA				LON GIT UD:	76°18'32.21"	LAT ITU D:	10°17'45.25"	ELE VACION:	-					
AÑO	EN E	FE B	M AR	ABR	M A Y	J U N	J U L	AG O	S E T	O C T	N O V	DIC	PRECI P. PROM	PRE CIP. MÍN	PRE CIP. MÁX
1988	35.60	23.28	14.45	15.07	2.13	0.00	1.06	1.85	7.31	4.14	9.09	15.08	10.82	0.00	35.60
1989	18.29	10.00	12.68	7.41	5.84	2.70	3.08	0.63	8.72	1.75	8.58	36.53	11.03	0.63	36.53
1990	16.42	11.92	16.80	16.14	3.05	1.37	3.26	0.75	2.21	2.07	8.02	5.98	8.22	0.75	16.80
1991	11.89	12.32	13.47	6.62	3.28	4.85	2.15	0.00	3.90	1.49	1.34	19.26	8.82	0.00	19.26
1992	8.20	19.76	13.09	6.23	1.32	2.70	0.00	19.96	2.55	0.05	1.88	7.51	8.55	0.00	19.96
1993	9.01	10.77	13.74	8.82	4.11	1.80	3.00	3.71	7.31	8.13	4.29	33.06	9.82	1.80	33.06
1994	21.12	32.03	18.00	14.52	6.83	0.33	0.07	1.59	2.68	5.89	9.33	28.42	13.44	0.07	32.03
1995	22.22	26.74	31.96	14.36	1.46	1.01	1.34	2.71	5.14	8.13	2.58	26.87	17.26	1.34	31.96

1996	16.62	15.28	21.03	20.96	8.04	4.76	0.84	3.49	16.73	4.98	17.81	14.94	12.12	0.84	21.03
1997	13.75	15.98	11.34	11.22	4.56	1.14	0.00	6.32	7.86	9.23	3.22	45.43	12.49	0.00	45.43
1998	26.48	24.82	22.73	6.12	3.94	6.21	0.00	4.06	5.84	7.27	9.91	21.32	13.21	0.00	26.48
1999	16.76	21.83	20.79	8.18	7.63	8.72	2.53	9.84	5.21	6.85	7.33	14.38	12.51	2.53	21.83
2000	14.99	18.60	18.84	11.51	3.40	2.44	3.09	11.77	0.91	9.60	7.86	24.40	12.31	3.39	24.40
2001	22.58	16.69	16.46	17.23	5.40	4.54	4.84	6.87	8.14	5.89	1.97	23.41	15.33	4.54	41.97
2002	11.07	15.74	20.54	12.85	1.08	2.60	4.81	1.07	6.40	7.81	1.74	21.59	13.03	1.07	27.81
2003	9.28	9.16	14.57	43.16	2.21	5.50	0.01	18.71	8.52	9.98	5.30	18.73	13.76	0.01	43.16
2004	24.53	16.16	20.48	10.50	4.29	6.69	2.88	4.24	3.61	9.85	0.15	16.54	14.97	2.88	24.53
2005	9.80	29.10	24.28	4.47	1.00	0.15	1.79	9.59	9.24	2.60	4.08	13.41	10.87	0.15	29.10
2006	17.47	13.64	14.15	8.64	1.88	4.60	4.40	4.84	3.73	7.43	6.35	15.80	11.88	1.18	26.35
2007	20.15	9.74	22.38	6.79	6.50	0.90	2.09	3.38	9.81	9.51	2.77	23.15	13.27	0.90	24.69
2008	17.01	25.51	10.18	8.32	6.32	4.91	1.88	1.59	5.42	4.89	4.79	20.04	14.12	1.08	35.42
2009	17.50	17.84	24.57	15.27	1.29	5.21	6.11	4.13	7.75	3.06	4.44	20.70	13.27	4.13	24.57
2010	20.34	18.90	21.89	18.91	4.35	3.45	6.52	5.07	5.35	2.30	1.46	21.12	13.28	3.45	21.89

2011	16.09	16.43	14.19	18.36	1.329	0.84	1.33	3.91	9.61	1.970	1.203	19.57	12.19	0.84	19.70
2012	14.07	18.27	15.03	22.05	4.79	4.99	2.32	5.41	2.08	4.86	2.16	31.60	13.14	2.08	31.60
2013	14.24	22.25	16.21	13.48	3.98	9.62	5.45	12.45	8.02	1.87	3.16	35.09	15.53	3.98	35.09
N° DE DATOS	26.00	26.00	26.00	26.00	6.00	6.00	6.00	26.00	6.00	6.00	6.00	26.00			
DESV. ESTAN DAR	6.12	6.13	5.02	7.81	4.33	3.27	5.27	5.20	7.07	5.44	7.79	8.98			
COEF. VARIACIÓN	0.36	0.34	0.28	0.59	0.68	0.76	1.41	0.91	0.70	0.34	0.76	0.41			
PRECIP . PROM	17.13	18.18	17.84	13.35	6.35	4.29	3.75	5.69	0.33	4.15	6.56	22.07			
PRECIP . MÁX	35.60	32.03	31.96	43.16	1.49	1.20	2.49	19.96	3.22	7.48	1.89	45.43			
PRECIP . MÍN	8.20	9.16	10.18	4.47	1.00	0.00	0.00	0.00	2.08	4.09	7.84	5.98			

Fuente: Adaptado de Registro Histórico de llluvias. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2022)

Nota. De la serie de datos se pudo identificar que el mayor valor de desviación estándar se presenta en el mes de abril con un valor de 7.81 mm lo cual muestra que a partir del promedio de 13.35 mm los valores tienen una variación de 7.81 mm de la identificación del máximo valor de desviación estándar, se pudo establecer el coeficiente de variación de la serie de datos del mes correspondiente, con el cual se estimó que para el mes de abril el coeficiente de variación es de 0.59 siendo un valor considerable dentro de los límites, con ello se hizo necesario el análisis a partir de una prueba de valores atípicos.

Tabla 53

Parámetros estadísticos de la estación interpolada

	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	750.23	37.57
VALOR MÁXIMO	45.43	1.66

VALOR MÍNIMO	16.80	1.23
MEDIA	28.85	1.45
VARIANZA	61.18	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.82	0.12
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.27	0.08
COEFICIENTE DE SESGO	0.50	0.05
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

Nota. De los valores máximos anuales en 24hrs de la serie histórica de precipitaciones interpoladas se pudo determinar que se cuenta con una varianza de 61.18 lo cual significa que varía aproximadamente 61.18 unidades cuadradas de la media.

Teniendo en cuenta la varianza se estima que la desviación estándar es de 7.82 el cual determina que la serie de datos varía en 7.82 unidades a la media el cual se estimó como 28.85 mm. Teniendo en cuenta los valores de varianza y desviación estándar se determina el coeficiente de variación que va alrededor de 0.27 y un coeficiente de sesgo de 0.50.

Tabla 54

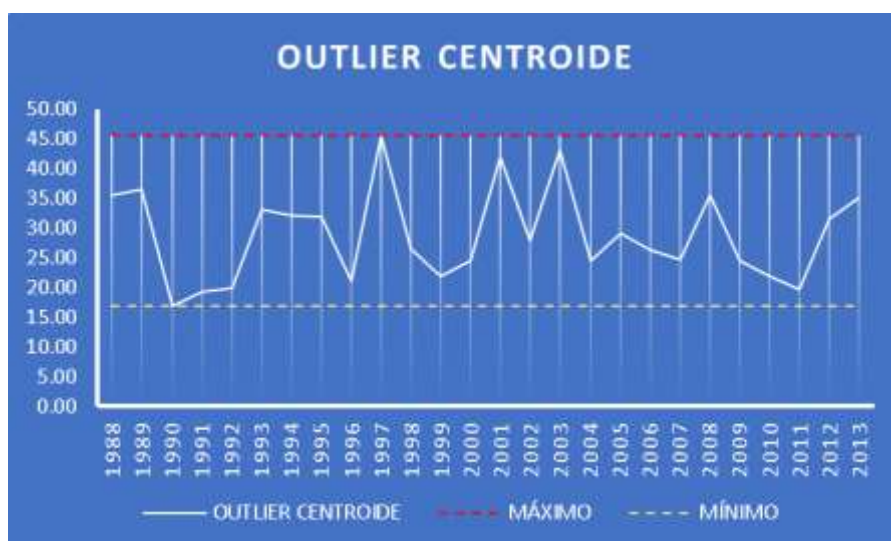
Prueba Outlier de la estación interpolada

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.74
PH	54.72 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.15
PH	14.19 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

Nota. Aplicando la prueba Outlier se calcularon los límites superiores e inferiores con el cual se puedan ajustar y validar la serie de datos de pluviometría, el valor máximo determinado es de 54.72 mm y el valor mínimo es de 14.19 mm con los cuales se pudo identificar que la serie de datos se ajusta mejor dentro de los límites.

Figura 32

Gráfica Outlier estación interpolada



Nota. De la gráfica de Outlier se evidencia la presencia de valores máximos cercanos a los límites, pero estos valores no superan a los parámetros calculados por la prueba Outlier.

El sistema de información PISCO se basa en la lectura satelital de las precipitaciones registradas a nivel nacional con ello se pudo identificar el punto central de la cuenca con la cual se pudo recolectar los valores de precipitaciones máximas diarias y a partir de un reordenamiento de los valores se determinan los valores máximos mensuales como se presenta a continuación:

Tabla 55

Valores de precipitación sistema PISCO

DATOS DE PLUVIOMETRÍA															
ESTACION:	SISTEMA	LON	76°18'32.21"		LAT	10°17'45.25"		ELEV	ACCIÓN: -						
AÑO	E	F	M	ABR	M	J	J	AG	S	O	N	DIC	PRECI	PRE	PREC
	N	E	A		A	U	U	O	E	C	O		P.	CIP.	IP.
	E	B	R		Y	N	L		T	T	V		PROM	MÍN	MÁX
1988	1	2	2		2.	0.	0.		3.	4.	9.		12.30	0.05	41.00
	9.	6.	7.	11.9	8	0	0	0.33	5	2	9	41.00			
	3	4	8	7	9	9	5		3	5	4				
1989	2	4	3		4.	1	2.		1	1	7.		16.41	1.21	46.54
	6.	6.	5.	6.30	1	2.	5	1.21	8.	5.	9	19.80			
	3	5	6		6	1	0		8	5	3				
1990	6	4	5		1.	1.	3.		2.	1	1		11.87	1.01	25.58
	1	2	2	4.57	6	0	9	2.47	5	7	9	25.58			
	4.	3.	4.		8	1	3		6	8.	8.				
	4	4	7						6	0	0				

1991	1 4. 3 0 1	3 3. 8 9 2	2 5. 6 5 4	8.42	1 2. 1 3	2. 7 3 3	1. 1 4	0.61	9. 6 6	2 2. 0 1	5. 8 3	17.49	12.82	0.61	33.89
1992	6. 4 8 8 1	4. 8 7 2 2	7. 0 5 2 2	7.36	5. 1 0	7. 5 6	5. 9 2	7.56	0. 9 3	1 2 9 8 2	9. 3 6	12.11	15.29	5.10	47.05
1993	6. 5 5 2 6	9. 8 1 4 5	6. 8 0 1 6	10.5 8	2. 1 3	1. 0 2	2. 9 6	3.66	6. 0 5	5. 6 6 0	0. 6 6 0	28.94	13.73	1.02	29.81
1994	6. 5 2 1 7	5. 7 0 4 7	5. 3 1 2 3	11.2 2	4. 7 8 4	0. 8 4	0. 2 1	4.73	4. 6 8	5. 9 9 2 8	9. 5 6 1 7	24.29	15.32	0.21	45.70
1995	7. 6 3 2 0	7. 0 0 4 3	3. 4 0 3 1	19.4 6	2. 6 8	4. 8 3	2. 1 9	7.31	8. 6 3	8. 4 4 0	7. 3 0	46.69	18.79	2.19	47.00
1996	2. 8 3 1 0	0. 8 3 1 9	1. 4 6 1 3	19.7 9	4. 3 3	4. 0 0	1. 4 0	15.5 1	3. 1 4	1 1 1 1 1	9. 8 6 5 3	36.07	18.40	1.40	40.83
1997	0. 6 2 3 5	9. 5 1 1 7	3. 1 3 2 6	9.79	3. 2 6	0. 4 0	0. 3 6	7.39	0. 7 3	9. 5 4 3 2	5. 1 9 2 0	47.74	13.14	0.36	47.74
1998	5. 1 3 1 7	7. 8 4 3 2	6. 8 7 2 0	11.6 5	2. 8 1	4. 2 2	0. 1 1	2.85	4. 0 2	1. 4 5 2	0. 3 2	25.85	17.76	0.11	37.84
1999	7. 5 1 3 1	6. 3 7 3 9	0. 4 2 1 9	13.0 9	3. 8 3	3. 6 0	5. 8 3	13.7 8	8. 9 8	8. 8 0	8. 4 7	19.78	14.14	3.60	36.37
2000	1. 8 7 3 3	6. 5 3 2 6	9. 7 6 2 2	12.3 2	2. 3 8	4. 0 0	2. 6 2	16.0 1	3. 7 2	9. 6 9	8. 8 5	50.68	17.37	2.38	50.68
2001	3. 4 4 1	6. 6 5 2	7. 4 3 2	16.9 1	2. 6 5	2. 0 4	5. 2 5	6.54	5. 4 2	4. 7 3	2. 6 3	47.78	19.21	2.04	47.78
2002	2. 9 2 1 7	8. 1 7 1 9	7. 0 8 3 1	9.17	4. 7 9	2. 6 7	6. 1 5	1.31	6. 3 6	5. 4 1	8. 2 6	33.90	14.68	1.31	35.41
2003	7. 2 4 1	9. 7 1 3	1. 8 3	7.56	2. 6	3. 1	0. 8 0	17.7 9	7. 6 7	0. 9 2	0. 8 5	31.29	13.51	0.80	31.29
2004	6. 9 4 1	0. 4 7 3	1. 4 7 2	10.2 3	2. 3 5	4. 9 3	3. 5 9	5.30	8. 4 0	1 2 7 3 5	7. 5 0	30.01	14.59	2.35	30.47
2005	2. 4 1	5. 3 6	6. 2 8	14.6 1	2. 0 5	0. 1 4	3. 1 6	5.94	6. 4 0	6. 4 0	5. 4 7	26.18	13.67	0.14	35.36

2006	2 0. 5 7 1	2 6. 4 6 1	2 4. 3 5 3	12.1 6	1. 1 4	5. 1 3	2. 9 5	6.37	8. 8 3	2 3. 2 1 4	33.66	14.83	1.14	33.66
2007	0. 9 2 2 3.	4. 8 5 4 4.	0. 2 6 1 3.	10.4 7	2. 8 6	0. 4 6	9. 0 9	3.21	6. 7 8	1 7. 3 5 6 2 2	32.63	12.72	0.46	32.63
2008	3. 2 6 6 1	4. 0 6 6 2	3. 2 4 4 0	7.57	3. 4	4. 2 9	0. 6 3	1.94	5. 9 4	0. 6 6 1 5 6.	30.02	14.27	0.63	44.06
2009	7. 0 8 2 3.	8. 0 8 3 1.	0. 4 6 3 0	14.8 3	1. 3 3	3. 7 0	0. 2 7	8.47	6. 9 6	1 2. 3 8 9 1 3	26.89	13.73	1.73	28.08
2010	3. 8 7 1 2	1. 7 0 1 6.	5. 0 3 1 9.	13.6 8	3. 5 4	1. 4 8	2. 7 4	3.40	4. 1 8	1 7. 1 1 3 7	50.04	16.22	1.48	50.04
2011	1. 1 4 2 2	6. 5 5 2 2	9. 6 2 3 1	16.1 0	3. 8 3	0. 8 4	3. 1 3	3.58	7. 6 4	2 8. 0 4 2 2 9.	29.12	14.04	0.84	29.12
2012	2. 7 2 2 1.	9. 3 9 3 5.	0. 2 7 1 6.	19.1 1	3. 0 7	6. 4 9	4. 3 8	2.18	3. 9 4	2 3. 8 4 4 7.	27.47	15.22	2.18	30.27
2013	1. 1 1 4 0	5. 1 1 7 0	6. 7 1	7.57	1. 8 9	1. 6 1	4. 7 0	14.2 0	4. 7 9	4 6. 8 7 2	18.67	15.87	1.89	46.80
N° DE DATOS	2 6. 0 0 0	2 6. 0 0 0	2 6. 0 0 0	26.0 0	2 6. 0 0 0	2 6. 0 0 0	2 6. 0 0 0	26.0 0	2 6. 0 0 0	2 6. 0 0 0	26.00			
DESV. ESTAN DAR	6. 5 7	8. 5 6	7. 8 0	4.14	2. 6	3. 6	2. 3	5.12	4. 3 1	9. 0 3	3. 8 4	10.59		
COEF. VARIAC IÓN	0. 3 3	0. 2 7	0. 3 1	0.35	0. 6 1	0. 8 8	0. 8 0	0.81	0. 5 4	0. 3 8	0. 3 4	0.34		
PRECIP . PROM	2 0. 1 3	3 1. 7 5	2 5. 4 6	11.7 9	3. 3 8	3. 6 0	3. 2 9	6.29	8. 0 3	2 3. 7 6	1. 1 8	31.30		
PRECIP . MÁX	3 5. 1 3	4 7. 0 0	4 7. 0 5	19.7 9	1 2. 1 3	1 1. 1 4	1 0. 2 7	17.7 9	1 8. 8 5	4 6. 8 0	2 6. 3 2	50.68		
PRECIP . MÍN	1 0. 6 2	1 4. 8 5	1 3. 1 1	4.57	1. 4	0. 9	0. 0 5	0.33	2. 5 6	4. 2 5	5. 8 3	12.11		

Fuente: Adaptado de Registro Histórico de Lluvias. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2022)

Nota. De la serie de datos se pudo identificar que el mayor valor de desviación estándar se presenta en el mes de marzo con un valor de 7.80 mm lo cual muestra que a partir del

promedio de 25.46 mm los valores tienen una variación de 7.80 mm de la identificación del máximo valor de desviación estándar, se pudo establecer el coeficiente de variación de la serie de datos del mes correspondiente, con el cual se estimó que para el mes de abril el coeficiente de variación es de 0.31 siendo un valor considerable dentro de los límites, con ello se hizo necesario el análisis a partir de una prueba de valores atípicos.

Tabla 56

Parámetros estadísticos sistema PISCO

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	1005.00	41.04
VALOR MÁXIMO	50.68	1.70
VALOR MÍNIMO	25.58	1.41
MEDIA	38.65	1.58
VARIANZA	62.09	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.88	0.09
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.20	0.06
COEFICIENTE DE SESGO	0.04	-0.16
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

Nota. De los valores máximos anuales en 24hrs de la serie histórica de precipitaciones interpoladas se pudo determinar que se cuenta con una varianza de 62.09 lo cual significa que varía aproximadamente 62.09 unidades cuadradas de la media. Teniendo en cuenta la varianza se estima que la desviación estándar es de 7.88 el cual determina que la serie de datos varía en 7.88 unidades a la media el cual se estimó como 38.65 mm. Teniendo en cuenta los valores de varianza y desviación estándar se determina el coeficiente de variación que va alrededor de 0.20 y un coeficiente de sesgo de 0.04.

Tabla 57

Prueba Outlier para datos sistema PISCO

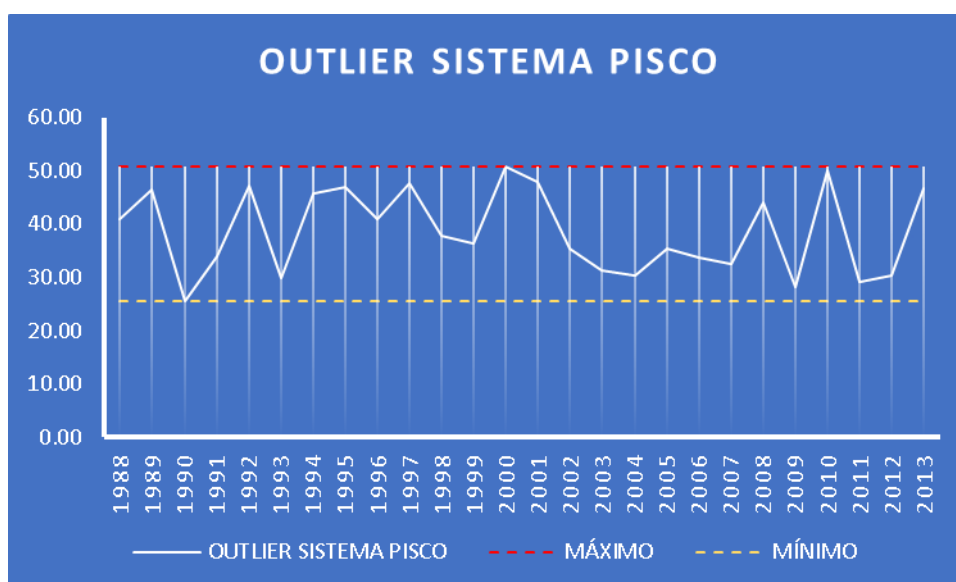
PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.80
PH	63.76 mm

CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.35
PH	22.49 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

Nota. Aplicando la prueba Outlier se calcularon los límites superiores e inferiores con el cual se puedan ajustar y validar la serie de datos de pluviometría, el valor máximo determinado es de 63.76 mm y el valor mínimo es de 22.49 mm con los cuales se pudo identificar que la serie de datos se ajusta mejor dentro de los límites.

Figura 33

Gráfica de Outlier sistema PISCO



Nota. De la serie gráfica se puede identificar que los valores del año 2000 y 2010 se acercan a los valores máximos permitidos mediante la metodología Outlier.

Tabla 58

Valores de precipitación resumido de las estaciones

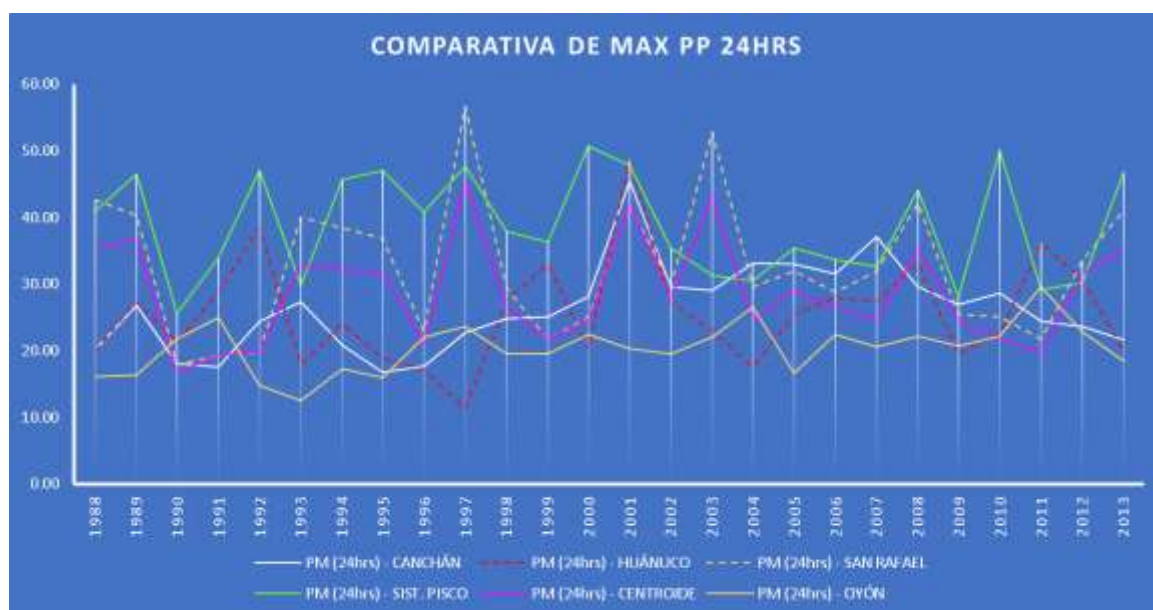
AÑO	VALORES DE PRECIPITACIÓN					
	PM (24hrs) - CANCHÁN	PM (24hrs) - HUÁNUCO	PM (24hrs) - SAN RAFAEL	PM (24hrs) - OYÓN	PM (24hrs) - SIST. PISCO	PM (24hrs) - CENTROIDE
1988	20.17	20.10	42.70	16.10	41.00	35.60
1989	26.75	27.40	40.22	16.40	46.54	36.53
1990	18.10	21.30	18.00	21.80	25.58	16.80
1991	17.50	28.80	19.27	24.90	33.89	19.26
1992	24.44	38.40	19.86	14.73	47.05	19.96
1993	27.30	18.00	40.00	12.50	29.81	33.06
1994	20.80	24.00	38.50	17.30	45.70	32.03
1995	16.70	18.90	36.80	16.00	47.00	31.96

1996	17.70	17.10	22.80	22.10	40.83	21.03
1997	22.70	11.40	56.70	23.70	47.74	45.43
1998	24.80	27.50	29.40	19.60	37.84	26.48
1999	25.10	33.00	21.60	19.50	36.37	21.83
2000	28.10	20.30	25.10	22.50	50.68	24.40
2001	45.50	48.70	41.80	20.30	47.78	41.97
2002	29.60	27.20	29.90	19.50	35.41	27.81
2003	29.00	23.00	52.90	22.10	31.29	43.16
2004	33.20	17.60	29.60	26.60	30.47	24.53
2005	33.00	25.50	32.00	16.60	35.36	29.10
2006	31.60	28.00	28.80	22.50	33.66	26.35
2007	37.10	27.30	31.90	20.60	32.63	24.69
2008	29.60	33.10	42.10	22.20	44.06	35.42
2009	27.00	19.60	25.50	20.70	28.08	24.57
2010	28.60	22.60	25.10	22.20	50.04	21.89
2011	24.40	36.20	21.80	29.60	29.12	19.70
2012	23.70	30.70	33.50	22.80	30.27	31.60
2013	21.70	19.90	41.10	18.50	46.80	35.09

Nota. A partir de la tabla de resumen de valores de precipitación se pudo identificar que los valores de sistema PISCO y los valores de la estación interpolada son similares y con relación a la estación San Rafael debido a la cercanía de la cuenca a la estación de San Rafael. Se identificó de la misma forma que los valores de precipitación crítica fueron de 50.68, 45.43 y 56.7 mm para las estaciones Sist. PISCO, Centroide, San Rafael respectivamente

Figura 34

Historial de máximas precipitaciones anuales



Nota. Se puede identificar que la serie de datos presentan coincidencias en los picos del 2001, 2003 y 2008 dando así a entender que los valores guardan relación entre si debido a que las estaciones de Canchán, Huánuco y San Rafael son relativamente cercanas.

Tabla 59

Análisis de doble masa

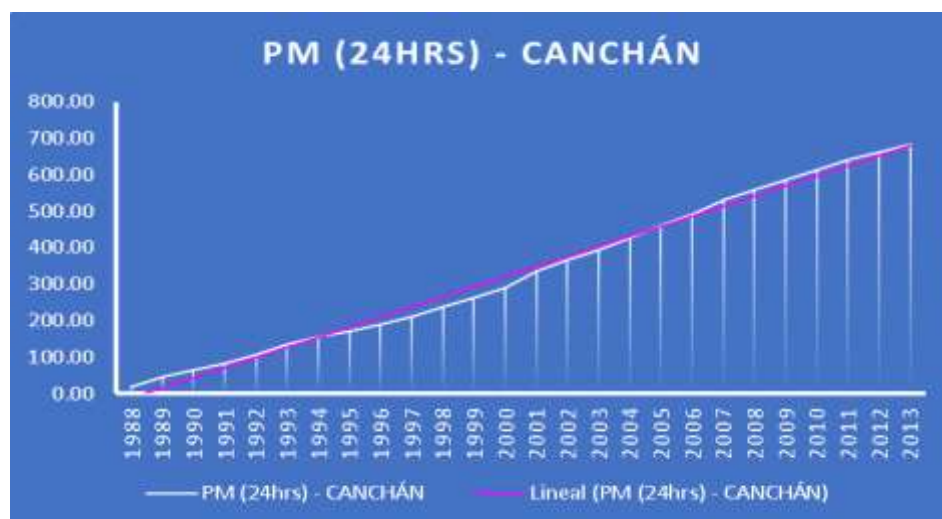
ANÁLISIS DOBLE MASA												
A Ñ O	PM (24hrs) - CANCHÁN		PM (24hrs) - HUÁNUCO		PM (24hrs) - SAN RAFAEL		PM (24hrs) - OYÓN		PM (24hrs) - SIST. PISCO		PM (24hrs) - CENTROID E	
	PP	PP ACUM ULADA	PP	PP ACUM ULADA	PP	PP ACUM ULADA	PP	PP ACUM ULADA	PP	PP ACUM ULADA	PP	PP ACUM ULADA
	19	20.	20.17	20.	20.10	42.	42.70	16.	16.10	41.	41.00	35.
88	17		10		70		10		00		60	
19	26.	46.92	27.	47.50	40.	82.92	16.	32.50	46.	87.54	36.	72.13
89	75		40		22		40		54		53	
19	18.	65.02	21.	68.80	18.	100.92	21.	54.30	25.	113.12	16.	88.93
90	10		30		00		80		58		80	
19	17.	82.52	28.	97.60	19.	120.19	24.	79.20	33.	147.01	19.	108.18
91	50		80		27		90		89		26	
19	24.	106.96	38.	136.00	19.	140.05	14.	93.93	47.	194.06	19.	128.14
92	44		40		86		73		05		96	
19	27.	134.26	18.	154.00	40.	180.05	12.	106.43	29.	223.86	33.	161.21
93	30		00		00		50		81		06	
19	20.	155.06	24.	178.00	38.	218.55	17.	123.73	45.	269.57	32.	193.24
94	80		00		50		30		70		03	
19	16.	171.76	18.	196.90	36.	255.35	16.	139.73	47.	316.57	31.	225.20
95	70		90		80		00		00		96	
19	17.	189.46	17.	214.00	22.	278.15	22.	161.83	40.	357.40	21.	246.23
96	70		10		80		10		83		03	
19	22.	212.16	11.	225.40	56.	334.85	23.	185.53	47.	405.14	45.	291.66
97	70		40		70		70		74		43	
19	24.	236.96	27.	252.90	29.	364.25	19.	205.13	37.	442.99	26.	318.14
98	80		50		40		60		84		48	
19	25.	262.06	33.	285.90	21.	385.85	19.	224.63	36.	479.36	21.	339.97
99	10		00		60		50		37		83	
20	28.	290.16	20.	306.20	25.	410.95	22.	247.13	50.	530.04	24.	364.37
00	10		30		10		50		68		40	
20	45.	335.66	48.	354.90	41.	452.75	20.	267.43	47.	577.82	41.	406.34
01	50		70		80		30		78		97	
20	29.	365.26	27.	382.10	29.	482.65	19.	286.93	35.	613.23	27.	434.14
02	60		20		90		50		41		81	
20	29.	394.26	23.	405.10	52.	535.55	22.	309.03	31.	644.52	43.	477.30
03	00		00		90		10		29		16	
20	33.	427.46	17.	422.70	29.	565.15	26.	335.63	30.	674.98	24.	501.83
04	20		60		60		60		47		53	
20	33.	460.46	25.	448.20	32.	597.15	16.	352.23	35.	710.34	29.	530.92
05	00		50		00		60		36		10	
20	31.	492.06	28.	476.20	28.	625.95	22.	374.73	33.	744.00	26.	557.28
06	60		00		80		50		66		35	
20	37.	529.16	27.	503.50	31.	657.85	20.	395.33	32.	776.63	24.	581.97
07	10		30		90		60		63		69	
20	29.	558.76	33.	536.60	42.	699.95	22.	417.53	44.	820.70	35.	617.39
08	60		10		10		20		06		42	
20	27.	585.76	19.	556.20	25.	725.45	20.	438.23	28.	848.77	24.	641.95
09	00		60		50		70		08		57	
20	28.	614.36	22.	578.80	25.	750.55	22.	460.43	50.	898.81	21.	663.84
10	60		60		10		20		04		89	
20	24.	638.76	36.	615.00	21.	772.35	29.	490.03	29.	927.93	19.	683.54
11	40		20		80		60		12		70	
20	23.	662.46	30.	645.70	33.	805.85	22.	512.83	30.	958.21	31.	715.14
12	70		70		50		80		27		60	

20	21.	684.16	19.	665.60	41.	846.95	18.	531.33	46.	1005.00	35.	750.23
13	70		90		10		50		80		09	

Nota. Es necesario para el análisis de doble masa estimar las precipitaciones acumuladas para cada una de las estaciones e informaciones recolectadas. Los valores acumulados para todo el periodo de interés fueron: 684.16, 665.80, 846.95, 531.33, 1005.00 y 750.23 mm para las estaciones de Canchán, Huánuco, San Rafael, Oyón, Sist. PISCO y Centroide.

Figura 35

Curva de doble masa estación Canchán



Nota. De la gráfica se puede identificar la cantidad de quiebres que se presentan para la estación Canchán se logra estimar que para el año 2000 se presenta un quiebre de información importante.

Figura 36

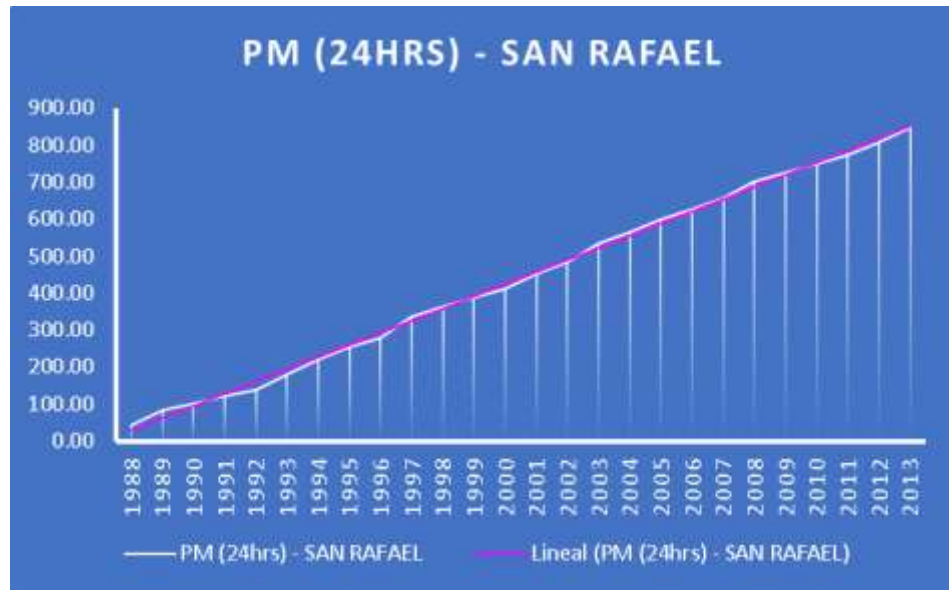
Curva de doble masa estación Huánuco



Nota. De la gráfica se puede identificar la cantidad de quiebres que se presentan para la estación Huánuco se logra estimar que para el año 1998 y 2000 se presenta un quiebre de información importante.

Figura 37

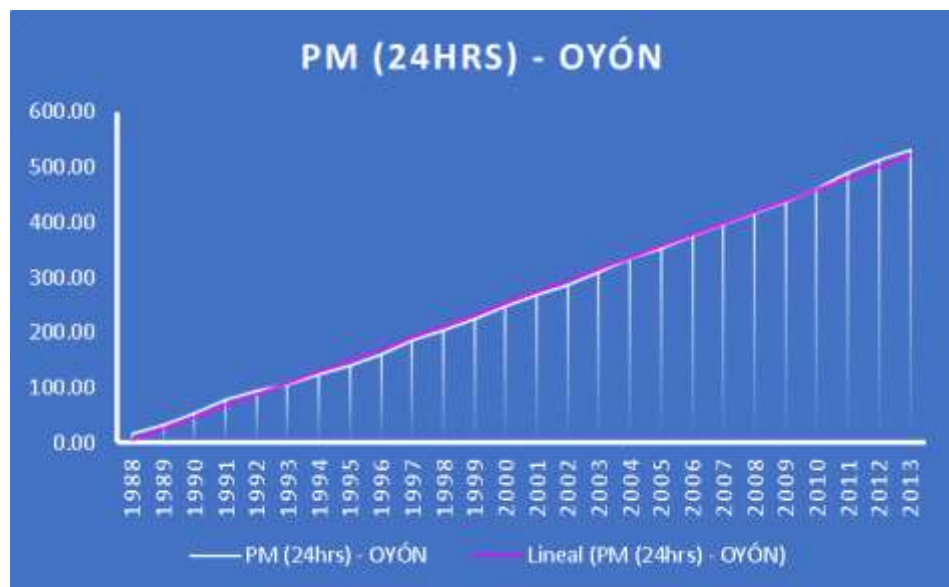
Curva de doble masa estación San Rafael



Nota. De la gráfica se puede identificar la cantidad de quiebres que se presentan para la estación San Rafael se logra estimar que para el año 1992 se presenta un quiebre de información, aunque esta estación mantiene una pendiente constante.

Figura 38

Curva de doble masa estación Oyón



Nota. De la gráfica se puede identificar la cantidad de quiebres que se presentan para la estación Oyón se logra estimar que para el año 1996 se presenta un quiebre de información, aunque esta estación mantiene una pendiente constante.

Figura 39

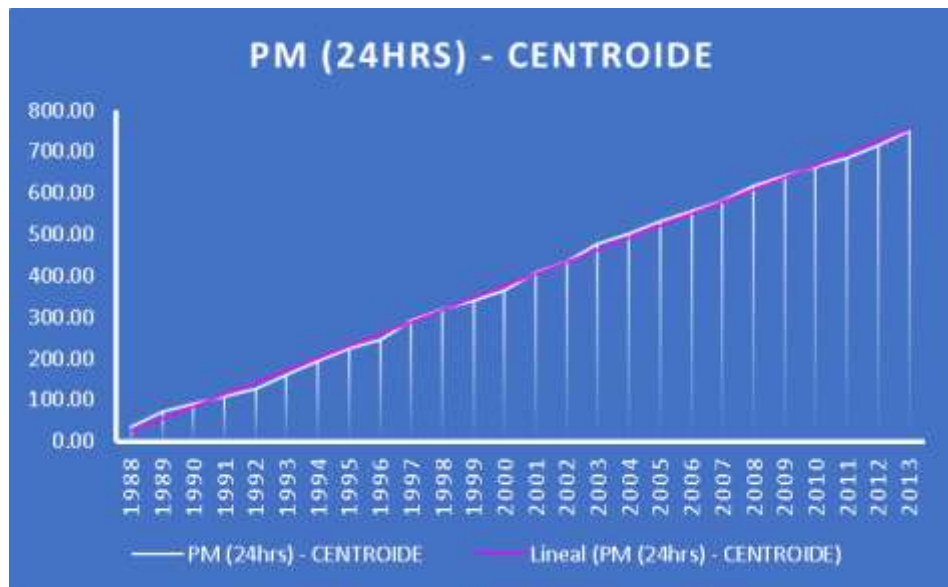
Curva de doble masa información PISCO



Nota. De la gráfica se puede identificar la cantidad de quiebres que se presentan para el sistema PISCO no se observan quiebres importantes en la serie de valores registrados.

Figura 40

Curva de doble masa información de interpolación



Nota. De la gráfica se puede identificar la cantidad de quiebres que se presentan para la interpolación, se observan quiebres en su línea de datos, sin embargo, los cambios de pendiente no son muy accidentados.

Figura 41

Curva de doble masa información de interpolación y sist. PISCO



Nota. Para la elaboración del modelo hidrológico de la cuenca Cochacán se tomaron en cuenta solo la información interpolada de las estaciones y el análisis de datos del sistema PISCO con la finalidad de obtener los valores de precipitación en la zona específica, a partir de ello se hizo un análisis de doble masa de ambas series de información, de esta determinación se consideró como información base para el análisis hidrológico las que se obtuvieron del sistema PISCO debido a que presenta precipitaciones mayores en comparación a la interpolación y se estiman un margen de error por malas lecturas en la interpolación.

Análisis estadístico de lluvias

A partir de la determinación de la serie de datos bases para la caracterización hidrológica se procedió a hacer el análisis estadístico de precipitaciones. La cual se realizó a partir de la prueba de bondad de Kolmogorov-Smirnov.

Tabla 60

Valores de precipitación de análisis

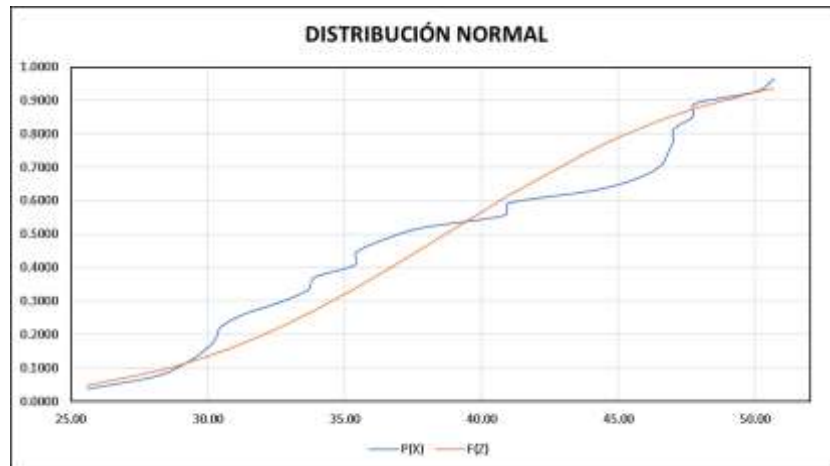
VALORES DE PRECIPITACIÓN	
ESTACIÓN:	SISTEMA PISCO
LONGITUD:	76°18'32.21"
LATITUD:	10°17'45.25"
ELEVACIÓN:	-
AÑO	PM (24hrs) - SIST. PISCO
1988	41.00
1989	46.54
1990	25.58
1991	33.89
1992	47.05
1993	29.81
1994	45.70
1995	47.00
1996	40.83
1997	47.74
1998	37.84
1999	36.37
2000	50.68
2001	47.78
2002	35.41
2003	31.29
2004	30.47
2005	35.36
2006	33.66
2007	32.63
2008	44.06
2009	28.08
2010	50.04
2011	29.12
2012	30.27
2013	46.80
CANTIDAD DE DATOS	26.00
SUMATORIA	1005.00
VALOR MÍNIMO	25.58
VALOR MÁXIMO	50.68
MEDIA	38.65
VARIANZA	62.09
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.88
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.20

**COEFICIENTE DE
SESGO** 0.04

Nota. Se presentan los valores de precipitación con la cual se elaborará el modelo hidrológico, con estos valores se determinan los parámetros estadísticos que aseguren la correlación entre los valores de la serie, en total se recolectaron 26 años de valores, entre los rangos de 25.58 a 50.68 con un coeficiente de variación de 0.20 y un sesgo de 0.04.

Figura 42

Distribución Normal



Nota. A partir de los valores estimados para la distribución normal se logró estimar la gráfica en la cual se muestran los valores teóricos y los valores de la serie muestral.

Tabla 61

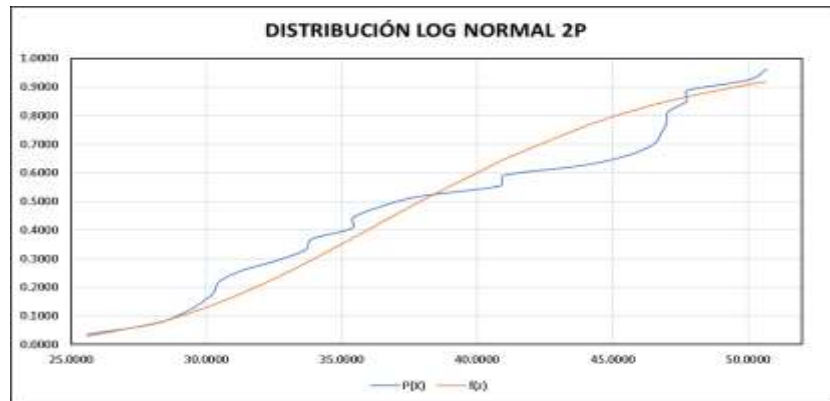
Parámetros resultantes de la distribución Normal

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1478
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Nota. Para la distribución se determinó que el valor del delta teórico es de 0.14 y el valor del delta tabular es de 0.26, con lo cual la distribución se ajusta a la serie de datos.

Figura 43

Distribución Log Normal 2P



Nota. A partir de los valores estimados para la distribución log normal de 2 parámetros se logró estimar la gráfica en la cual se muestran los valores teóricos y los valores de la serie muestral.

Tabla 62

Parámetros resultantes de la distribución Log Normal 2P

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1501
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Nota. Para la distribución se determinó que el valor del delta teórico es de 0.15 y el valor del delta tabular es de 0.26, con lo cual la distribución se ajusta a la serie de datos.

Figura 44

Distribución Log Normal 3P



Nota. A partir de los valores estimados para la distribución log normal de 3 parámetros se logró estimar la gráfica en la cual se muestran los valores teóricos y los valores de la serie muestral.

Tabla 63

Parámetros resultantes de la distribución Log Normal 3P

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1544
Δ TABULAR	0.2667

SE AJUSTA

Nota. Para la distribución se determinó que el valor del delta teórico es de 0.15 y el valor del delta tabular es de 0.26, con lo cual la distribución se ajusta a la serie de datos.

Figura 45

Distribución Gamma 3P



Nota. A partir de los valores estimados para la distribución Gamma de 3 parámetros se logró estimar la gráfica en la cual se muestran los valores teóricos y los valores de la serie muestral.

Tabla 64

Parámetros resultantes de la distribución Gamma 3P

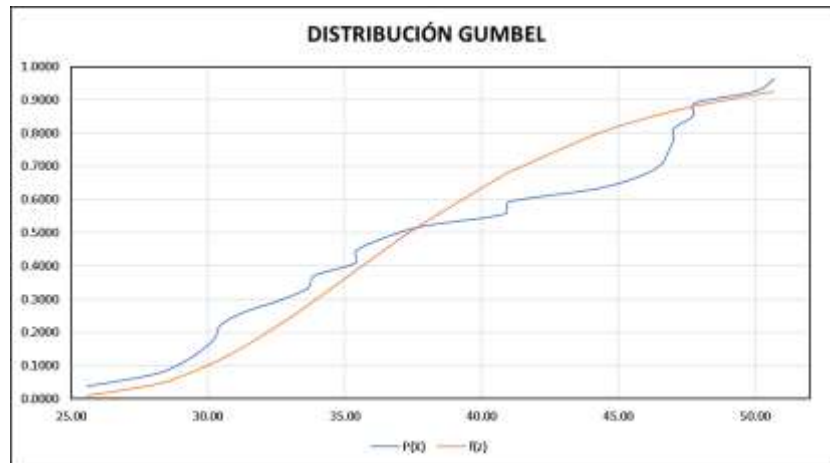
PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1482
Δ TABULAR	0.2667

SE AJUSTA

Nota. Para la distribución se determinó que el valor del delta teórico es de 0.14 y el valor del delta tabular es de 0.26, con lo cual la distribución se ajusta a la serie de datos.

Figura 46

Distribución Gumbel



Nota. A partir de los valores estimados para la distribución Gumbel de se logró estimar la gráfica en la cual se muestran los valores teóricos y los valores de la serie muestral.

Tabla 65

Parámetros resultantes de la distribución Gumbel

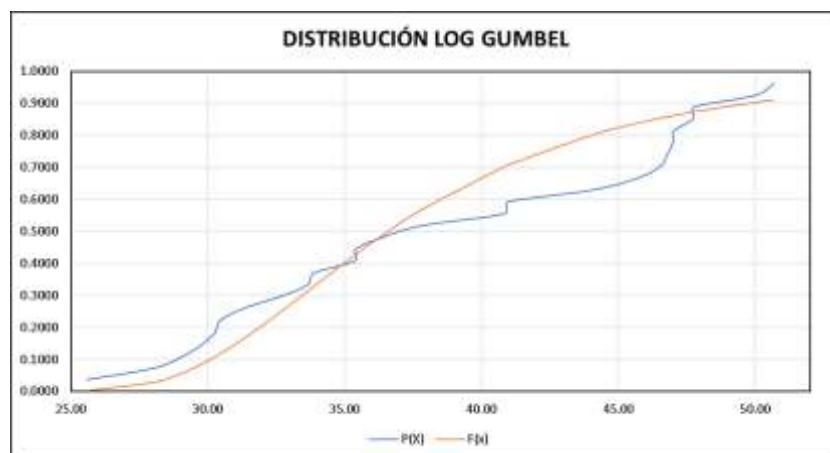
PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1701
Δ TABULAR	0.2667

SE AJUSTA

Nota. Para la distribución se determinó que el valor del delta teórico es de 0.17 y el valor del delta tabular es de 0.26, con lo cual la distribución se ajusta a la serie de datos.

Figura 47

Distribución Log Gumbel



Nota. A partir de los valores estimados para la distribución Log Gumbel de se logró estimar la gráfica en la cual se muestran los valores teóricos y los valores de la serie muestral.

Tabla 66*Parámetros resultantes de la distribución Log Gumbel*

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1721
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Nota. Para la distribución se determinó que el valor del delta teórico es de 0.17 y el valor del delta tabular es de 0.26, con lo cual la distribución se ajusta a la serie de datos.

Tabla 67*Cuadro de resumen de resultados de pruebas de distribución*

PRUEBA DE BONDAD KOLMOGOROV-SMIRNOV	
DISTRIBUCIÓN	Δ TEÓRICO
NORMAL	0.1478
LOG NORMAL 2P	0.1501
LOG NORMAL 3P	0.1544
GAMMA 2P	0.1544
GAMMA 3P	0.1482
GUMBEL	0.1701
LOG-GUMBEL	0.1721
CONCLUSIÓN	0.1478 NORMAL

Nota. De la realización de las pruebas de distribución se escoge el valor de delta mínimo según la prueba de Kolmogorov-Smirnov con ella se determinó que la distribución que mejor se ajusta es la Normal con un valor de delta es de 0.1478.

Tabla 68*Valores de precipitación para diferentes periodos de retorno*

PRECIPITACIONES	
PERIODO DE RETORNO	PP (mm)
5	45.28
10	48.75
25	52.45
50	54.84
100	56.99
500	61.34

Nota. Con la estimación de los valores de la prueba de bondad y las series de ajuste se logró determinar para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 los respectivos valores de precipitación 45.28, 48.75, 52.45, 54.84, 56.99 y 61.34 mm respectivamente.

Análisis de tormenta

Tabla 69

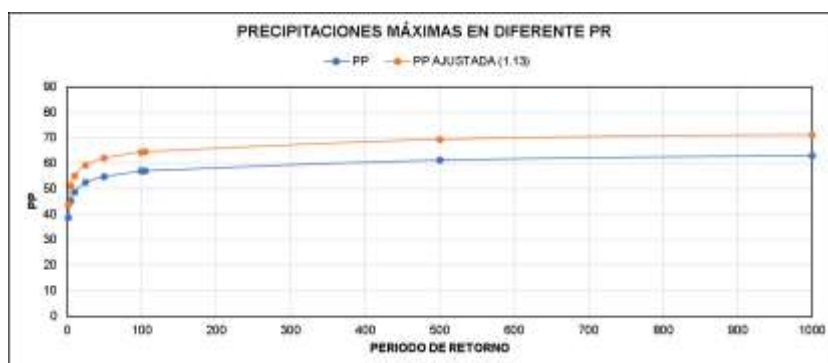
Valores de precipitaciones máximas ajustadas

PRECIPITACIONES MÁXIMAS			
PERIODO DE RETORNO	PP	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PP AJUSTADA (1.13)
2	38.65	0.50000	43.6745
5	45.28	0.80000	51.1664
10	48.75	0.90000	55.0875
25	52.45	0.96000	59.2685
50	54.84	0.98000	61.9692
100	56.99	0.99000	64.3987
105	57.13	0.99048	64.5569
500	61.34	0.99800	69.3142
1000	63.01	0.99900	71.2013
10000	67.96	0.99990	76.7948

Nota. Con la estimación de los valores de precipitación para diferentes periodos de retorno se elabora un modelo de probabilidad de no excedencia con la cual se pudo determinar que para un periodo de retorno de 2 años hay un 50% de probabilidad de que el valor de 38.65 mm sea igualado o superado en ese rango de tiempo, con ello se planteó estimar los valores de precipitación con un factor de seguridad de 1.13 como se establece para el análisis hidrológico.

Figura 48

Gráfica de precipitación y precipitación ajustada



Nota. A partir de los valores de precipitación estimadas de la distribución normal se grafican en relación al periodo de retorno estimado, de la misma forma se grafican los valores ajustados viendo la correlación presente entre ambas series de datos.

Tabla 70

Precipitaciones máximas estimadas para 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	13.0 738	15.3 165	16.4 903	17.7 418	18.5 503	19.2 775	19.3 249	20.7 490	21.3 139	22.9 883
2 hr	0.39	17.1 188	20.0 553	21.5 922	23.2 310	24.2 896	25.2 419	25.3 039	27.1 685	27.9 082	30.1 007
3 hr	0.46	20.1 207	23.5 722	25.3 787	27.3 049	28.5 491	29.6 683	29.7 412	31.9 329	32.8 023	35.3 792
4 hr	0.52	22.6 117	26.4 905	28.5 206	30.6 853	32.0 835	33.3 413	33.4 233	35.8 863	36.8 633	39.7 592
5 hr	0.57	24.7 674	29.0 160	31.2 396	33.6 106	35.1 422	36.5 199	36.6 096	39.3 075	40.3 776	43.5 497
6 hr	0.61	26.6 722	31.2 476	33.6 422	36.1 956	37.8 449	39.3 286	39.4 252	42.3 305	43.4 830	46.8 990
8 hr	0.68	29.9 117	35.0 427	37.7 282	40.5 917	42.4 413	44.1 052	44.2 136	47.4 717	48.7 642	52.5 950
10 hr	0.75	32.5 724	38.1 598	41.0 842	44.2 023	46.2 165	48.0 284	48.1 464	51.6 944	53.1 018	57.2 734
12 hr	0.80	34.7 973	40.7 664	43.8 905	47.2 217	49.3 735	51.3 091	51.4 352	55.2 255	56.7 291	61.1 856
14 hr	0.84	36.6 891	42.9 827	46.2 767	49.7 889	52.0 577	54.0 986	54.2 315	58.2 279	59.8 132	64.5 120
16 hr	0.88	38.3 297	44.9 047	48.3 460	52.0 153	54.3 855	56.5 177	56.6 565	60.8 316	62.4 878	67.3 967
18 hr	0.91	39.7 887	46.6 141	50.1 863	53.9 953	56.4 557	58.6 691	58.8 132	63.1 472	64.8 664	69.9 623
20 hr	0.94	41.1 279	48.1 830	51.8 755	55.8 127	58.3 559	60.6 437	60.7 927	65.2 726	67.0 497	72.3 171
22 hr	0.97	42.4 033	49.6 771	53.4 841	57.5 434	60.1 655	62.5 242	62.6 778	67.2 967	69.1 288	74.5 595
24 hr	1.00	43.6 745	51.1 664	55.0 875	59.2 685	61.9 692	64.3 987	64.5 569	69.3 142	71.2 013	76.7 948

Nota. La estimación de las intensidades se realizó a partir de la metodología de los coeficientes establecida en el manual de hidrología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Con ello se logró determinar que en una duración de 24hrs para un periodo de retorno de 100 años hay una precipitación máxima de 64.40 mm aproximadamente.

Tabla 71

Intensidad de lluvia para diferentes periodos de retorno

INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/hr)											
TIEMPO DE DURACIÓN	MIN	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	105 AÑOS	500 AÑOS	1000 AÑOS	10000 AÑOS
1 hr	60	13.07 38	15.31 65	16.49 03	17.74 18	18.55 03	19.27 75	19.32 49	20.74 90	21.31 39	22.98 83
2 hr	120	8.559 4	10.02 76	10.79 61	11.61 55	12.14 48	12.62 09	12.65 19	13.58 43	13.95 41	15.05 03
3 hr	180	6.706 9	7.857 4	8.459 6	9.101 6	9.516 4	9.889 4	9.913 7	10.64 43	10.93 41	11.79 31

4 hr	24	5.652	6.622	7.130	7.671	8.020	8.335	8.355	8.971	9.215	9.939
	0	9	6	2	3	9	3	8	6	8	8
5 hr	30	4.953	5.803	6.247	6.722	7.028	7.304	7.321	7.861	8.075	8.709
	0	5	2	9	1	4	0	9	5	5	9
6 hr	36	4.445	5.207	5.607	6.032	6.307	6.554	6.570	7.055	7.247	7.816
	0	4	9	0	6	5	8	9	1	2	5
8 hr	48	3.739	4.380	4.716	5.074	5.305	5.513	5.526	5.934	6.095	6.574
	0	0	3	0	0	2	2	7	0	5	4
10 hr	60	3.257	3.816	4.108	4.420	4.621	4.802	4.814	5.169	5.310	5.727
	0	2	0	4	2	7	8	6	4	2	3
12 hr	72	2.899	3.397	3.657	3.935	4.114	4.275	4.286	4.602	4.727	5.098
	0	8	2	5	1	5	8	3	1	4	8
14 hr	84	2.620	3.070	3.305	3.556	3.718	3.864	3.873	4.159	4.272	4.608
	0	6	2	5	4	4	2	7	1	4	0
16 hr	96	2.395	2.806	3.021	3.251	3.399	3.532	3.541	3.802	3.905	4.212
	0	6	5	6	0	1	4	0	0	5	3
18 hr	108	2.210	2.589	2.788	2.999	3.136	3.259	3.267	3.508	3.603	3.886
	80	5	7	1	7	4	4	4	2	7	8
20 hr	120	2.056	2.409	2.593	2.790	2.917	3.032	3.039	3.263	3.352	3.615
	00	4	1	8	6	8	2	6	6	5	9
22 hr	132	1.927	2.258	2.431	2.615	2.734	2.842	2.849	3.058	3.142	3.389
	20	4	0	1	6	8	0	0	9	2	1
24 hr	144	1.819	2.131	2.295	2.469	2.582	2.683	2.689	2.888	2.966	3.199
	40	8	9	3	5	1	3	9	1	7	8

Nota. A partir de las precipitaciones distribuidas por periodo de retorno y tiempo se pueden estimar los valores de intensidad con la cual se pudo estimar los coeficientes para la fórmula de intensidad. Con ello se logró determinar que en una duración de 24hrs para un periodo de retorno de 100 años hay una intensidad de 2.68 mm/hr aproximadamente.

Tabla 72

Valores de la constante y coeficiente de regresión

RESUMEN DE APLICACIÓN DE REGRESIÓN POTENCIAL		
PR (AÑOS)	TERMINO CTE DE REGRESIÓN	COEFICIENTE DE REGRESIÓN
2	167.2204	-0.6186
5	195.9052	-0.6186
10	210.9183	-0.6186
25	226.9265	-0.6186
50	237.2669	-0.6186
100	246.5689	-0.6186
105	247.1746	-0.6186
500	265.3893	-0.6186
1000	272.6146	-0.6186
10000	294.0309	-0.6186
PROM	236.4016	-0.6186

Nota. Los análisis de la regresión lineal de las intensidades para los diferentes periodos de retorno sirven de base para la estimación de los coeficientes promedios de la fórmula de la intensidad, con ese proceso se estimaron los valores de regresión. De la estimación se pudo identificar que el coeficiente de regresión para el modelo es de -0.6186 con ello se evidencia que a medida que la variable aumente el valor disminuye en promedio 0.62.

Tabla 73

Valores para la regresión lineal final de la ecuación

REGRESIÓN POTENCIAL						
N°	T	d	ln T	ln d	ln T * ln d	(ln T)^2
1	2	167.2204	0.6931	5.1193	3.5484	0.4805
2	5	195.9052	1.6094	5.2776	8.4940	2.5903
3	10	210.9183	2.3026	5.3515	12.3222	5.3019
4	25	226.9265	3.2189	5.4246	17.4612	10.3612
5	50	237.2669	3.9120	5.4692	21.3956	15.3039
6	100	246.5689	4.6052	5.5076	25.3636	21.2076
7	105	247.1746	4.6540	5.5101	25.6438	21.6593
8	500	265.3893	6.2146	5.5812	34.6850	38.6214
9	1000	272.6146	6.9078	5.6081	38.7391	47.7171
10	10000	294.0309	9.2103	5.6837	52.3487	84.8304
10	11797	2364.0155	43.3279	54.5329	240.0016	248.0735
Ln(K)= 5.1860		K= 178.7601		m= 0.0617		

Nota. A partir de los valores de regresión independiente para cada periodo de retorno se elabora un cuadro de resumen en el cual se puedan determinar la ecuación final para la intensidad.

$$I = \frac{178.76 \cdot T^{0.062}}{t^{0.619}}$$

Tabla 74

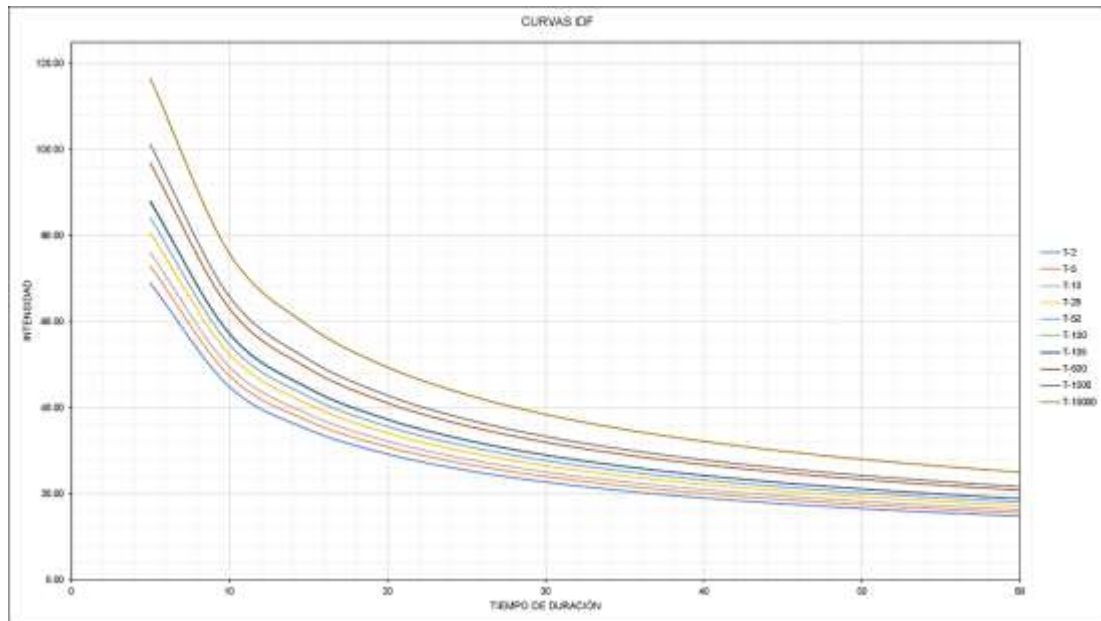
Valores de intensidad a partir de la fórmula de intensidad

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	68.94	44.9	34.9	29.2	25.4	22.7	20.6	19.0	17.7	16.5	15.6	14.8
		0	4	4	7	6	9	5	1	9	4	2
T-5	72.95	47.5	36.9	30.9	26.9	24.0	21.8	20.1	18.7	17.5	16.5	15.6
		1	7	4	6	8	9	5	4	6	5	8
T-10	76.13	49.5	38.5	32.3	28.1	25.1	22.8	21.0	19.5	18.3	17.2	16.3
		9	9	0	3	3	5	4	6	2	7	7
T-25	80.56	52.4	40.8	34.1	29.7	26.5	24.1	22.2	20.6	19.3	18.2	17.3
		7	3	7	7	9	7	6	9	9	8	2
T-50	84.08	54.7	42.6	35.6	31.0	27.7	25.2	23.2	21.6	20.2	19.0	18.0
		6	1	7	7	6	3	3	0	4	8	8
T-100	87.75	57.1	44.4	37.2	32.4	28.9	26.3	24.2	22.5	21.1	19.9	18.8
		5	8	3	3	7	3	5	4	2	1	7
T-105	88.02	57.3	44.6	37.3	32.5	29.0	26.4	24.3	22.6	21.1	19.9	18.9
		3	1	4	2	5	1	2	1	8	7	2
T-500	96.91	63.1	49.1	41.1	35.8	31.9	29.0	26.7	24.8	23.3	21.9	20.8
		2	2	1	1	9	8	8	9	2	9	4
T-1000	101.1	65.8	51.2	42.9	37.3	33.3	30.3	27.9	25.9	24.3	22.9	21.7
		4	8	6	1	7	9	5	5	8	4	5
T-10000	116.5	75.9	59.0	49.4	43.0	38.4	34.9	32.2	29.9	28.0	26.4	25.0
		8	3	9	5	8	8	8	1	5	6	5

Nota. Con la ecuación estimada a partir de los valores de intensidad determinados inicialmente se pueden estimar los valores finales de intensidad con la cual se puedan plantear la gráfica IDF.

Figura 49

Curvas IDF



Nota. De los valores de intensidad calculados se plantea la realización de la gráfica de intensidad-duración-frecuencia, con esta gráfica se pudo estimar los hietogramas de diseño.

Tabla 75

Parámetros de tormenta de diseño PR=10

TORMENTA DE DISEÑO										
PERIODO DE RETORNO	10 años	DURACIÓN DE TORMENTA	1.50 hrs	90 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	12.738	P24hr (mm)	19.11	INTERVALO DE t (min)	5

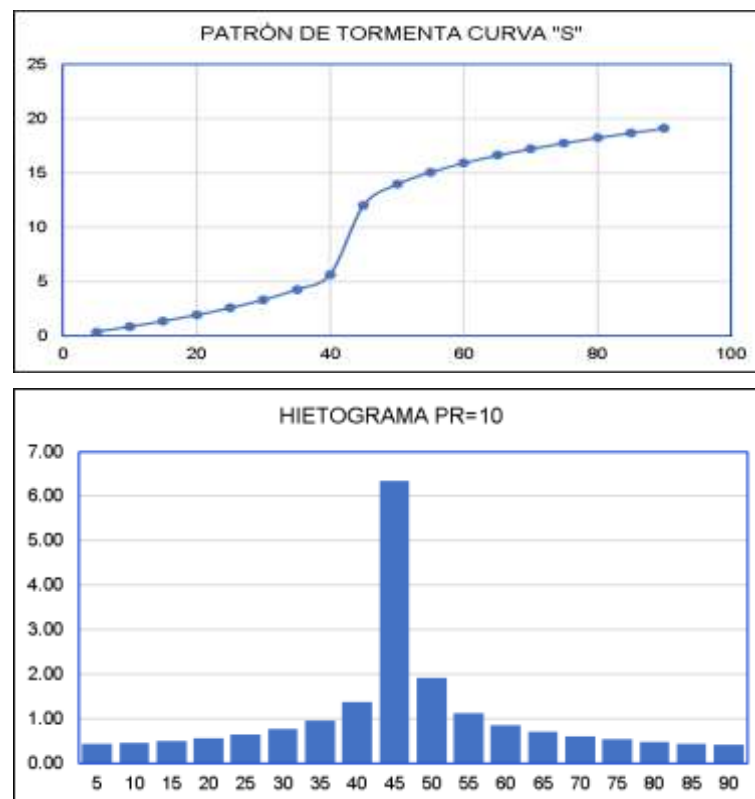
INSTANTE (min)	INTENSIDAD AD (mm/h)	P. ACUMULADA (mm)	ΔP (mm)	INTENSIDAD AD PARCIAL (mm/h)	P. ALTERNADA (mm)	ImPa ALTERNADA (mm)	P. ACUMULADO (mm)
5	76.134	6.345	6.345	76.134	0.427	5.128	0.427
10	49.587	8.265	1.920	23.040	0.463	5.555	0.890
15	38.587	9.647	1.382	16.587	0.507	6.089	1.398
20	32.297	10.766	1.119	13.425	0.565	6.784	1.963
25	28.133	11.722	0.956	11.477	0.644	7.732	2.607
30	25.132	12.566	0.844	10.130	0.761	9.132	3.368
35	22.846	13.327	0.761	9.132	0.956	11.477	4.325
40	21.035	14.023	0.696	8.356	1.382	16.587	5.707
45	19.557	14.668	0.644	7.732	6.345	76.134	12.052

50	18.323	15.269	0.60 1	7.217	1.920	23.040	13.97 1
55	17.274	15.835	0.56 5	6.784	1.119	13.425	15.09 0
60	16.369	16.369	0.53 4	6.412	0.844	10.130	15.93 4
65	15.578	16.876	0.50 7	6.089	0.696	8.356	16.63 1
70	14.880	17.360	0.48 4	5.806	0.601	7.217	17.23 2
75	14.258	17.823	0.46 3	5.555	0.534	6.412	17.76 7
80	13.700	18.267	0.44 4	5.330	0.484	5.806	18.25 0
85	13.196	18.695	0.42 7	5.128	0.444	5.330	18.69 5
90	12.738	19.107	0.41 2	4.944	0.412	4.944	19.10 7

Nota. Con los valores de intensidad y tiempo de concentración se estiman los valores con los cuales se establecerán la gráfica de la curva "S" y el hietograma de diseño. Para lo cual se estimó una duración de tormenta de 90 min de acuerdo al valor del tiempo de concentración, un valor de intensidad de 12.738 para un PR de 10 años.

Figura 50

Curva "S" y hietograma de diseño PR=10



Nota. A partir de lo determinado en los valores de la tabla, se logra elaborar una curva "S" para un periodo de retorno de 10 años y también se genera el hietograma de diseño con el cual se generaron los modelos en el HEC-HMS. Teniendo un pico de intensidad de 6.345 mm a los 45 min del inicio de tormenta.

Tabla 76

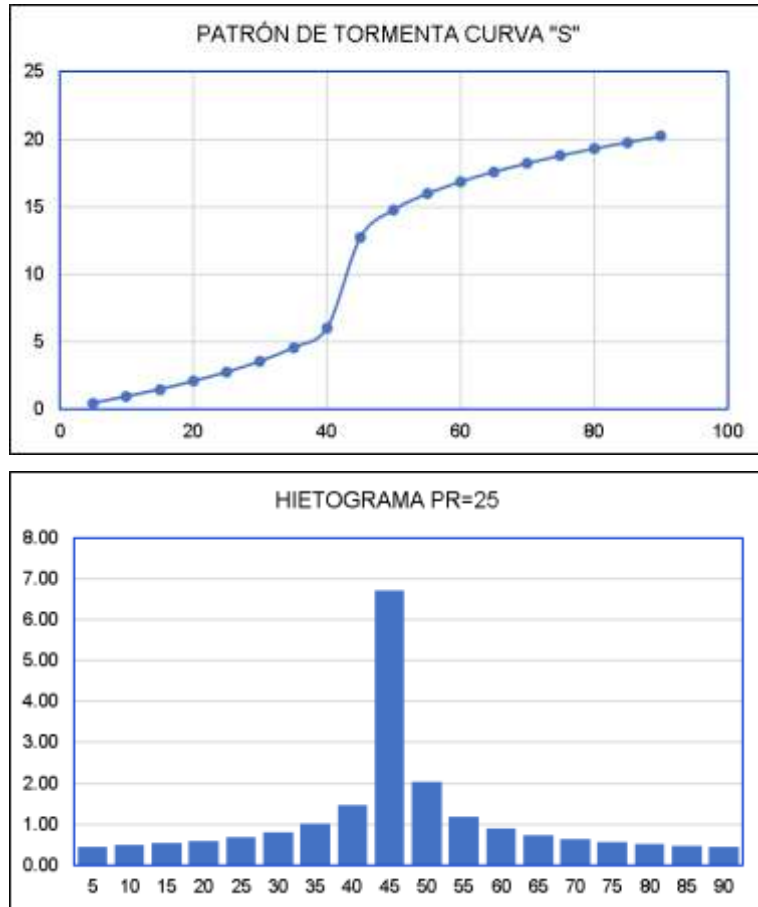
Parámetros de tormenta de diseño PR=25

TORMENTA DE DISEÑO										
PERIODO DE RETORNO	25 años	DURACIÓN DE TORMENTA	1.50 hrs	90 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	13.478	P24hr (mm)	20.22	INTERVALO DE t	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	80.561	6.713	6.713	80.561	0.452	5.426	0.452			
10	52.470	8.745	2.032	24.380	0.490	5.878	0.942			
15	40.831	10.208	1.463	17.552	0.537	6.443	1.479			
20	34.175	11.392	1.184	14.206	0.598	7.178	2.077			
25	29.768	12.404	1.012	12.144	0.682	8.182	2.759			
30	26.594	13.297	0.893	10.719	0.805	9.663	3.564			
35	24.175	14.102	0.805	9.663	1.012	12.144	4.576			
40	22.258	14.839	0.737	8.842	1.463	17.552	6.039			
45	20.694	15.521	0.682	8.182	6.713	80.561	12.752			
50	19.389	16.157	0.637	7.637	2.032	24.380	14.784			
55	18.278	16.755	0.598	7.178	1.184	14.206	15.968			
60	17.321	17.321	0.565	6.785	0.893	10.719	16.861			
65	16.484	17.858	0.537	6.443	0.737	8.842	17.598			
70	15.745	18.370	0.512	6.144	0.636	7.637	18.234			
75	15.088	18.859	0.490	5.878	0.565	6.785	18.800			
80	14.497	19.329	0.470	5.640	0.512	6.144	19.312			
85	13.963	19.782	0.452	5.426	0.470	5.640	19.782			
90	13.478	20.218	0.436	5.232	0.436	5.232	20.218			

Nota. Con los valores de intensidad y tiempo de concentración se estiman los valores con los cuales se establecerán la gráfica de la curva "S" y el hietograma de diseño. Para lo cual se estimó una duración de tormenta de 90 min de acuerdo al valor del tiempo de concentración, un valor de intensidad de 13.478 para un PR de 25 años.

Figura 51

Curva "S" y hietograma de diseño PR=25



Nota. A partir de lo determinado en los valores de la tabla, se logra elaborar una curva "S" para un periodo de retorno de 25 años y también se genera el hietograma de diseño con el cual se generaron los modelos en el HEC-HMS. Teniendo un pico de intensidad de 6.713 mm a los 45 min del inicio de tormenta.

Tabla 77

Parámetros de tormenta de diseño PR=50

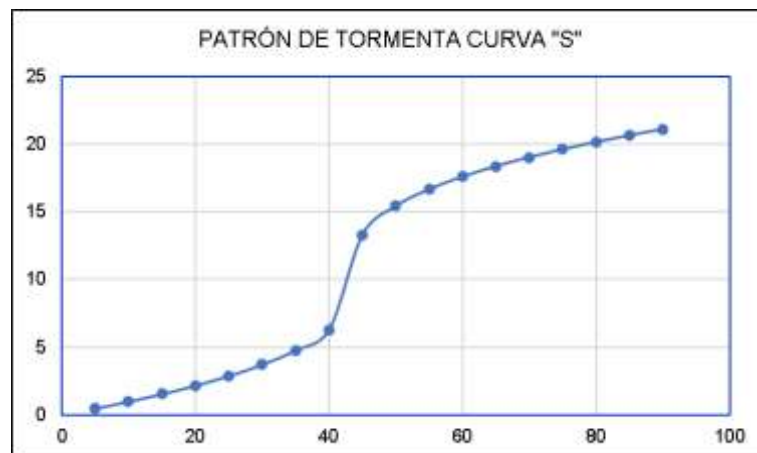
TORMENTA DE DISEÑO										
PERIODO DE RETORNO	50 años	DURACIÓN DE TORMENTA	1.50 hrs	90 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	14.067	P24hr (mm)	21.10	INTERVALO DE t	5 min
INSTANTE (min)	INTENSIDAD (mm/h)	P. ACUMULADA (mm)	ΔP (mm)	INTENSIDAD PARCIAL (mm/h)	P ALTERNADA (mm)	ImPa ALTERNADA (mm)	P. ACUMULADO (mm)			
5	84.080	7.007	7.007	84.080	0.472	5.663	0.472			
10	54.762	9.127	2.120	25.445	0.511	6.135	0.983			
15	42.614	10.654	1.527	18.318	0.560	6.725	1.544			

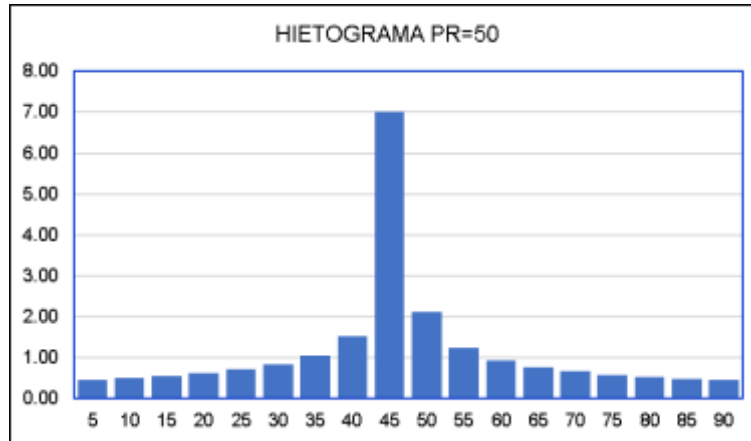
20	35.667	11.889	1.236	14.826	0.624	7.492	2.168
25	31.069	12.945	1.056	12.674	0.712	8.539	2.879
30	27.755	13.878	0.932	11.187	0.840	10.085	3.720
35	25.231	14.718	0.840	10.085	1.056	12.674	4.776
40	23.231	15.487	0.769	9.228	1.527	18.318	6.303
45	21.598	16.199	0.712	8.539	7.007	84.080	13.309
50	20.235	16.863	0.664	7.971	2.120	25.445	15.430
55	19.077	17.487	0.624	7.492	1.236	14.826	16.665
60	18.077	18.077	0.590	7.081	0.932	11.187	17.597
65	17.204	18.638	0.560	6.725	0.769	9.228	18.366
70	16.433	19.172	0.534	6.412	0.664	7.971	19.031
75	15.747	19.683	0.511	6.135	0.590	7.081	19.621
80	15.130	20.174	0.491	5.886	0.534	6.412	20.155
85	14.573	20.646	0.472	5.663	0.491	5.886	20.646
90	14.067	21.101	0.455	5.461	0.455	5.461	21.101

Nota. Con los valores de intensidad y tiempo de concentración se estiman los valores con los cuales se establecerán la gráfica de la curva "S" y el hietograma de diseño. Para lo cual se estimó una duración de tormenta de 90 min de acuerdo al valor del tiempo de concentración, un valor de intensidad de 14.067 para un PR de 50 años.

Figura 52

Curva "S" y hietograma de diseño PR=50





Nota. A partir de lo determinado en los valores de la tabla, se logra elaborar una curva “S” para un periodo de retorno de 50 años y también se genera el hietograma de diseño con el cual se generaron los modelos en el HEC-HMS. Teniendo un pico de intensidad de 7.007 mm a los 45 min del inicio de tormenta.

Tabla 78

Parámetros de tormenta de diseño PR=100

TORMENTA DE DISEÑO										
PERIODO DE RETORNO	100 años	DURACIÓN DE TORRENTA	1.50 hrs	90 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	14.682	P24hr	22.02	INTERVALO DE t	5

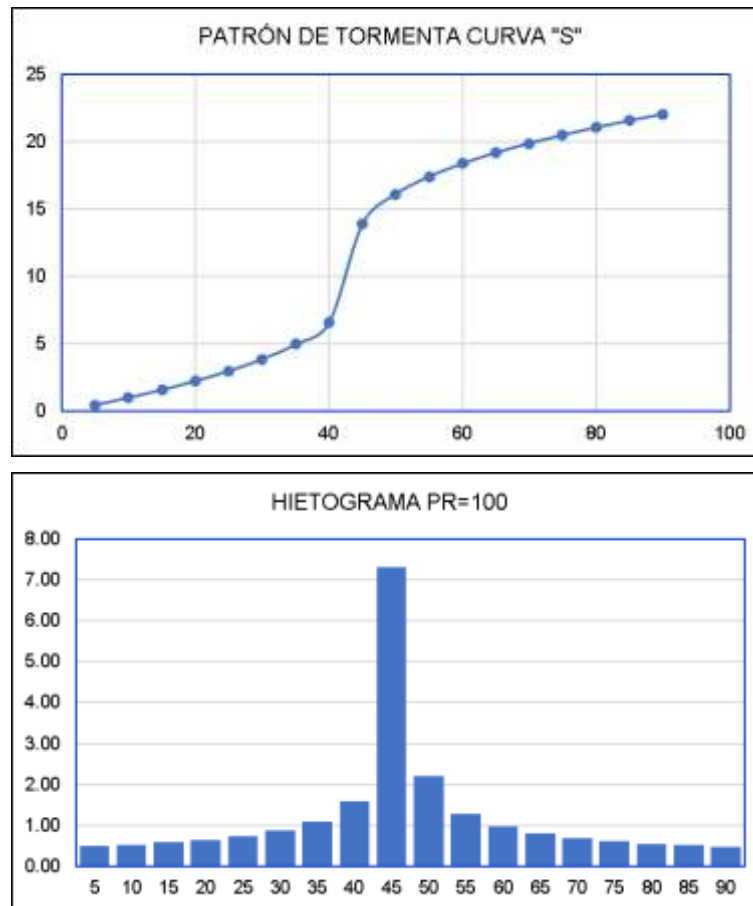
INSTANTE (min)	INTENSIDAD (mm/h)	P. ACUMULADA (mm)	ΔP (mm)	INTENSIDAD PARCIAL (mm/h)	P ALTERNADA (mm)	ImPa ALTERNADA (mm)	P. ACUMULADO (mm)
5	87.753	7.313	7.313	87.753	0.493	5.910	0.493
10	57.154	9.526	2.213	26.556	0.534	6.402	1.026
15	44.476	11.119	1.593	19.118	0.585	7.019	1.611
20	37.225	12.408	1.290	15.474	0.652	7.819	2.263
25	32.426	13.511	1.102	13.228	0.743	8.912	3.005
30	28.967	14.484	0.973	11.676	0.877	10.525	3.882
35	26.333	15.361	0.877	10.525	1.102	13.228	4.985
40	24.245	16.163	0.803	9.631	1.593	19.118	6.578
45	22.542	16.906	0.743	8.912	7.313	87.753	13.891
50	21.119	17.599	0.693	8.319	2.213	26.556	16.104
55	19.910	18.251	0.652	7.819	1.290	15.474	17.393
60	18.867	18.867	0.616	7.390	0.973	11.676	18.366

65	17.955	19.452	0.58 5	7.019	0.803	9.631	19.16 9
70	17.151	20.009	0.55 8	6.692	0.693	8.319	19.86 2
75	16.434	20.543	0.53 4	6.402	0.616	7.390	20.47 8
80	15.791	21.055	0.51 2	6.144	0.558	6.692	21.03 5
85	15.210	21.547	0.49 3	5.910	0.512	6.144	21.54 7
90	14.682	22.022	0.47 5	5.699	0.475	5.699	22.02 2

Nota. Con los valores de intensidad y tiempo de concentración se estiman los valores con los cuales se establecerán la gráfica de la curva "S" y el hietograma de diseño. Para lo cual se estimó una duración de tormenta de 90 min de acuerdo al valor del tiempo de concentración, un valor de intensidad de 14.682 para un PR de 100 años.

Figura 53

Curva "S" y hietograma de diseño PR=100



Nota. A partir de lo determinado en los valores de la tabla, se logra elaborar una curva "S" para un periodo de retorno de 100 años y también se genera el hietograma de diseño con el cual se generaron los modelos en el HEC-HMS. Teniendo un pico de intensidad de 8.912 mm a los 45 min del inicio de tormenta.

Tabla 79

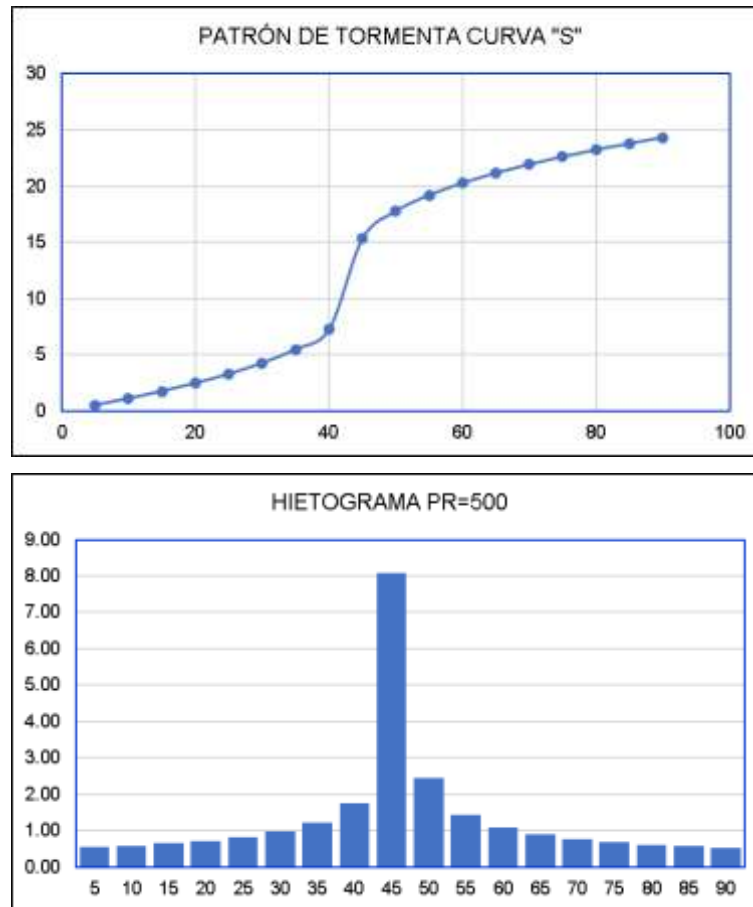
Parámetros de tormenta de diseño PR=500

TORMENTA DE DISEÑO										
PERIODO DE RETORNO	500 años	DURACIÓN DE TORMENTA	1.50 hrs	90 min	INTENSIDAD DE LLUVIA	16.214	P24hr (mm)	24.32	INTERVALO DE t	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	96.911	8.076	8.076	96.911	0.544	6.527	0.544			
10	63.119	10.520	2.444	29.327	0.589	7.071	1.133			
15	49.117	12.279	1.759	21.114	0.646	7.751	1.779			
20	41.110	13.703	1.424	17.089	0.720	8.635	2.499			
25	35.810	14.921	1.217	14.609	0.820	9.842	3.319			
30	31.991	15.995	1.075	12.894	0.969	11.624	4.288			
35	29.081	16.964	0.969	11.624	1.217	14.609	5.505			
40	26.776	17.850	0.886	10.637	1.759	21.114	7.264			
45	24.894	18.671	0.820	9.842	8.076	96.911	15.340			
50	23.323	19.436	0.766	9.187	2.444	29.327	17.784			
55	21.988	20.156	0.720	8.635	1.424	17.089	19.208			
60	20.836	20.836	0.680	8.162	1.075	12.894	20.283			
65	19.829	21.482	0.646	7.751	0.886	10.637	21.169			
70	18.941	22.098	0.616	7.390	0.766	9.187	21.935			
75	18.150	22.687	0.589	7.071	0.680	8.162	22.615			
80	17.439	23.252	0.565	6.785	0.616	7.390	23.231			
85	16.797	23.796	0.544	6.527	0.565	6.785	23.796			
90	16.214	24.321	0.524	6.294	0.524	6.294	24.321			

Nota. Con los valores de intensidad y tiempo de concentración se estiman los valores con los cuales se establecerán la gráfica de la curva "S" y el hietograma de diseño. Para lo cual se estimó una duración de tormenta de 90 min de acuerdo al valor del tiempo de concentración, un valor de intensidad de 16.214 para un PR de 500 años.

Figura 54

Curva "S" y hietograma de diseño PR=500

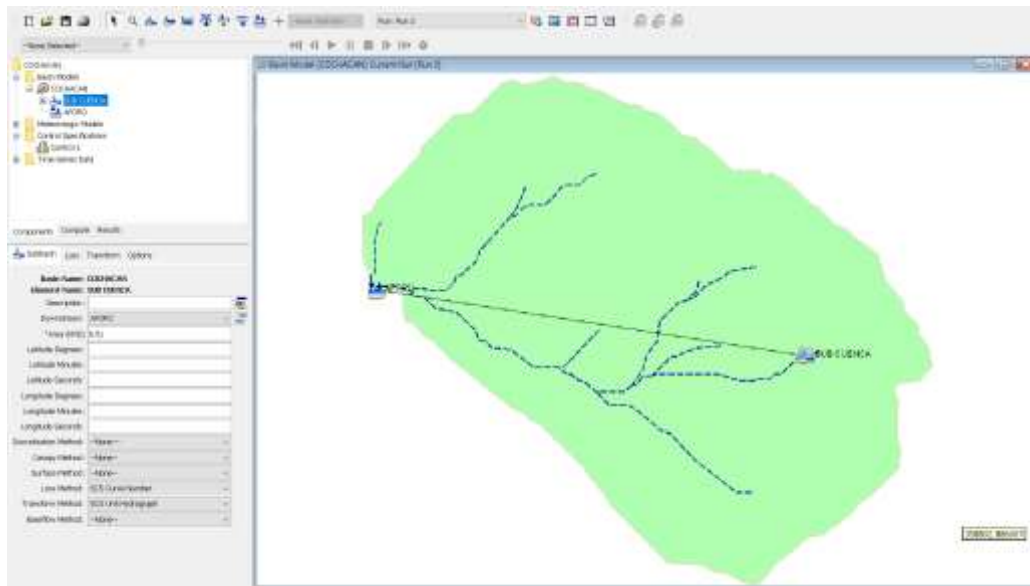


Nota. A partir de lo determinado en los valores de la tabla, se logra elaborar una curva "S" para un periodo de retorno de 500 años y también se genera el hietograma de diseño con el cual se generaron los modelos en el HEC-HMS. Teniendo un pico de intensidad de 8.076 mm a los 45 min del inicio de tormenta.

Determinación de caudales

Figura 55

Modelo de cuenca HEC-HMS



Nota. A partir del modelo de cuenca obtenida en el software ArcGIS se logrará elaborar un modelo hidrológico con el cual se logre determinar los valores de caudales máximos.

Figura 56

Estimación del caudal PR=10

Project: COCHACAN Simulation Run: Run 10

Start of Run: 04ene.2023, 00:00 Basin Model: COCHACAN
End of Run: 04ene.2023, 02:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: Initial Select... Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrolo...

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SUB CUENCA	8.51	12.2	04ene.2023, 01:40	4.71

Nota. Del modelo hidrológico mediante el modelo SCS se estimó que el valor del caudal para el periodo de retorno de 10 años es de 12.2 m3/s.

Figura 57

Estimación del caudal PR=25



Global Summary Results for Run "Run 11"

Project: COCHACAN Simulation Run: Run 11

Start of Run: 04ene.2023, 00:00 Basin Model: COCHACAN
End of Run: 04ene.2023, 02:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: [Initial Select...] Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrolo...

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SUB CUENCA	8.51	12.9	04ene.2023, 01:40	4.98

Nota. Del modelo hidrológico mediante el modelo SCS se estimó que el valor del caudal para el periodo de retorno de 25 años es de 12.9 m3/s.

Figura 58

Estimación del caudal PR=50



Global Summary Results for Run "Run 12"

Project: COCHACAN Simulation Run: Run 12

Start of Run: 04ene.2023, 00:00 Basin Model: COCHACAN
End of Run: 04ene.2023, 02:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: [Initial Select...] Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrolo...

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SUB CUENCA	8.51	13.4	04ene.2023, 01:40	5.20

Nota. Del modelo hidrológico mediante el modelo SCS se estimó que el valor del caudal para el periodo de retorno de 50 años es de 13.4 m3/s.

Figura 59

Estimación del caudal PR=100



Global Summary Results for Run "Run 13"

Project: COCHACAN Simulation Run: Run 13

Start of Run: 04ene.2023, 00:00 Basin Model: COCHACAN
End of Run: 04ene.2023, 02:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: [Initial Select...] Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrolo...

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SUB CUENCA	8.51	14.0	04ene.2023, 01:40	5.42

Nota. Del modelo hidrológico mediante el modelo SCS se estimó que el valor del caudal para el periodo de retorno de 100 años es de 14.0 m3/s.

Figura 60

Estimación del caudal PR=500



Project: COCHACAN Simulation Run: Run 8

Start of Run: 04ene.2023, 00:00 Basin Model: COCHACAN
End of Run: 04ene.2023, 02:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time Control Specifications: Control 1

Show Elements: Initial Select... Volume Units: MM 1000 MG Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (MG/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SUB CUENCA	8.51	15.5	04ene.2023, 01:40	5.99

Nota. Del modelo hidrológico mediante el modelo SCS se estimó que el valor del caudal para el periodo de retorno de 500 años es de 15.5 m³/s.

Tabla 80

Valores de caudal máximos por el método SCS y método racional

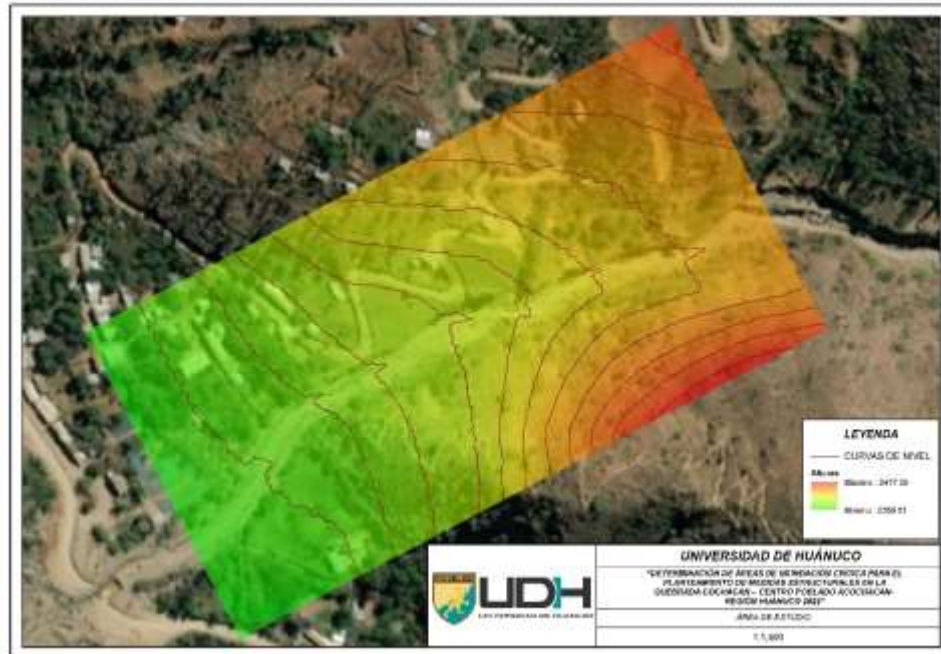
CAUDAL CRÍTICO		
TIEMPO DE RETORNO	HEC-HMS	MET RACIONAL
10	12.20	12.044
25	12.90	12.745
50	13.40	13.301
100	14.00	13.882
500	15.50	15.331

Nota. Para la determinación de caudales máximos o de diseño se utilizaron los modelos SCS y racional con ellos se pudo verificar una relación de valores cercanos, a partir de dichos valores se partió con el modelo hidráulico.

Modelo hidráulico

Figura 61

Área de interés



Nota. Identificados los valores de caudal para diferentes periodos de retorno, se identificó a partir del levantamiento topográfico que el cauce seleccionado tiene un ancho de aproximadamente 15m el cual varía de acuerdo a el tramo de interés, con la caracterización topográfica se pudo identificar que la altitud máxima dentro de la zona de estudio es de 2477.26 msnm y la altitud mínima es de 2358.31 msnm. La longitud total de cauce tomada en cuenta para el modelo de inundación es de 500 m aproximadamente, con una pendiente de 0.02%.

Figura 62

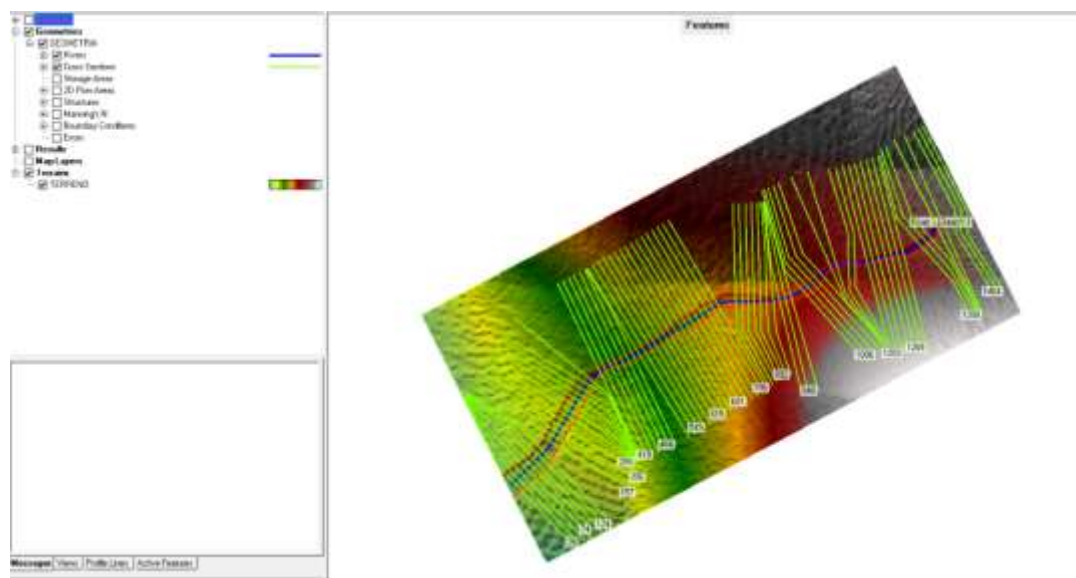
Trazos de geometría de la quebrada



Nota. De la zona de interés se trazaron los márgenes del cauce, el eje principal del cauce y las respectivas secciones teniendo en cuenta que sean perpendiculares a el eje principal de la cuenca. La longitud de los perfiles se tomó a 75 m a partir del eje del río, dando así una longitud total de 150 m de sección para el análisis de la inundación.

Figura 63

Parámetros geométricos cargados en HEC-RAS



Nota. Los parámetros gráficos y el modelo digital de elevación de la zona de interés son necesarios para iniciar el modelo de simulación de la quebrada Cochacán, juntamente con los valores de caudal y parámetros de rugosidad de la zona de interés.

Figura 64

Zonas de inundación PR=10



Nota. A partir de la simulación con un volumen de caudal para un PR de 10 años se estima que las zonas más propensas a inundaciones son las zonas inferiores de la cuenca en ambos márgenes. Con un área total de inundación de 40178.93 m².

Figura 65

Zonas de inundación PR=25



Nota. A partir de la simulación con un volumen de caudal para un PR de 25 años se estima que las zonas más propensas a inundaciones son las zonas inferiores de la cuenca en ambos márgenes. Con un área total de inundación de 41071.00 m².

Figura 66

Zonas de inundación PR=50



Nota. A partir de la simulación con un volumen de caudal para un PR de 50 años se estima que las zonas más propensas a inundaciones son las zonas inferiores de la cuenca en ambos márgenes. Con un área total de inundación de 41610.85 m².

Figura 67

Zonas de inundación PR=100

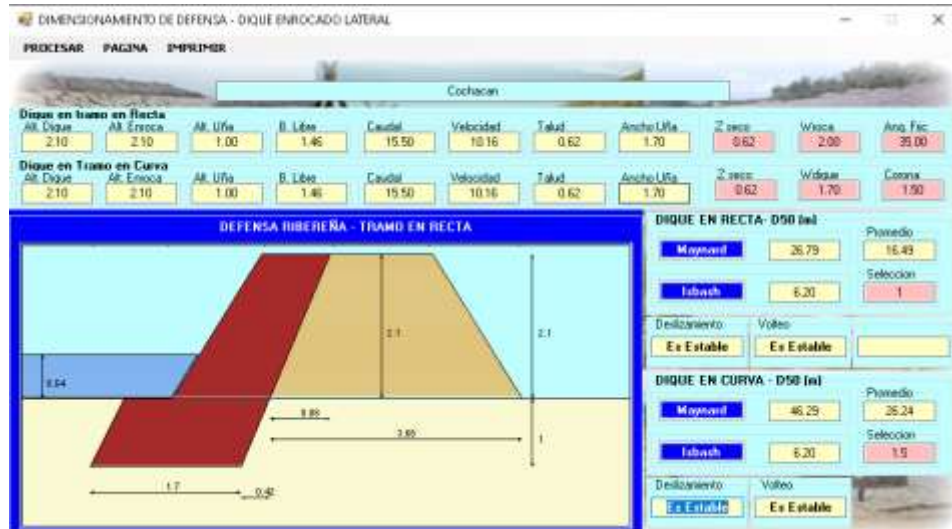


Nota. A partir de la simulación con un volumen de caudal para un PR de 100 años se estima que las zonas más propensas a inundaciones son las zonas inferiores de la cuenca en ambos márgenes. Con un área total de inundación de 42552.48 m².

de 1.70m y en total una altura de 3.10m. Estos valores tienen que ser reajustado de acuerdo a las necesidades de la zona.

Figura 70

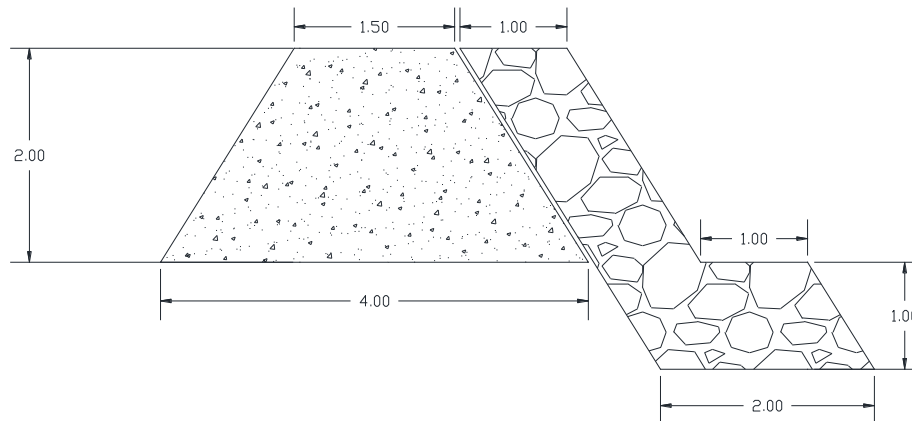
Predimensionamiento final



Nota. Los valores a partir de cálculo con el software RIVER estiman que para la altura de dique se estimó un valor de 2.10, para la altura del enrocado de 2.10 m, una altura de uña de 1.00 m y un ancho de uña de 1.70 m.

Figura 71

Sección final



Nota. Finalmente, el diseño queda con las dimensiones de altura de dique se estimó un valor de 2.00 m, para la altura del enrocado de 2.00 m, una altura de uña de 1.00 m y un ancho de uña de 2.00 m, dando así dimensiones más exactas para su ejecución.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

H_0 : A partir de la identificación de las áreas de inundación críticas se pueden plantear medidas estructurales de control en el cauce de la quebrada Cochacan en el centro poblado de Acochacan.

Con la determinación de los caudales críticos para los periodos de retorno planteados en la investigación como se muestra a continuación:

Tabla 81

Valores de caudal máximos por el método SCS y método racional

TIEMPO DE RETORNO	CAUDAL CRÍTICO	
	HEC-HMS	MET RACIONAL
10	12.20	12.044
25	12.90	12.745
50	13.40	13.301
100	14.00	13.882
500	15.50	15.331

Con dichos valores estimados se plantearon los modelos de simulación de inundaciones a partir de la aplicación del software HEC-RAS, de la aplicación del software se lograron identificar de manera visual en forma de mapas temáticos como se muestra a continuación:

Figura 72

Zonas de inundación PR=500



En las cuales se pudo identificar que las zonas propensas a inundaciones son ambos márgenes del cauce de la quebrada Cochacan teniendo una distancia de 75 m a partir del eje del cauce en ambos lados.

Tabla 82

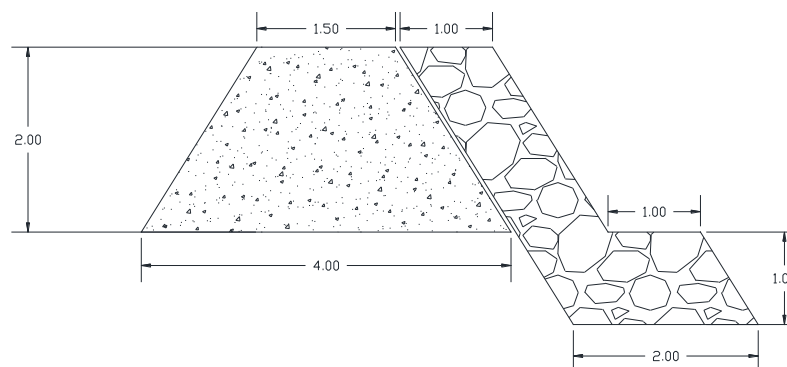
Áreas de inundación en diferentes periodos de retorno

TIEMPO DE RETORNO	ÁREA (m²)
10	40178.93
25	41071.00
50	41640.85
100	42552.48
500	43747.90

Con los valores de áreas de inundación e identificando las zonas de inundación de manera visual se estima a partir del software Rlver las dimensiones de los muros de encausamiento que se requieren para el control de inundaciones, como se muestra a continuación:

Figura 73

Sección final



Con ello se pudo establecer que la hipótesis es verdadera ya que a partir de la identificación de las áreas de inundación críticas y sus características se pueden plantear medidas estructurales de control como una defensa ribereña.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la investigación de Piccolo (2021), se pudo determinar que las áreas de vulnerabilidad media alta a inundaciones son de 1321 km², esto se estimó a partir de un modelo SIG para la cuenca del río Negro, en la presente investigación se estimó que para un periodo de 50 años es de 4.16 ha la diferencia grande con respecto a las áreas de inundación determinadas en la investigación aplicada en argentina se debe a que la superficie de la cuenca que conforma la quebrada Cochacan es mucho menor al del río Negro, al variar las áreas varían los valores de concentración e infiltración del suelo, a eso adicionado que la quebrada Cochacan presenta una pendiente pronunciada. Según Huallullo (2020), se estimó un valor de número de curva de 54.44 para el río Tulumayo, un valor de 53.46 para el río Chanchamayo y para el río Seco se pudo estimar un valor de 69.78. En la presente investigación se pudo determinar que el valor del número de curva es de 60.5 la variación no es muy amplia en los valores de número de curva debido a que en la caracterización del suelo se pudo identificar que tienen patrones similares, esto se pudo verificar gracias a la categorización que elabora el Ministerio del Ambiente, ahí se evidencia la similitud en los suelos caracterizados. Para los valores de caudal que estimó Huallullo (2020) en un periodo de retorno de 50 años se estimó el valor de 127 m³/s y para la presente investigación 13.40 m³/s, los valores se evidencia con una variación alta debido a que la superficie de la cuenca del río Tulumayo mayor en comparación con la cuenca que conforma la quebrada Cochacan, esto se fundamenta a partir de a que mayor superficie de cuenca analizada mayor será la orden hídrica de las cuenca y por ende el caudal será mayor debido a la presencia de mayores ríos tributantes al cauce principal. Para Flores (2019). En la estructura de encauzamiento se plantea una altura aproximada de 4 m de alto y 2 m de ancho de base teniendo como estructura un dique de contención, para la presente investigación se determinó que la defensa ribereña planteada es de aproximadamente 3 m de alto con una base promedio de 2 m y con un relleno a espaldas del enroncado con la finalidad

de asegurar la estabilidad de la defensa ribereña planteada, la diferencia que se establece en cuanto a las alturas determinadas se explica a partir del caudal que cada uno de los cauces transporta siendo el cauce de la quebrada Cochacan menor al que se analiza en Tomaykichua por ende las dimensiones estimadas deben ser menores según el contexto en el que se encuentran.

CONCLUSIONES

En la estimación de zonas de inundación generados por el cauce de la quebrada Cochacan se pudo identificar que ambos márgenes que comprende el centro poblado de Acochacan se ven seriamente comprometidos a inundaciones y requiere de una estructura de defensa ribereña, cuyas dimensiones calculadas fueron de altura de dique se estimó un valor de 2.00 m, para la altura del enrocado de 2.00 m, una altura de uña de 1.00 m y un ancho de uña de 2.00 m.

De la caracterización de la cuenca de la quebrada Cochacan se lograron estimar los siguientes parámetros un área aproximada de 8.51 km², un perímetro de 15.42 km, teniendo alturas entre 5300 y 1048 msnm, de la caracterización topográfica se estimó que la cuenca presenta una pendiente promedio de 0.34, factor de forma es de 1.68, el coeficiente de compacidad de 1.48 con una relación de elongación, 0.45 como factor de circularidad y de la red de drenaje de orden 3, con una longitud de cauce principal de 2.19 km, la red hídrica completa tiene una longitud de 9.90 km y que la pendiente media del cauce es de 0.53.

Se estimaron a partir de las estaciones pluviométricas de Canchan, Huánuco, San Rafael, Oyón y los valores obtenidos del sistema PISCO del SENAMHI, con ello se estimaron los valores de precipitación de 45.28, 48.75, 52.45, 54.84, 56.99 y 61.34 mm para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Para la quebrada Cochacan se pudo estimar a partir de la metodología del número de curva los valores de caudales fueron de 12.20, 12.90, 13.40, 14.00 y 15.50 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Con la finalidad de mitigar los efectos de inundación se logró determinar que una estructura de defensa ribereña tipo enrocado es el más adecuado para una protección del centro poblado de Acochacan cuenta con las siguientes dimensiones, un valor de 2.00 m para la altura de dique, para la altura del enrocado de 2.00 m, una altura de uña de 1.00 m y un ancho de uña de 2.00 m.

RECOMENDACIONES

Se recomienda tener en cuenta los valores de socavación en específico que afectan a la zona de la quebrada de Cochacan esto se determinará a partir de un análisis granulométrico en el cauce de la quebrada.

Se recomienda si se tiene un área pequeña en comparación con las imágenes satelitales de los servidores internacionales de información DEM, se recomienda usar la información de las Cartas Nacionales elaboradas por el Ministerio de Educación ya que se caracteriza por ser más específico a las zonas de interés.

Se recomienda hacer uso de la información del sistema PISCO debido a que con ello se pueden estimar los valores en específico para la zona de interés con estos valores se pueden estimar precipitaciones más precisas.

Los valores de caudal de una determinada zona se recomienda aplicar un factor de seguridad o en su defecto tener una metodología de comparación y validación de los valores de caudal.

Los valores estimados por el software River no son definitivos se recomienda tomar en cuenta los valores, pero solo en referencia para luego estimar las dimensiones finales y que se ajusten al entorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaya, E. (2020). *Caracterización de los modelamientos hidráulicos numéricos de inundaciones fluviales, Cajamarca 2020*. Universidad Privada del Norte.
- Azagra, A. (2007). *Hidrología Forestal: El Ciclo Hidrológico*. Universidad de Valladolid.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2017). *Perfil de riesgo por inundaciones en el Perú*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Benique, K. (2018). *Modelación hidrológica de la cuenca baja del río Cuyocuyo; sector Ccolocconi - Puente Santa Rosa, para determinar el potencial hídrico y zonas de riesgo, con la aplicación del software Hec-RAS*. Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".
- Bianchi, J. (2012). *Modelación hidrológica de la cuenca del río Gualeguay para pronóstico y alerta hidrológico utilizando información de sensores remotos de microondas*. Instituto Nacional del Agua .
- Cahuana, A. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología*. Universidad Mayor de San Simón.
- Cardenas, L. (2019). *Comparación de dos metodologías de cálculo de caudal para estimar huellas de inundación modeladas con Hec-RAS, utilizando información de estaciones del IDEAM*. Universidad de los Andes.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill.
- Cuello, M. (2019). *Modelación de inundaciones y análisis espacial en los alrededores del eje ambiental con HEC-RAS Y ArcGis, para plantear alternativas de solución ante el problema de inundaciones en el caso de estudio*. Universidad de los Andes.
- Farias, H. (2014). *Estimación del parámetro hidrológico del número de curva NC: Automatización del cálculo mediante SIG y nuevas fuentes de información cartográfica. Caso del área urbana de Pozo Hondo*. Investigaciones en facultades de Ingeniería del NOA.
- Flores, G. (2019). *Instalación del servicio de protección contra inundaciones del margen izquierdo del río Huallaga tramo puente peatonal*

- puentecarrozable del distrito de Tomaykichwa - Provincia de Ambo - Huánuco. Universidad de Huánuco.*
- Gutiérrez, C. (2014). *Hidrología Básica y Aplicada*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL.
- Huallullo, P. (2020). *Evaluación del peligro a inundación del río Chanchamayo, Sector San Carlos - Región Junín*. Universidad Peruana los Andes.
- Instituto Nacional de Ecología. (2004). *Análisis morfométrico de cuencas*. Instituto Nacional de Ecología.
- Loayza, L. (2017). *Propuesta de solución para evitar inundaciones provenientes de la quebrada San Idelfonso*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Loyola, R. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. Ministerio del Ambiente.
- Mallqui, J. (2021). *Nivel de riesgo por inundaciones en la cuenca del río Huallaga sector San Rafael - Huánuco 2019*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Monsalve, G. (1996). *Hidrología en la ingeniería*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Moreno, M. (2017). *Análisis del riesgo de inundación en Ecatepec de Morelos y su relación con el cambio de uso de suelo, empleando SIG*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Oblitas, J. (2020). *Modelamiento hidráulico para el predimensionamiento de diques de encauzamiento en el río Lurín, tramo puente Quebrada Verde*. Universidad San Martín.
- Organización Meteorológica Mundial. (2011). *Guía de Prácticas Hidrológicas*. Organización Meteorológica Mundial.
- Piccolo, M. (2021). *Estimación de la susceptibilidad a inundaciones en la cuenca inferior de río Negro, Argentina*. Centro de Estudios Geográficos.
- Pizarro, R. (2015). *Construcción de curvas IDF en zonas semiáridas de Chile central*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- Ponce, V. (1989). *Engineering Hydrology: Principles and Practices*. Prentice Hall.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2022). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Obtenido de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú: <https://www.gob.pe/senamhi>
- Tello, P. (2016). *Estudio hidrológico y diseño hidráulico de obras de captación y conducción para la implementación de un nuevo sistema de riego en una tierra de cultivo para palta en el distrito de Lauricocha de la provincia de Huanta - departamento de Ayacucho*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Universidad de Salamanca. (2015). *Hidrología superficial; Hidrogramas*. Universidad de Salamanca.
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Universidad Politécnica de Valencia . (2012). *Métodos para la determinación del tiempo de concentración (tc) de una cuenca hidrográfica*. Universidad Politécnica de Valencia .
- Villón, M. (2004). *Hidrología*. MaxSoft.
- Villón, M. (2008). *Hidrología estadística*. Instituto tecnológico de Costa Rica.
- Zavala, B. (2006). *Movimientos en masa que afectan a la ciudad de Huánuco*. INGEMMET.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ramírez Argandoña, P. (2024). *Determinación de áreas de inundación crítica para el planteamiento de medidas estructurales en la quebrada Cochacan – centro poblado Acochacan-región Huánuco 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2356-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 23 de noviembre de 2022

Visto, el Oficio N° 1527-2022-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: "DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN CRÍTICA PARA EL PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES EN LA QUEBRADA COCHACAN - CENTRO POBLADO ACOCHACANREGIÓN HUÁNUCO 2022", presentado por el (la) Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA.

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° 1490-2022-D-FI-UDH, de fecha 02 de agosto de 2022, perteneciente al Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA se le designó como ASESOR(A) de Tesis a la Mg. Karen Vanessa Bastidas Salazar, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1527-2022-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN CRÍTICA PARA EL PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES EN LA QUEBRADA COCHACAN - CENTRO POBLADO ACOCHACANREGIÓN HUÁNUCO 2022" presentado por el (la) Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza (Secretario) e Ing. Percy Mello Dávila Herrera (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: "DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN CRÍTICA PARA EL PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES EN LA QUEBRADA COCHACAN - CENTRO POBLADO ACOCHACANREGIÓN HUÁNUCO 2022" presentado por el (la) Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA 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 Ibañez Muñoz Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



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

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduado - Interesado - Archivo:
ICB/EJML/rto.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1490-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 02 de agosto de 2022

Visto, el Oficio N° 964-2022-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 358049-0000005537 del Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente N° 358049-0000005537, presentado por el (la) Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone a la Mg. Karen Vanessa Bastidas Salazar, como Asesor de Tesis, y;

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

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA, a la Mg. Karen Vanessa Bastidas Salazar, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Md. y Reg. Acad. - Intermedio - Archivo.
BLCR/EDML/ta.

ANEXO 3

RESOLUCIÓN DE ASIGNACIÓN DE JURADOS REVISORES

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 1210-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 29 de mayo de 2023

Visto, el Of. N° 837-2023-C-PAIC-FI-UDH y el Exp. N° 412979-0000004390 presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, quien informa que el (la) Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA, solicita Revisión del informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: "DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN CRÍTICA PARA EL PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES EN LA QUEBRADA COCHACAN - CENTRO POBLADO ACOCHACANREGIÓN HUÁNUCO 2022".

CONSIDERANDO:

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

Que, para tal efecto es necesario nombrar al jurado Revisor y/o evaluador, compuesta por tres miembros docentes de la Especialidad, y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - NOMBRAR, al Jurado Revisor que evaluará el informe final del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulada: "DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN CRÍTICA PARA EL PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES EN LA QUEBRADA COCHACAN - CENTRO POBLADO ACOCHACANREGIÓN HUÁNUCO 2022", presentado por el (la) Bach. Paul Francoise RAMIREZ ARGANDOÑA, del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, conformado por los siguientes docentes:

- | | |
|--|------------|
| ➤ Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas | PRESIDENTE |
| ➤ Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza | SECRETARIO |
| ➤ Ing. Percy Mello Dávila Herrera | VOCAL |

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

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVASE.



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Johnson Morzón Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA R/D. FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ANEXO 4

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 83 *Matriz de Consistencia*

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General</p> <p>¿Cuáles son las áreas de inundación crítica que requieren de medias estructurales en la quebrada Cochacan en el centro poblado Acochacan región de Huánuco?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar las áreas de inundación crítica que requieren de medias estructurales en la quebrada Cochacan en el centro poblado Acochacan región de Huánuco.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>A partir de la identificación de las áreas de inundación críticas se pueden plantear medidas estructurales de control en el cauce de la quebrada Cochacan en el centro poblado de Acochacan.</p>	<p>Técnica</p> <p>Para esta investigación se realizarán observaciones en campo con el fin de determinar las zonas que presenten evidencias de huellas de inundación y así poder tener un indicador de validación de la simulación que se realice a partir del modelo matemático, adicionalmente a ello se requerirá de información del suelo y sus características de rugosidad. Se realizarán adicionalmente recolecciones de datos de los servidores del SENAMHI para los datos de estaciones cercanas a la quebrada Cochacan y con ello poder determinar la precipitación promedio en la quebrada. La validación de la información recolectada se realizará a partir de análisis de distribución estadística y análisis de consistencia gráfica, y partiendo de la información confiable realizar las proyecciones de</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son los parámetros hidrológicos que ocasionan inundaciones en la quebrada Cochacan?</p> <p>¿Cómo los valores de precipitación determinan los caudales proyectados frente a venidas extremas?</p> <p>¿De qué manera influyen los caudales críticos determinados en los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años en los valores de áreas de inundación?</p> <p>¿Cuál es el diseño de las medidas estructurales que se tienen que plantear en las zonas críticas de inundación en la quebrada Cochacan?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar los parámetros hidrológicos que ocasionan inundaciones en la quebrada Cochacan.</p> <p>Identificar los valores de precipitación determinan los caudales proyectados frente a venidas extremas.</p> <p>Calcular los caudales críticos determinados en los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años en los valores para las áreas de inundación.</p> <p>Diseñar las medidas estructurales en las zonas críticas de inundación en la quebrada Cochacan.</p>		
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES	
<p>Tipo de Investigación: Cuantitativo</p>	<p>Población: Para esta investigación se plantea como población a el cauce de la quebrada Cochacan.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Áreas de inundación</p>	
<p>Alcance de Investigación: Descriptivo</p>		<p>Variable Dependiente</p> <p>Medidas estructurales</p>	
<p>Diseño: No experimental – Longitudinal</p>			

Muestra: Para la investigación se plantea como muestra al tramo del cauce que comprende 500 m cauce arriba a partir del punto de desembocadura.

caudales máximos en la quebrada que serán ingresados en el software Hec-RAS.

ANEXO 5

EVIDENCIAS DE LA INVESTIGACION

Tabla 84

Datos pluviométricos estación Huánuco

DATOS DE PLUVIOMETRÍA															
ESTACIÓN:	HUÁNUCO			LONGITU D:	76°14'52.55"			LATITU D:	9°56'16.08"			ELEVACI ON:	1947 msnm		
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	13.80	20.10	8.70	18.60	4.20	0.00	4.20	1.50	7.40	3.60	10.70	11.60	8.70	0.00	20.10
1989	15.70	8.00	11.90	6.50	6.30	3.40	0.00	1.40	5.70	20.60	11.10	27.40	9.83	0.00	27.40
1990	11.50	6.10	15.10	20.10	13.00	4.70	1.30	4.50	2.80	21.30	18.00	12.00	10.87	1.30	21.30
1991	4.70	15.00	28.80	8.30	2.00	5.00	4.80	0.00	2.20	11.40	15.00	20.40	9.80	0.00	28.80
1992	8.50	29.60	15.60	5.40	0.00	3.60	0.00	25.00	2.00	38.40	24.90	9.80	13.57	0.00	38.40
1993	12.50	18.00	13.70	13.50	6.20	4.70	3.40	3.70	6.00	7.60	16.40	12.30	9.83	3.40	18.00
1994		8.70	10.90	24.00	15.00	0.00	0.00	0.00	20.50	19.00	7.20	20.60	11.45	0.00	24.00
1995	8.00	18.90	17.50	8.90	1.80	0.70	1.20	0.40	3.00	8.90	13.90	12.30	7.96	0.40	18.90
1996	13.50	9.10	15.90	17.10	10.40	0.01	0.10	3.50	1.40	9.30	15.10	8.10	8.63	0.01	17.10
1997	10.50	6.60	11.40	10.60	4.20	1.90	0.00	4.10	5.30	8.30	11.20	7.80	6.83	0.00	11.40
1998	17.90	16.50	27.50	1.00	2.70	1.80	0.00	1.50	3.20	13.40	26.00	7.20	9.89	0.00	27.50
1999	13.10	28.00	15.20	5.40	9.20	8.10	4.70	0.60	33.00	5.60	10.70	13.70	12.28	0.60	33.00
2000	10.80	14.20	14.60	7.70	5.30	7.30	2.40	12.10	4.00	2.80	20.30	19.30	10.07	2.40	20.30
2001	11.30	8.90	10.60	25.70	7.40	0.80	3.20	5.00	2.00	10.00	48.70	10.80	12.03	0.80	48.70
2002	13.00	19.40	14.90	27.20	9.70	2.10	5.20	1.30	2.80	22.90	7.80	5.20	10.96	1.30	27.20
2003	12.30	6.40	9.40	14.90	3.00	0.10	0.10	6.90	4.40	12.50	23.00	18.10	9.26	0.10	23.00
2004	7.60	8.10	11.90	10.50	11.70	1.40	2.10	4.60	11.30	6.40	13.00	17.60	8.85	1.40	17.60
2005	5.90	16.60	25.50	2.40	0.60	0.01	0.80	7.50	3.50	11.00	8.70	20.10	8.55	0.01	25.50
2006	28.00	11.30	18.90	8.30	1.90	3.60	1.60	2.00	7.20	18.90	21.70	18.20	11.80	1.60	28.00
2007	8.70	2.40	12.30	7.50	5.30	1.20	3.30	2.90	2.30	25.80	13.70	27.30	9.39	1.20	27.30
2008	7.90	12.50	16.60	15.80	2.70	1.80	0.10	0.70	14.20	11.70	33.10	30.60	12.31	0.10	33.10
2009	19.60	10.00	19.40	10.60	7.30	9.00	4.00	3.40	2.30	16.80	8.50	9.10	10.00	2.30	19.60
2010	4.90	17.40	22.60	6.80	2.40	1.20	3.80	5.00	9.60	12.00	21.80	19.90	10.62	1.20	22.60
2011	13.60	11.60	35.40	8.00	9.50	1.80	0.90	1.50	11.40	20.40	19.30	36.20	14.13	0.90	36.20
2012	16.30	12.30	11.60	16.30	5.70	1.90	4.70	2.50	2.60	16.20	29.60	30.70	12.53	1.90	30.70
2013	7.90	13.80	14.70	13.60	1.90	4.70	5.50	14.10	2.40	13.40	11.10	19.90	10.25	1.90	19.90
N° DE DATOS	25.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00			
DES. 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	11.90	13.44	16.56	12.10	5.75	2.72	2.21	4.45	6.63	14.16	17.71	17.16			
PRECIP. MÁX	28.00	29.60	35.40	27.20	15.00	9.00	5.50	25.00	33.00	38.40	48.70	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 85

Datos pluviométricos completados estación Huánuco

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	HUÁNUCO			LONGITU D:	76°14'52.55"			LATITU D:	9°56'16.08"			ELEVACIO N:	1947 msnm		
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	13.80	20.10	8.70	18.60	4.20	0.00	4.20	1.50	7.40	3.60	10.70	11.60	8.70	0.00	20.10
1989	15.70	8.00	11.90	6.50	6.30	3.40	0.00	1.40	5.70	20.60	11.10	27.40	9.83	0.00	27.40
1990	11.50	6.10	15.10	20.10	13.00	4.70	1.30	4.50	2.80	21.30	18.00	12.00	10.87	1.30	21.30
1991	4.70	15.00	28.80	8.30	2.00	5.00	4.80	0.00	2.20	11.40	15.00	20.40	9.80	0.00	28.80
1992	8.50	29.60	15.60	5.40	0.00	3.60	0.00	25.00	2.00	38.40	24.90	9.80	13.57	0.00	38.40
1993	12.50	18.00	13.70	13.50	6.20	4.70	3.40	3.70	6.00	7.60	16.40	12.30	9.83	3.40	18.00
1994		8.70	10.90	24.00	15.00	0.00	0.00	0.00	20.50	19.00	7.20	20.60	11.68	0.00	24.00
1995	8.00	18.90	17.50	8.90	1.80	0.70	1.20	0.40	3.00	8.90	13.90	12.30	7.96	0.40	18.90
1996	13.50	9.10	15.90	17.10	10.40	0.01	0.10	3.50	1.40	9.30	15.10	8.10	8.63	0.01	17.10
1997	10.50	6.60	11.40	10.60	4.20	1.90	0.00	4.10	5.30	8.30	11.20	7.80	6.83	0.00	11.40
1998	17.90	16.50	27.50	1.00	2.70	1.80	0.00	1.50	3.20	13.40	26.00	7.20	9.89	0.00	27.50

1999	13.1 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	5.04	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	11.9 9	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 86

Parámetros estadístico 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	

Tabla 87

Prueba Outlier estación Huánuco

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
MÍNIMO DE LA MUESTRA

Figura 74

Gráfica Outlier estación Huánuco

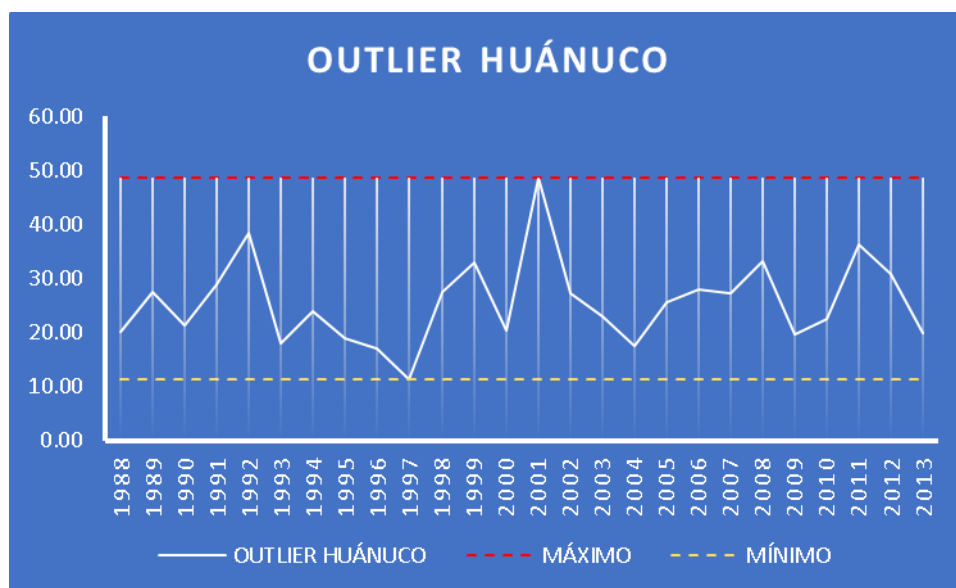


Tabla 88

Datos pluviométricos estación San Rafael

DATOS DE PLUVIOMETRÍA															
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	MA Y	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						14.19	0.00	42.70
1989													#¡DIV/0!	0.00	0.00
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										13.00	12.00	14.00
1992										6.40	8.00	7.00	7.13	6.40	8.00
1993	8.00 0	10.0 0	12.2 0	7.00	2.00	1.00	3.50	4.20				40.00	9.77	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		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	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
Nº 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			
DES. 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 89

Datos pluviométricos completados estación San Rafael

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	SAN RAFAEL			LONGITU D:	76°10'35.70"				LATITU D:	10°19'45.03"			ELEVACIO N:	2699 msnm	
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	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	1.88	7.30	4.93	9.10	15.05	11.46	0.00	42.70
1989	18.2 7	9.98	12.6 7	7.40	5.84	2.71	3.35	0.64	8.69	17.6 0	8.61	40.22	11.33	0.64	40.22
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	6.64	3.31	4.49	2.18	0.00	3.88	14.9 2	13.4 3	19.27	8.93	0.00	19.27
1992	8.28	19.8 6	13.1 7	6.33	1.31	2.65	0.00	19.53	2.19	6.40	8.00	7.00	7.89	0.00	19.86
1993	8.00	10.0 0	12.2 0	7.00	2.00	1.00	3.50	4.20	7.30	8.13 2	14.3 2	40.00	9.80	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 0	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	16.55	16.50	3.00	29.60
2005	9.90	32.0 0	25.9 0	4.53	1.30	0.00	1.90	9.30	10.6 0	13.0 0	16.1 0	10.10	11.22	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	5.46	12.48	9.10	24.6 0	27.0 0	41.10	16.90	4.70	41.10
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	8.00	7.37	6.28	17.82	5.41	4.06	6.74	5.71	8.65	6.65	8.60	11.74			
COEF. VARIACIÓN	0.44	0.38	0.34	1.07	0.83	0.86	1.57	0.91	0.77	0.45	0.50	0.50			
PRECIP. PROM	18.1 4	19.4 9	18.2 3	16.68	6.55	4.73	4.28	6.25	11.1 9	14.7 6	17.1 6	23.67			
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	4.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	3.50	5.90	5.00			

Tabla 90

Parámetros estadístico estación San Rafael

	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	918.95	39.51
VALOR MÁXIMO	90.00	1.95
VALOR MÍNIMO	19.27	1.28
MEDIA	35.34	1.52
VARIANZA	219.43	0.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	14.81	0.15

COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.42	0.10
COEFICIENTE DE SESGO	2.14	0.75
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

Tabla 91

Prueba Outlier estación San Rafael

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.91
PH	80.63 mm
CONCLUSIÓN	EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.13
PH	13.57 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

Figura 75

Gráfica Outlier estación San Rafael

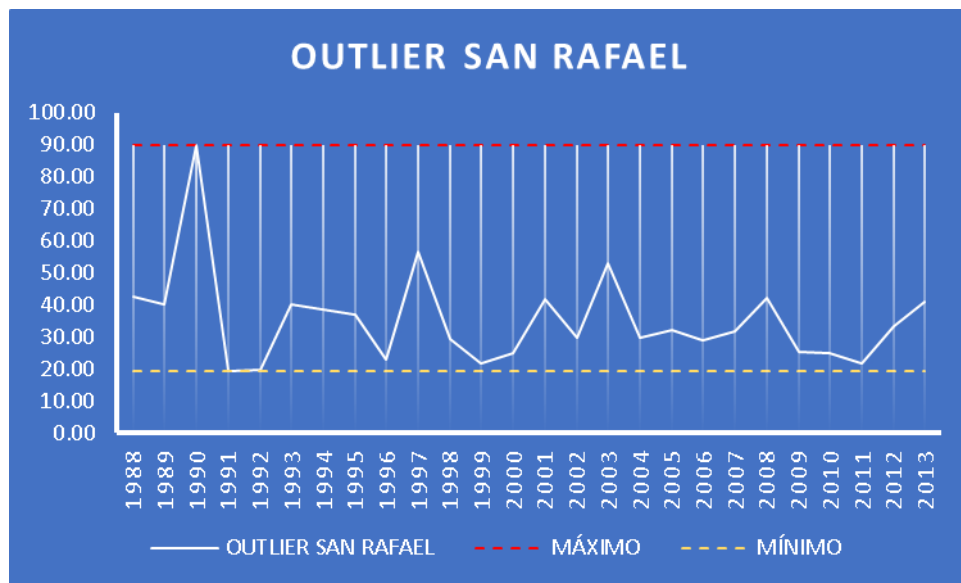


Tabla 92

Datos pluviométricos corregidos estación San Rafael

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	SAN RAFAEL			LONGITU D:	76°10'35.70"			LATITU D:	10°19'45.03"			ELEVACIO N:	2699 msnm		
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM.	PRECIP. MÍN.	PRECIP. MÁX.
1988	42.70	24.50	16.00	14.50	1.60	0.00	0.00	1.88	7.30	4.93	9.10	15.05	11.46	0.00	42.70
1989	18.27	9.98	12.67	7.40	5.84	2.71	3.35	0.64	8.69	17.60	8.61	40.22	11.33	0.64	40.22
1990	16.60	13.00	18.00	16.18	0.00	0.00	4.10	0.00	1.50	10.70	6.80	5.00	7.66	0.00	18.00
1991	14.00	12.00	13.00	6.64	3.31	4.49	2.18	0.00	3.88	14.92	13.43	19.27	8.93	0.00	19.27
1992	8.28	19.86	13.17	6.33	1.31	2.65	0.00	19.53	2.19	6.40	8.00	7.00	7.89	0.00	19.86
1993	8.00	10.00	12.20	7.00	2.00	1.00	3.50	4.20	7.30	8.13	14.32	40.00	9.80	1.00	40.00
1994	23.20	38.50	20.10	12.80	5.40	0.80	0.00	2.10	11.00	15.80	9.40	31.20	14.19	0.00	38.50

1995	25.5 0 0	30.0 17.4 0	36.8 22.8 10.2	16.00	18.5 0	13.0 0	1.50	3.50	18.0 0	22.0 0	26.3 19.5 14.3	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 14.3	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	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	16.55	16.50	3.00	29.60
2005	9.90	32.0 0	25.9 0	4.53	1.30	0.00	1.90	9.30	10.6 0	13.0 0	16.1 0	10.10	11.22	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	5.46	12.48	9.10	24.6 0	27.0 0	41.10	16.90	4.70	41.10
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	8.00	7.37	6.28	9.70	5.41	4.06	6.74	5.71	8.65	6.65	8.60	11.74			
COEF. VARIACIÓN	0.44	0.38	0.34	0.70	0.83	0.86	1.57	0.91	0.77	0.45	0.50	0.50			
PRECIP. PROM	18.1 4	19.4 9	18.2 3	13.84	6.55	4.73	4.28	6.25	11.1 9	14.7 6	17.1 6	23.67			
PRECIP. MÁX	42.7 0	38.5 0	36.8 0	52.90	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	4.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	3.50	5.90	5.00			

Tabla 93

Parámetros estadístico corregidos estación San Rafael

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	846.95	38.81
VALOR MÁXIMO	56.70	1.75
VALOR MÍNIMO	18.00	1.26
MEDIA	32.58	1.49
VARIANZA	103.99	0.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	10.20	0.14
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.31	0.09
COEFICIENTE DE SESGO	0.59	0.01
CONCLUSIÓN	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

Tabla 94

Prueba Outlier corregido estación San Rafael

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.83
PH	67.93 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

xL 1.15
PH 14.23 mm

CONCLUSIÓN NO EXISTEN DATOS DUDOSOS
MÍNIMO DE LA MUESTRA

Figura 76

Gráfica Outlier corregido estación San Rafael

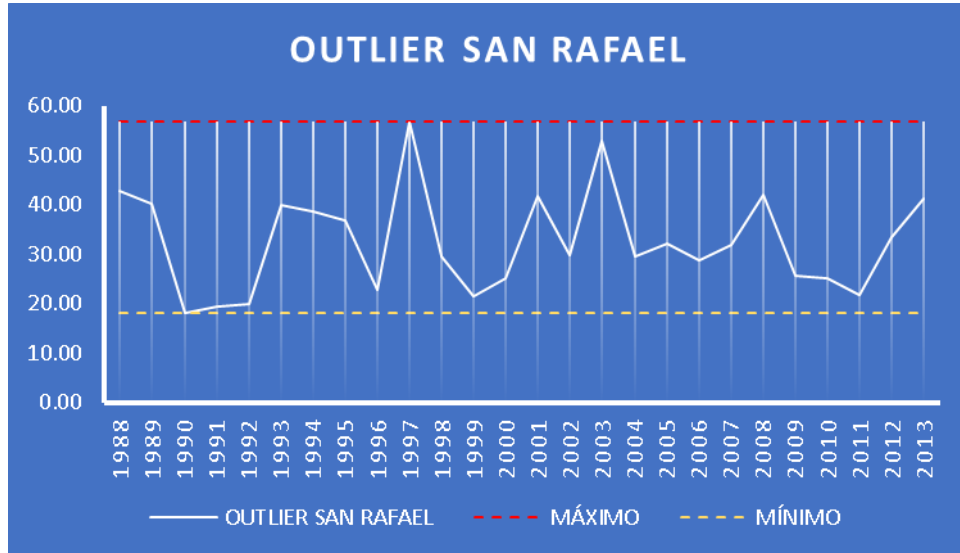


Tabla 95

Datos pluviométricos estación Oyón

DATOS DE PLUVIOMETRÍA																
ESTACIÓN:	OYÓN	LONGITU D:	76°46'7.33"	LATITU D:	10°40'3.69"	ELEVACIO N:	3652 msnm							PRECIP. PROM.	PRECIP. MIN.	PRECIP. MÁX.
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM.	PRECIP. MIN.	PRECIP. MÁX.	
1988	10.8 0	16.1 0	13.9 0	8.30	1.70	0.00	5.30	3.00	7.00	5.60	12.2 0	13.20	8.09	0.00	16.10	
1989	16.4 0	10.2 0	13.1 0	9.50	8.60	0.00	0.00	0.00	7.60	7.90	6.40	14.70	7.87	0.00	16.40	
1990	21.8 0	17.6 0	17.2 0	14.00	10.0 0	3.50	0.00	2.00	6.00	7.90	5.20	4.30	9.13	0.00	21.80	
1991	6.40	11.1 0	15.2 0	4.40	2.90	1.00	0.00	0.00	1.00	24.9 0	10.7 0	20.40	8.17	0.00	24.90	
1992	6.60	11.2 0	8.80	6.10	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	5.20	3.63	0.00	11.20	
1993	10.5 0	6.20	9.60	12.50	1.80	2.20	0.00	0.40	6.60	6.50	5.60	7.00	5.74	0.00	12.50	
1994	17.3 0	10.9 0	14.0 0	13.70	0.80	0.00	0.00	0.00	5.40	8.30	11.6 0	15.10	8.09	0.00	17.30	
1995	15.3 0	13.2 0	16.0 0	12.00	7.30	1.70	1.90	0.40	12.0 0	7.10	15.1 0	7.20	9.10	0.40	16.00	
1996	18.5 0	8.20	19.8 0	15.60	3.40	5.10	1.20	4.40	3.80	8.30	11.7 0	22.10	10.18	1.20	22.10	
1997	14.3 0	13.1 0	23.7 0	11.70	2.90	0.00	0.00	2.00	4.20	15.0 0	8.40	15.50	9.23	0.00	23.70	
1998	17.6 0	19.6 0	9.60	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	6.60	10.4 0	14.40	7.69	0.00	19.60	
1999	15.7 0	13.4 0	17.5 0	10.20	2.00	2.50	0.00	0.00	4.60	19.5 0	15.0 0	10.00	9.20	0.00	19.50	
2000	14.2 0	22.5 0	12.6 0	10.20	7.40	0.00	1.50	0.00	11.0 0	17.6 0	14.4 0	15.40	10.57	0.00	22.50	
2001	12.5 0	19.8 0	11.2 0	13.80	6.40	0.00	1.20	2.30	12.0 0	20.3 0	18.8 0	19.40	11.48	0.00	20.30	
2002	17.0 0	9.60	19.5 0	18.90	4.10	5.90	0.00	0.00	9.10	17.1 0	17.9 0	17.90	11.42	0.00	19.50	
2003	22.1 0	14.2 0	16.7 0	8.40	5.10	1.00	0.00	1.80	4.70	18.6 0	13.7 0	14.00	10.03	0.00	22.10	
2004	15.4 0	26.6 0	17.1 0	6.80	0.00	0.00	0.00	1.30	6.50	15.8 0	3.70	9.40	8.55	0.00	26.60	
2005	9.90	16.6 0	8.80		0.00	3.60	0.00	0.00	8.90	11.2 0	15.0 0	10.10	7.65	0.00	16.60	
2006		10.2 0	15.9 0	1.80	2.20	0.00	0.00	2.70	0.50	8.00	9.20	12.30	5.71	0.00	15.90	
2007	14.0 0	20.6 0	11.8 0		0.30	6.20	0.00	3.30	2.30	6.70	20.1 0	13.40	8.97	0.00	20.60	
2008	13.9 0	21.7 0	21.3 0	16.10	22.2 0	0.00	0.00	0.00	6.70	13.5 0	9.10	15.00	11.63	0.00	22.20	
2009	15.2 0	20.7 0	18.9 0	17.50	0.00	2.50	0.00	0.00	2.80	13.2 0	3.20	20.70	9.56	0.00	20.70	
2010	10.8 0	11.3 0	22.2 0	17.40	6.60	0.00	1.50	2.70	3.90	10.5 0	12.3 0	12.80	9.33	0.00	22.20	
2011	17.6 0	14.7 0	12.8 0	8.20	0.00	1.20	0.00	0.00	3.10	11.8 0	8.10	29.60	8.93	0.00	29.60	
2012	16.3 0	11.1 0	17.9 0	16.30	2.80	0.60		0.00	3.40	7.80	22.8 0	17.40	10.58	0.00	22.80	
2013	17.6 0	18.5 0	13.4 0	17.00	1.10	1.50	0.00	0.00	14.3 0	8.90	10.3 0	12.50	9.59	0.00	18.50	
N° DE DATOS	25.0 0	26.0 0	26.0 0	24.00	26.0 0	26.0 0	25.0 0	26.00	26.0 0	26.0 0	26.0 0	26.00				
DESV. ESTANDAR	3.96	5.10	4.15	4.60	4.77	1.94	1.17	1.35	3.67	5.71	5.14	5.60				

COEF. VARIACIÓN	0.27	0.34	0.27	0.40	1.23	1.31	2.32	1.34	0.62	0.50	0.45	0.39
PRECIP. PROM	14.7 1	14.9 6	15.3 3	11.56	3.87	1.48	0.50	1.01	5.94	11.4 8	11.3 7	14.19
PRECIP. MÁX	22.1 0	26.6 0	23.7 0	18.90	22.2 0	6.20	5.30	4.40	14.3 0	24.9 0	22.8 0	29.60
PRECIP. MÍN	6.40	6.20	8.80	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	4.30

Tabla 96

Datos pluviométricos completados estación Oyón

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	OYÓN			LONGITU D:	76°46'7.33"			LATITU D:	10°40'3.69"			ELEVACIO N:	3652 msnm		
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM	PRECIP. MÍN	PRECIP. MÁX
1988	10.8 0	16.1 0	13.9 0	8.30	1.70	0.00	5.30	3.00	7.00	5.60	12.2 0	13.20	8.09	0.00	16.10
1989	16.4 0	10.2 0	13.1 0	9.50	8.60	0.00	0.00	0.00	7.60	7.90	6.40	14.70	7.87	0.00	16.40
1990	21.8 0	17.6 0	17.2 0	14.00	10.0 0	3.50	0.00	2.00	6.00	7.90	5.20	4.30	9.13	0.00	21.80
1991	6.40	11.1 0	15.2 0	4.40	2.90	1.00	0.00	0.00	1.00	24.9 0	10.7 0	20.40	8.17	0.00	24.90
1992	6.60	11.2 0	8.80	6.10	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	5.20	3.63	0.00	11.20
1993	10.5 0	6.20	9.60	12.50	1.80	2.20	0.00	0.40	6.60	6.50	5.60	7.00	5.74	0.00	12.50
1994	17.3 0	10.9 0	14.0 0	13.70	0.80	0.00	0.00	0.00	5.40	8.30	11.6 0	15.10	8.09	0.00	17.30
1995	15.3 0	13.2 0	16.0 0	12.00	7.30	1.70	1.90	0.40	12.0 0	7.10	15.1 0	7.20	9.10	0.40	16.00
1996	18.5 0	8.20	19.8 0	15.60	3.40	5.10	1.20	4.40	3.80	8.30	11.7 0	22.10	10.18	1.20	22.10
1997	14.3 0	13.1 0	23.7 0	11.70	2.90	0.00	0.00	2.00	4.20	15.0 0	8.40	15.50	9.23	0.00	23.70
1998	17.6 0	19.6 0	9.60	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	6.60	10.4 0	14.40	7.69	0.00	19.60
1999	15.7 0	13.4 0	17.5 0	10.20	2.00	2.50	0.00	0.00	4.60	19.5 0	15.0 0	10.00	9.20	0.00	19.50
2000	14.2 0	22.5 0	12.6 0	10.20	7.40	0.00	1.50	0.00	11.0 0	17.6 0	14.4 0	15.40	10.57	0.00	22.50
2001	12.5 0	19.8 0	11.2 0	13.80	6.40	0.00	1.20	2.30	12.0 0	20.3 0	18.8 0	19.40	11.48	0.00	20.30
2002	17.0 0	9.60	19.5 0	18.90	4.10	5.90	0.00	0.00	9.10	17.1 0	17.9 0	17.90	11.42	0.00	19.50
2003	22.1 0	14.2 0	16.7 0	8.40	5.10	1.00	0.00	1.80	4.70	18.6 0	13.7 0	14.00	10.03	0.00	22.10
2004	15.4 0	26.6 0	17.1 0	6.80	0.00	0.00	0.00	1.30	6.50	15.8 0	3.70	9.40	8.55	0.00	26.60
2005	9.90	16.6 0	8.80	2.56	0.00	3.60	0.00	0.00	8.90	11.2 0	15.0 0	10.10	7.22	0.00	16.60
2006	22.5 0	10.2 0	15.9 0	1.80	2.20	0.00	0.00	2.70	0.50	8.00	9.20	12.30	7.11	0.00	22.50
2007	14.0 0	20.6 0	11.8 0	6.76	0.30	6.20	0.00	3.30	2.30	6.70	20.1 0	13.40	8.79	0.00	20.60
2008	13.9 0	21.7 0	21.3 0	16.10	22.2 0	0.00	0.00	0.00	6.70	13.5 0	9.10	15.00	11.63	0.00	22.20
2009	15.2 0	20.7 0	18.9 0	17.50	0.00	2.50	0.00	0.00	2.80	13.2 0	3.20	20.70	9.56	0.00	20.70
2010	10.8 0	11.3 0	22.2 0	17.40	6.60	0.00	1.50	2.70	3.90	10.5 0	12.3 0	12.80	9.33	0.00	22.20
2011	17.6 0	14.7 0	12.8 0	8.20	0.00	1.20	0.00	0.00	3.10	11.8 0	8.10	29.60	8.93	0.00	29.60
2012	16.3 0	11.1 0	17.9 0	16.30	2.80	0.60	3.18	0.00	3.40	7.80	22.8 0	17.40	9.97	0.00	22.80
2013	17.6 0	18.5 0	13.4 0	17.00	1.10	1.50	0.00	0.00	14.3 0	8.90	10.3 0	12.50	9.59	0.00	18.50
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	4.17	5.10	4.15	4.83	4.77	1.94	1.26	1.35	3.67	5.71	5.14	5.60			
COEF. VARIACIÓN	0.28	0.34	0.27	0.44	1.23	1.31	2.07	1.34	0.62	0.50	0.45	0.39			
PRECIP. PROM	15.0 1	14.9 6	15.3 3	11.03	3.87	1.48	0.61	1.01	5.94	11.4 8	11.3 7	14.19			
PRECIP. MÁX	22.5 0	26.6 0	23.7 0	18.90	22.2 0	6.20	5.30	4.40	14.3 0	24.9 0	22.8 0	29.60			
PRECIP. MÍN	6.40	6.20	8.80	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	4.30			

Tabla 97

Parámetros estadístico estación Oyón

	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	527.80	33.76
VALOR MÁXIMO	29.60	1.47
VALOR MÍNIMO	11.20	1.05
MEDIA	20.30	1.30
VARIANZA	16.55	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	4.07	0.09

COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.20	0.07
COEFICIENTE DE SESGO	-0.17	-0.89
CONCLUSIÓN	Detectar Datos Dudosos bajos	

Tabla 98

Prueba Outlier estación Oyón

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.53
PH	34.10 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.06
PH	11.58 mm
CONCLUSIÓN	EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMO DE LA MUESTRA

Figura 77

Gráfica Outlier estación Oyón

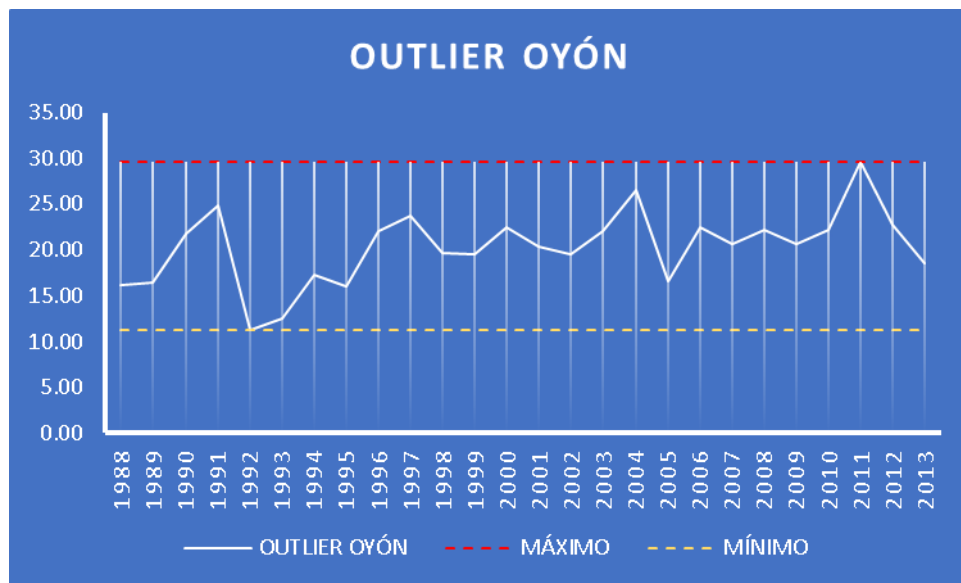


Tabla 99

Datos pluviométricos corregidos estación Oyón

DATOS DE PLUVIOMETRÍA COMPLETADOS															
ESTACIÓN:	OYÓN	LONGITU D:	76°46'7.33"	LATITU D:	10°40'3.69"	ELEVACIO N:	3652 msnm								
AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PRECIP. PROM.	PRECIP. MIN.	PRECIP. MÁX.
1988	10.80	16.10	13.90	8.30	1.70	0.00	5.30	3.00	7.00	5.60	12.20	13.20	8.09	0.00	16.10
1989	16.40	10.20	13.10	9.50	8.60	0.00	0.00	0.00	7.60	7.90	6.40	14.70	7.87	0.00	16.40
1990	21.80	17.60	17.20	14.00	10.00	3.50	0.00	2.00	6.00	7.90	5.20	4.30	9.13	0.00	21.80
1991	6.40	11.10	15.20	4.40	2.90	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	10.70	20.40	8.17	0.00	24.90
1992	4.64	11.20	7.45	3.49	0.83	1.67	0.00	12.39	1.44	14.73	10.25	5.81	6.15	0.00	14.73
1993	10.50	6.20	9.60	12.50	1.80	2.20	0.00	0.40	6.60	6.50	5.60	7.00	5.74	0.00	12.50
1994	17.30	10.90	14.00	13.70	0.80	0.00	0.00	0.00	5.40	8.30	11.60	15.10	8.09	0.00	17.30

1995	15.3 0	13.2 0	16.0 0	12.00	7.30	1.70	1.90	0.40	12.0 0	7.10	15.1 0	7.20	9.10	0.40	16.00
1996	18.5 0	8.20	19.8 0	15.60	3.40	5.10	1.20	4.40	3.80	8.30	11.7 0	22.10	10.18	1.20	22.10
1997	14.3 0	13.1 0	23.7 0	11.70	2.90	0.00	0.00	2.00	4.20	15.0 0	8.40	15.50	9.23	0.00	23.70
1998	17.6 0	19.6 0	9.60	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	6.60	10.4 0	14.40	7.69	0.00	19.60
1999	15.7 0	13.4 0	17.5 0	10.20	2.00	2.50	0.00	0.00	4.60	19.5 0	15.0 0	10.00	9.20	0.00	19.50
2000	14.2 0	22.5 0	12.6 0	10.20	7.40	0.00	1.50	0.00	11.0 0	17.6 0	14.4 0	15.40	10.57	0.00	22.50
2001	12.5 0	19.8 0	11.2 0	13.80	6.40	0.00	1.20	2.30	12.0 0	20.3 0	18.8 0	19.40	11.48	0.00	20.30
2002	17.0 0	9.60	19.5 0	18.90	4.10	5.90	0.00	0.00	9.10	17.1 0	17.9 0	17.90	11.42	0.00	19.50
2003	22.1 0	14.2 0	16.7 0	8.40	5.10	1.00	0.00	1.80	4.70	18.6 0	13.7 0	14.00	10.03	0.00	22.10
2004	15.4 0	26.6 0	17.1 0	6.80	0.00	0.00	0.00	1.30	6.50	15.8 0	3.70	9.40	8.55	0.00	26.60
2005	9.90	16.6 0	8.80	2.56	0.00	3.60	0.00	0.00	8.90	11.2 0	15.0 0	10.10	7.22	0.00	16.60
2006	22.5 0	10.2 0	15.9 0	1.80	2.20	0.00	0.00	2.70	0.50	8.00	9.20	12.30	7.11	0.00	22.50
2007	14.0 0	20.6 0	11.8 0	6.76	0.30	6.20	0.00	3.30	2.30	6.70	20.1 0	13.40	8.79	0.00	20.60
2008	13.9 0	21.7 0	21.3 0	16.10	22.2 0	0.00	0.00	0.00	6.70	13.5 0	9.10	15.00	11.63	0.00	22.20
2009	15.2 0	20.7 0	18.9 0	17.50	0.00	2.50	0.00	0.00	2.80	13.2 0	3.20	20.70	9.56	0.00	20.70
2010	10.8 0	11.3 0	22.2 0	17.40	6.60	0.00	1.50	2.70	3.90	10.5 0	12.3 0	12.80	9.33	0.00	22.20
2011	17.6 0	14.7 0	12.8 0	8.20	0.00	1.20	0.00	0.00	3.10	11.8 0	8.10	29.60	8.93	0.00	29.60
2012	16.3 0	11.1 0	17.9 0	16.30	2.80	0.60	3.18	0.00	3.40	7.80	22.8 0	17.40	9.97	0.00	22.80
2013	17.6 0	18.5 0	13.4 0	17.00	1.10	1.50	0.00	0.00	14.3 0	8.90	10.3 0	12.50	9.59	0.00	18.50
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	4.34	5.10	4.24	4.97	4.77	1.91	1.26	2.59	3.58	5.24	4.96	5.56			
COEF. VARIACIÓN	0.29	0.34	0.28	0.45	1.23	1.24	2.07	1.74	0.60	0.43	0.43	0.39			
PRECIP. PROM	14.9 3	14.9 5	15.2 8	10.93	3.86	1.55	0.61	1.49	5.99	12.0 5	11.5 8	14.22			
PRECIP. MÁX	22.5 0	26.6 0	23.7 0	18.90	22.2 0	6.20	5.30	12.39	14.3 0	24.9 0	22.8 0	29.60			
PRECIP. MÍN	4.64	6.20	7.45	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	5.60	3.20	4.30			

Tabla 100

Parámetros estadístico corregidos estación Oyón

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
	P24hr	Log(P24hr)
CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMATORIA	531.33	33.88
VALOR MÁXIMO	29.60	1.47
VALOR MÍNIMO	12.50	1.10
MEDIA	20.44	1.30
VARIANZA	14.46	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3.80	0.08
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.19	0.06
COEFICIENTE DE SESGO	0.13	-0.45
CONCLUSIÓN	Detectar Datos Dudosos bajos	

Tabla 101

Prueba Outlier corregido estación Oyón

PARÁMETROS	
n	26
Kn	2.502
Kn	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
xH	1.51
PH	32.48 mm
CONCLUSIÓN	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA
xL	1.09

CONCLUSIÓN NO EXISTEN DATOS DUDOSOS
MÍNIMO DE LA MUESTRA

Figura 78

Gráfica Outlier corregido estación Oyón

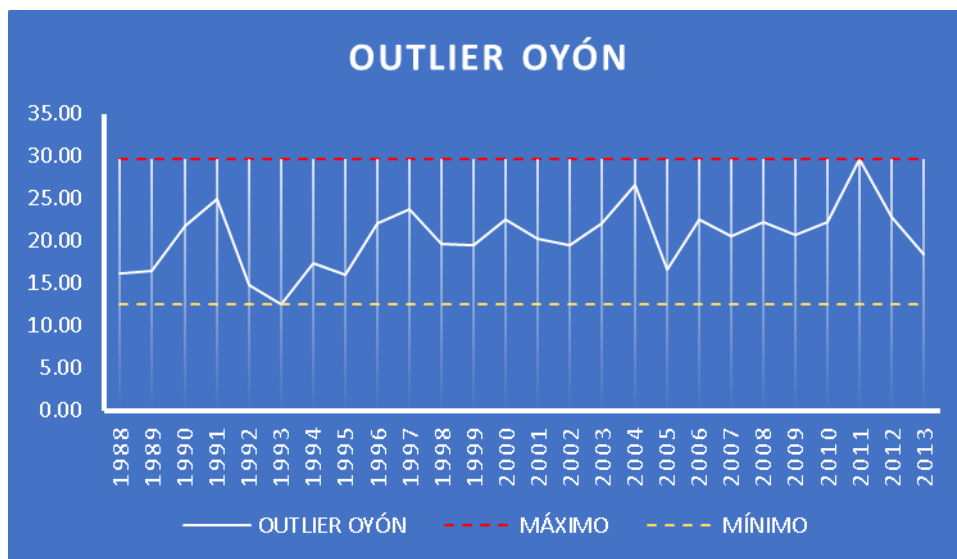


Tabla 102

Distribución normal

N	PP	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	$P(X) = N/N+1$	$Z = X - X_m/S$	f(Z)	F(Z)	Delta
1	25.58			0.0370	-1.659	0.101	0.0485	0.0115
2	28.08			0.0741	-1.342	0.162	0.0897	0.0156
3	29.12			0.1111	-1.210	0.192	0.1132	0.0021
4	29.81			0.1481	-1.123	0.212	0.1308	0.0173
5	30.27			0.1852	-1.063	0.227	0.1438	0.0414
6	30.47			0.2222	-1.039	0.233	0.1494	0.0728
7	31.29			0.2593	-0.934	0.258	0.1751	0.0842
8	32.63			0.2963	-0.764	0.298	0.2224	0.0739
9	33.66			0.3333	-0.634	0.326	0.2630	0.0703
10	33.89			0.3704	-0.604	0.332	0.2728	0.0975
11	35.36			0.4074	-0.418	0.366	0.3379	0.0695
12	35.41	38.65	7.88	0.4444	-0.412	0.366	0.3402	0.1043
13	36.37			0.4815	-0.289	0.383	0.3861	0.0954
14	37.84			0.5185	-0.103	0.397	0.4590	0.0595
15	40.83			0.5556	0.277	0.384	0.6089	0.0534
16	41.00			0.5926	0.298	0.382	0.6170	0.0244
17	44.06			0.6296	0.686	0.315	0.7537	0.1240
18	45.70			0.6667	0.895	0.267	0.8145	0.1478
19	46.54			0.7037	1.000	0.242	0.8414	0.1377
20	46.80			0.7407	1.033	0.234	0.8492	0.1085
21	47.00			0.7778	1.059	0.228	0.8552	0.0774
22	47.05			0.8148	1.065	0.226	0.8566	0.0418
23	47.74			0.8519	1.153	0.205	0.8756	0.0238

24	47.78	0.8889	1.158	0.204	0.8767	0.0122
25	50.04	0.9259	1.445	0.140	0.9257	0.0002
26	50.68	0.9630	1.526	0.125	0.9365	0.0265

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1478
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Figura 79

Distribución normal

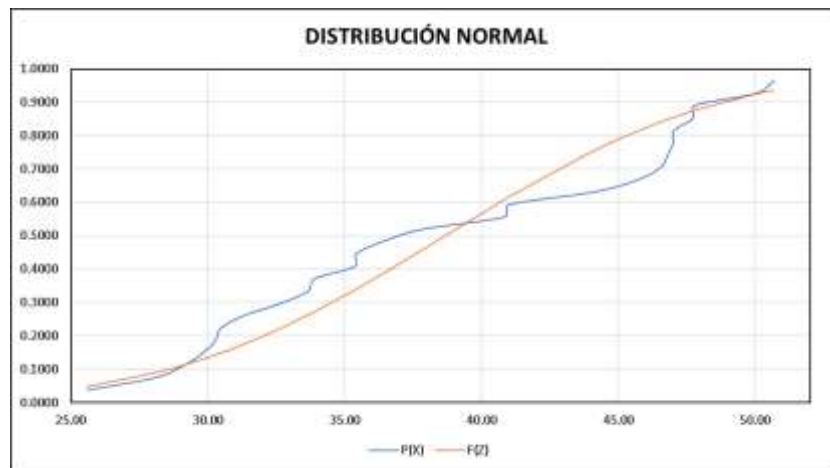


Tabla 103

Distribución log normal 2 parámetros

N	X	Y=LnX	P(x)	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	Z=(X-Xm)/S	f(z)	F(z)	Delta
1	25.5799	3.2418	0.0370			-1.8837	0.0127	0.0298	0.0072
2	28.0754	3.3349	0.0741			-1.4367	0.0243	0.0754	0.0013
3	29.1226	3.3715	0.1111			-1.2609	0.0297	0.1037	0.0074
4	29.8086	3.3948	0.1481			-1.1491	0.0332	0.1253	0.0229
5	30.2746	3.4103	0.1852			-1.0746	0.0355	0.1413	0.0439
6	30.4666	3.4166	0.2222			-1.0442	0.0364	0.1482	0.0740
7	31.2915	3.4433	0.2593			-0.9160	0.0402	0.1798	0.0794
8	32.6339	3.4854	0.2963			-0.7143	0.0455	0.2375	0.0588
9	33.6578	3.5162	0.3333			-0.5659	0.0485	0.2857	0.0476
10	33.8922	3.5232	0.3704			-0.5326	0.0490	0.2972	0.0732
11	35.3586	3.5655	0.4074			-0.3292	0.0513	0.3710	0.0364
12	35.4072	3.5669	0.4444			-0.3226	0.0514	0.3735	0.0710
13	36.3731	3.5938	0.4815	3.6341	0.2083	-0.1934	0.0517	0.4233	0.0582
14	37.8434	3.6335	0.5185			-0.0031	0.0506	0.4988	0.0198
15	40.8330	3.7095	0.5556			0.3620	0.0439	0.6413	0.0858
16	40.9996	3.7136	0.5926			0.3815	0.0434	0.6486	0.0560
17	44.0604	3.7856	0.6296			0.7273	0.0334	0.7665	0.1368
18	45.7030	3.8222	0.6667			0.9030	0.0279	0.8167	0.1501
19	46.5365	3.8402	0.7037			0.9898	0.0252	0.8389	0.1352
20	46.7954	3.8458	0.7407			1.0164	0.0244	0.8453	0.1045
21	46.9991	3.8501	0.7778			1.0373	0.0238	0.8502	0.0724
22	47.0481	3.8512	0.8148			1.0423	0.0237	0.8514	0.0365
23	47.7423	3.8658	0.8519			1.1126	0.0216	0.8671	0.0152
24	47.7821	3.8667	0.8889			1.1166	0.0215	0.8679	0.0210
25	50.0386	3.9128	0.9259			1.3382	0.0156	0.9096	0.0163
26	50.6784	3.9255	0.9630			1.3992	0.0142	0.9191	0.0438

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1501
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Figura 80

Distribución log normal 2 parámetros



Tabla 104

Distribución log normal 3 parámetros

N	X	P(X)	Mediana	X0	(X-X0)	Ln (X-X0)	Media Ln (X-X0)	Desv. Estándar Ln(X-X0)	Z	f(Z)	F(Z)	Delta
1	25.579 9	0.037 0			65.091 0	4.1758			1.794 5	0.012 3	0.036 4	0.000 7
2	28.075 4	0.074 1			67.586 5	4.2134			1.415 5	0.021 8	0.078 5	0.004 4
3	29.122 6	0.111 1			68.633 7	4.2288			1.260 6	0.026 5	0.103 7	0.007 4
4	29.808 6	0.148 1			69.319 7	4.2387			1.160 4	0.029 6	0.123 0	0.025 2
5	30.274 6	0.185 2			69.785 7	4.2454			1.092 9	0.031 7	0.137 2	0.048 0
6	30.466 6	0.222 2			69.977 7	4.2482			1.065 2	0.032 6	0.143 4	0.078 8
7	31.291 5	0.259 3	37.1083	39.511 1	70.802 6	4.2599	4.353 9	0.0993	0.947 1	0.036 2	0.171 8	0.087 5
8	32.633 9	0.296 3			72.145 0	4.2787			0.757 9	0.041 8	0.224 3	0.072 0
9	33.657 8	0.333 3			73.168 9	4.2928			0.615 9	0.045 4	0.269 0	0.064 4
10	33.892 2	0.370 4			73.403 3	4.2960			0.583 7	0.046 2	0.279 7	0.090 7
11	35.358 6	0.407 4			74.869 7	4.3157			0.384 4	0.049 9	0.350 3	0.057 1
12	35.407 2	0.444 4			74.918 3	4.3164			0.377 9	0.049 9	0.352 8	0.091 7
13	36.373 1	0.481 5			75.884 2	4.3292			0.248 8	0.051 3	0.401 7	0.079 7

1	37.843	0.518	77.354	4.3484	-	0.055	0.051	0.477	0.040
4	4	5	5		5	9	9	9	7
1	40.833	0.555	80.344	4.3863	0.326	0.047	0.628	0.072	
5	0	6	1		5	4	0	4	
1	40.999	0.592	80.510	4.3884	0.347	0.047	0.635	0.043	
6	6	6	7		4	0	8	2	
1	44.060	0.629	83.571	4.4257	0.723	0.037	0.765	0.135	
7	4	6	5		3	0	2	6	
1	45.703	0.666	85.214	4.4452	0.919	0.030	0.821	0.154	
8	0	7	1		4	9	0	4	
1	46.536	0.703	86.047	4.4549	1.017	0.027	0.845	0.141	
9	5	7	6		4	8	5	8	
2	46.795	0.740	86.306	4.4579	1.047	0.026	0.852	0.111	
0	4	7	5		7	9	6	9	
2	46.999	0.777	86.510	4.4603	1.071	0.026	0.858	0.080	
1	1	8	2		4	2	0	2	
2	47.048	0.814	86.559	4.4608	1.077	0.026	0.859	0.044	
2	1	8	2		1	0	3	5	
2	47.742	0.851	87.253	4.4688	1.157	0.023	0.876	0.024	
3	3	9	4		6	6	5	6	
2	47.782	0.888	87.293	4.4693	1.162	0.023	0.877	0.011	
4	1	9	2		2	4	4	5	
2	50.038	0.925	89.549	4.4948	1.419	0.016	0.922	0.003	
5	6	9	7		3	4	1	8	
2	50.678	0.963	90.189	4.5019	1.491	0.014	0.932	0.030	
6	4	0	5		0	7	0	9	

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1544
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Figura 81

Distribución log normal 3 parámetros



Tabla 105

Distribución Gamma 2 parámetros

N	x	Ln x	P(x)	Media X	Media Ln x	Y	Y'	β	f(x)	F(x)	Δ
1	25.5799	3.2418	0.0370						0.0124	0.0327	0.0043
2	28.0754	3.3349	0.0741						0.0227	0.0758	0.0017
3	29.1226	3.3715	0.1111						0.0276	0.1021	0.0090
4	29.8086	3.3948	0.1481						0.0309	0.1222	0.0260
5	30.2746	3.4103	0.1852	38.6539	3.6341	0.0205	24.5050	1.5774	0.0331	0.1371	0.0481
6	30.4666	3.4166	0.2222						0.0340	0.1435	0.0787
7	31.2915	3.4433	0.2593						0.0378	0.1731	0.0861
8	32.6339	3.4854	0.2963						0.0433	0.2276	0.0687

9	33.6578	3.5162	0.3333	0.0467	0.2737	0.0596
10	33.8922	3.5232	0.3704	0.0474	0.2848	0.0856
11	35.3586	3.5655	0.4074	0.0506	0.3569	0.0505
12	35.4072	3.5669	0.4444	0.0507	0.3594	0.0851
13	36.3731	3.5938	0.4815	0.0518	0.4089	0.0726
14	37.8434	3.6335	0.5185	0.0517	0.4852	0.0333
15	40.8330	3.7095	0.5556	0.0464	0.6335	0.0779
16	40.9996	3.7136	0.5926	0.0460	0.6412	0.0486
17	44.0604	3.7856	0.6296	0.0359	0.7670	0.1374
18	45.7030	3.8222	0.6667	0.0299	0.8211	0.1544
19	46.5365	3.8402	0.7037	0.0270	0.8448	0.1411
20	46.7954	3.8458	0.7407	0.0261	0.8517	0.1109
21	46.9991	3.8501	0.7778	0.0254	0.8569	0.0791
22	47.0481	3.8512	0.8148	0.0252	0.8581	0.0433
23	47.7423	3.8658	0.8519	0.0229	0.8749	0.0230
24	47.7821	3.8667	0.8889	0.0228	0.8758	0.0131
25	50.0386	3.9128	0.9259	0.0161	0.9194	0.0065
26	50.6784	3.9255	0.9630	0.0145	0.9292	0.0338

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1544
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Figura 82

Distribución Gamma 2 parámetros

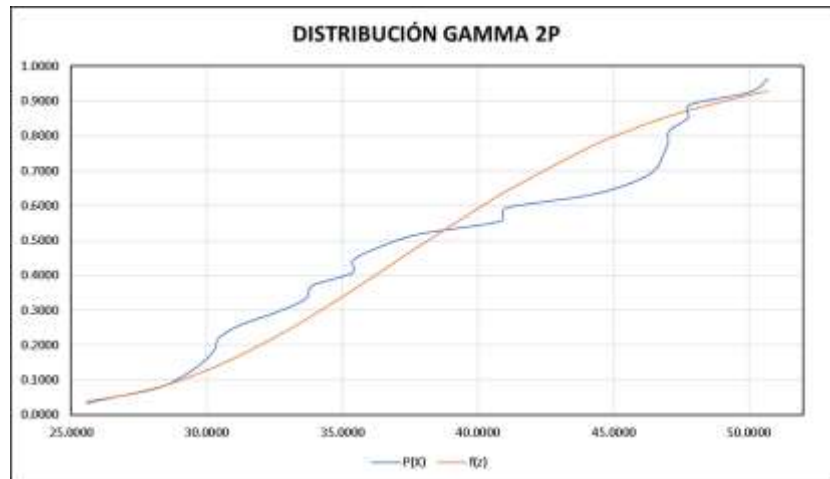


Tabla 106

Distribución Gamma 3 parámetros

N	X	P(x)	Media (x)	S	Cs	X0	(x-X0)	β	γ	f(x)	F(x)	Δ
1	25.579	0.037					417.648			0.012	0.047	0.010
1	9	0					5			8	4	4
2	28.075	0.074					420.144			0.020	0.088	0.014
2	4	1					0			8	9	8
3	29.122	0.111					421.191			0.024	0.112	0.001
3	6	1					2			6	7	5
4	29.808	0.148					421.877			0.027	0.130	0.017
4	6	1					2			3	5	7
5	30.274	0.185	38.6539	7.879	0.036	392.068	422.343	0.144	2987.814	0.029	0.143	0.041
5	6	2		9	6		2	2	0	1	6	6
6	30.466	0.222					422.535			0.029	0.149	0.073
6	6	2					2			9	3	0
7	31.291	0.259					423.360			0.033	0.175	0.084
7	5	3					1			1	3	0
8	32.633	0.296					424.702			0.038	0.223	0.073
8	9	3					5			2	2	1
9	33.657	0.333					425.726			0.041	0.264	0.069
9	8	3					4			8	2	1

1	33.892	0.370		425.960		0.042	0.274	0.096
0	2	4		8		6	1	3
1	35.358	0.407		427.427		0.046	0.339	0.067
1	6	4		2		7	7	7
1	35.407	0.444		427.475		0.046	0.342	0.102
2	2	4		8		8	0	4
1	36.373	0.481		428.441		0.048	0.388	0.093
3	1	5		7		8	3	2
1	37.843	0.518		429.912		0.050	0.461	0.057
4	4	5		0		5	4	1
1	40.833	0.555		432.901		0.048	0.611	0.055
5	0	6		6		5	1	5
1	40.999	0.592		433.068		0.048	0.619	0.026
6	6	6		2		2	1	6
1	44.060	0.629		436.129		0.039	0.754	0.125
7	4	6		0		6	7	1
1	45.703	0.666		437.771		0.033	0.814	0.148
8	0	7		6		5	8	2
1	46.536	0.703		438.605		0.030	0.841	0.137
9	5	7		1		3	4	7
2	46.795	0.740		438.864		0.029	0.849	0.108
0	4	7		0		3	2	4
2	46.999	0.777		439.067		0.028	0.855	0.077
1	1	8		7		5	1	3
2	47.048	0.814		439.116		0.028	0.856	0.041
2	1	8		7		4	5	6
2	47.742	0.851		439.810		0.025	0.875	0.023
3	3	9		9		7	2	4
2	47.782	0.888		439.850		0.025	0.876	0.012
4	1	9		7		6	2	6
2	50.038	0.925		442.107		0.017	0.924	0.001
5	6	9		2		7	8	1
2	50.678	0.963		442.747		0.015	0.935	0.027
6	4	0		0		7	5	5

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1482
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Figura 83

Distribución Gamma 3 parámetros



Tabla 107

Distribución Gumbel

N	x	P(x)	Media (x)	S (x)	μ	α	f(x)	F(x)	Δ
1	25.58	0.0370					0.0012	0.0090	0.0281
2	28.08	0.0741	38.65	7.8799	35.1080	6.1439	0.0057	0.0432	0.0308
3	29.12	0.1111					0.0093	0.0707	0.0404
4	29.81	0.1481					0.0123	0.0936	0.0546

5	30.27	0.1852	0.0146	0.1112	0.0740
6	30.47	0.2222	0.0157	0.1190	0.1032
7	31.29	0.2593	0.0205	0.1555	0.1038
8	32.63	0.2963	0.0295	0.2241	0.0722
9	33.66	0.3333	0.0371	0.2819	0.0514
10	33.89	0.3704	0.0389	0.2956	0.0748
11	35.36	0.4074	0.0504	0.3829	0.0245
12	35.41	0.4444	0.0508	0.3858	0.0587
13	36.37	0.4815	0.0583	0.4431	0.0384
14	37.84	0.5185	0.0694	0.5269	0.0084
15	40.83	0.5556	0.0888	0.6745	0.1189
16	41.00	0.5926	0.0897	0.6816	0.0890
17	44.06	0.6296	0.1043	0.7922	0.1626
18	45.70	0.6667	0.1102	0.8367	0.1701
19	46.54	0.7037	0.1127	0.8559	0.1522
20	46.80	0.7407	0.1134	0.8614	0.1206
21	47.00	0.7778	0.1140	0.8656	0.0878
22	47.05	0.8148	0.1141	0.8666	0.0518
23	47.74	0.8519	0.1159	0.8799	0.0281
24	47.78	0.8889	0.1159	0.8807	0.0082
25	50.04	0.9259	0.1206	0.9157	0.0102
26	50.68	0.9630	0.1216	0.9237	0.0392

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1701
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Figura 84

Distribución Gumbel

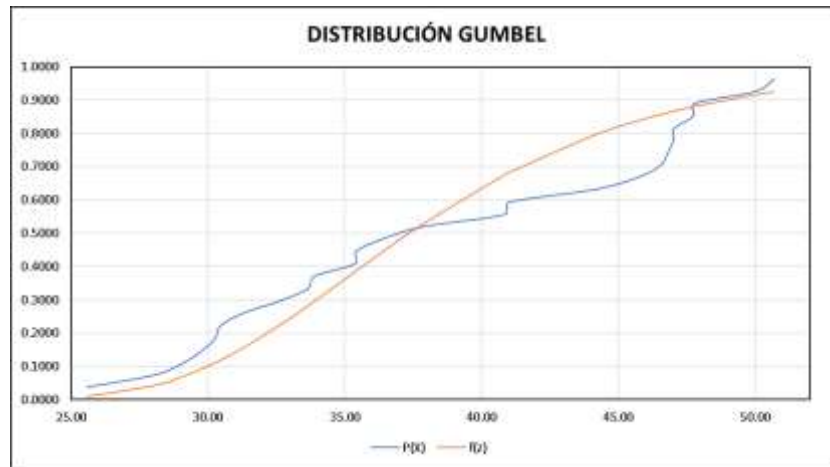


Tabla 108

Distribución log Gumbel

N	x	P(x)	Ln(x)	Media Ln(x)	S Ln(x)	μ	α	F(x)	Δ
1	25.58	0.0370	3.2418					0.0019	0.0352
2	28.08	0.0741	3.3349					0.0289	0.0452
3	29.12	0.1111	3.3715					0.0591	0.0520
4	29.81	0.1481	3.3948					0.0862	0.0620
5	30.27	0.1852	3.4103					0.1078	0.0774
6	30.47	0.2222	3.4166					0.1173	0.1049
7	31.29	0.2593	3.4433	3.6341	0.2083	3.5404	0.1624	0.1624	0.0969
8	32.63	0.2963	3.4854					0.2458	0.0505
9	33.66	0.3333	3.5162					0.3134	0.0199
10	33.89	0.3704	3.5232					0.3290	0.0414
11	35.36	0.4074	3.5655					0.4247	0.0172
12	35.41	0.4444	3.5669					0.4277	0.0167

13	36.37	0.4815	3.5938	0.4870	0.0055
14	37.84	0.5185	3.6335	0.5691	0.0506
15	40.83	0.5556	3.7095	0.7026	0.1471
16	41.00	0.5926	3.7136	0.7088	0.1162
17	44.06	0.6296	3.7856	0.8018	0.1721
18	45.70	0.6667	3.8222	0.8383	0.1717
19	46.54	0.7037	3.8402	0.8540	0.1503
20	46.80	0.7407	3.8458	0.8586	0.1178
21	47.00	0.7778	3.8501	0.8620	0.0843
22	47.05	0.8148	3.8512	0.8629	0.0480
23	47.74	0.8519	3.8658	0.8739	0.0221
24	47.78	0.8889	3.8667	0.8745	0.0144
25	50.04	0.9259	3.9128	0.9040	0.0219
26	50.68	0.9630	3.9255	0.9109	0.0521

PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN	
N	26
Δ TEÓRICO	0.1721
Δ TABULAR	0.2667
SE AJUSTA	

Figura 85

Distribución log Gumbel

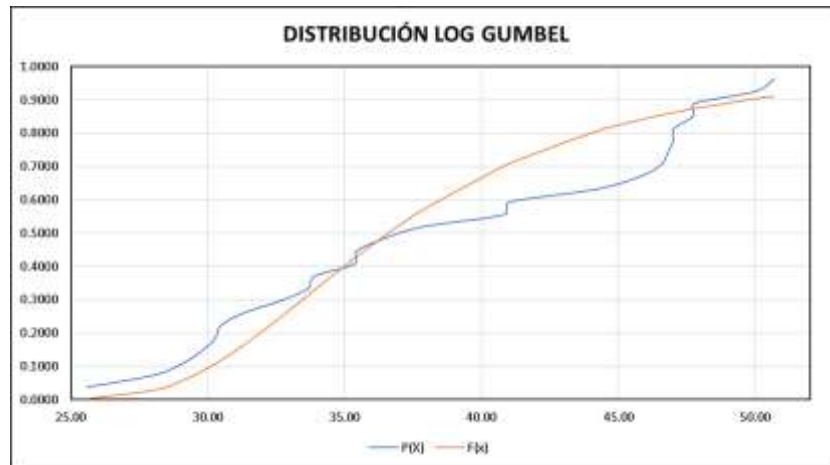


Tabla 109

Regresión lineal para PR=2

PERIODO DE RETORNO PARA T = 2 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	13.0738	4.0943	2.5706	10.5250	16.7637
2	120	8.5594	4.7875	2.1470	10.2789	22.9201
3	180	6.7069	5.1930	1.9031	9.8829	26.9668
4	240	5.6529	5.4806	1.7322	9.4934	30.0374
5	300	4.9535	5.7038	1.6001	9.1266	32.5331
6	360	4.4454	5.8861	1.4919	8.7813	34.6462
7	480	3.7390	6.1738	1.3188	8.1420	38.1156
8	600	3.2572	6.3969	1.1809	7.5540	40.9207
9	720	2.8998	6.5793	1.0646	7.0045	43.2865
10	840	2.6206	6.7334	0.9634	6.4871	45.3387
11	960	2.3956	6.8669	0.8736	5.9992	47.1548
12	1080	2.2105	6.9847	0.7932	5.5404	48.7863
13	1200	2.0564	7.0901	0.7210	5.1116	50.2692
14	1320	1.9274	7.1854	0.6562	4.7149	51.6298
15	1440	1.8198	7.2724	0.5987	4.3541	52.8878
15	9900	66.3182	92.4282	19.6153	112.9958	582.2567
Ln(d)=		5.1193	d=	167.2204	n=	-0.6186

Tabla 110

Regresión lineal para PR=5

PERIODO DE RETORNO PARA T = 5 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	15.3165	4.0943	2.7289	11.1732	16.7637
2	120	10.0276	4.7875	2.3053	11.0368	22.9201
3	180	7.8574	5.1930	2.0615	10.7051	26.9668
4	240	6.6226	5.4806	1.8905	10.3611	30.0374
5	300	5.8032	5.7038	1.7584	10.0296	32.5331
6	360	5.2079	5.8861	1.6502	9.7131	34.6462
7	480	4.3803	6.1738	1.4771	9.1195	38.1156
8	600	3.8160	6.3969	1.3392	8.5668	40.9207
9	720	3.3972	6.5793	1.2230	8.0461	43.2865
10	840	3.0702	6.7334	1.1217	7.5531	45.3387
11	960	2.8065	6.8669	1.0320	7.0864	47.1548
12	1080	2.5897	6.9847	0.9515	6.6462	48.7863
13	1200	2.4091	7.0901	0.8793	6.2341	50.2692
14	1320	2.2580	7.1854	0.8145	5.8525	51.6298
15	1440	2.1319	7.2724	0.7570	5.5054	52.8878
15	9900	77.6944	92.4282	21.9901	127.6289	582.2567
Ln(d)= 5.2776		d= 195.9052		n= -0.6186		

Tabla 111

Regresión lineal para PR=10

PERIODO DE RETORNO PARA T = 10 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	16.4903	4.0943	2.8028	11.4755	16.7637
2	120	10.7961	4.7875	2.3792	11.3903	22.9201
3	180	8.4596	5.1930	2.1353	11.0885	26.9668
4	240	7.1302	5.4806	1.9643	10.7658	30.0374
5	300	6.2479	5.7038	1.8322	10.4508	32.5331
6	360	5.6070	5.8861	1.7240	10.1478	34.6462
7	480	4.7160	6.1738	1.5510	9.5753	38.1156
8	600	4.1084	6.3969	1.4130	9.0391	40.9207
9	720	3.6575	6.5793	1.2968	8.5319	43.2865
10	840	3.3055	6.7334	1.1956	8.0503	45.3387
11	960	3.0216	6.8669	1.1058	7.5934	47.1548
12	1080	2.7881	6.9847	1.0254	7.1619	48.7863
13	1200	2.5938	7.0901	0.9531	6.7576	50.2692
14	1320	2.4311	7.1854	0.8883	6.3831	51.6298
15	1440	2.2953	7.2724	0.8309	6.0424	52.8878
15	9900	83.6484	92.4282	23.0977	134.4538	582.2567
Ln(d)= 5.3515		d= 210.9183		n= -0.6186		

Tabla 112

Regresión lineal para PR=25

PERIODO DE RETORNO PARA T = 25 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	17.7418	4.0943	2.8759	11.7750	16.7637
2	120	11.6155	4.7875	2.4523	11.7406	22.9201
3	180	9.1016	5.1930	2.2085	11.4684	26.9668
4	240	7.6713	5.4806	2.0375	11.1667	30.0374
5	300	6.7221	5.7038	1.9054	10.8680	32.5331
6	360	6.0326	5.8861	1.7972	10.5784	34.6462
7	480	5.0740	6.1738	1.6241	10.0270	38.1156
8	600	4.4202	6.3969	1.4862	9.5071	40.9207
9	720	3.9351	6.5793	1.3699	9.0132	43.2865
10	840	3.5564	6.7334	1.2687	8.5429	45.3387
11	960	3.2510	6.8669	1.1789	8.0958	47.1548
12	1080	2.9997	6.9847	1.0985	7.6729	48.7863
13	1200	2.7906	7.0901	1.0263	7.2763	50.2692
14	1320	2.6156	7.1854	0.9615	6.9087	51.6298
15	1440	2.4695	7.2724	0.9040	6.5744	52.8878
15	9900	89.9971	92.4282	24.1950	141.2154	582.2567
Ln(d)= 5.4246		d= 226.9265		n= -0.6186		

Tabla 113

Regresión lineal para PR=50

PERIODO DE RETORNO PARA T = 50 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	18.5503	4.0943	2.9205	11.9575	16.7637
2	120	12.1448	4.7875	2.4969	11.9539	22.9201
3	180	9.5164	5.1930	2.2530	11.6998	26.9668
4	240	8.0209	5.4806	2.0820	11.4110	30.0374
5	300	7.0284	5.7038	1.9500	11.1222	32.5331
6	360	6.3075	5.8861	1.8417	10.8407	34.6462
7	480	5.3052	6.1738	1.6687	10.3021	38.1156
8	600	4.6217	6.3969	1.5308	9.7921	40.9207
9	720	4.1145	6.5793	1.4145	9.3064	43.2865
10	840	3.7184	6.7334	1.3133	8.8429	45.3387
11	960	3.3991	6.8669	1.2235	8.4018	47.1548
12	1080	3.1364	6.9847	1.1431	7.9841	48.7863
13	1200	2.9178	7.0901	1.0708	7.5923	50.2692
14	1320	2.7348	7.1854	1.0061	7.2289	51.6298
15	1440	2.5821	7.2724	0.9486	6.8985	52.8878
15	9900	94.0981	92.4282	24.8634	145.3340	582.2567
Ln(d)= 5.4692		d= 237.2669		n= -0.6186		

Tabla 114

Regresión lineal para PR=100

PERIODO DE RETORNO PARA T = 100 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	19.2775	4.0943	2.9589	12.1149	16.7637
2	120	12.6209	4.7875	2.5354	12.1380	22.9201
3	180	9.8894	5.1930	2.2915	11.8995	26.9668
4	240	8.3353	5.4806	2.1205	11.6217	30.0374
5	300	7.3040	5.7038	1.9884	11.3415	32.5331
6	360	6.5548	5.8861	1.8802	11.0670	34.6462
7	480	5.5132	6.1738	1.7071	10.5395	38.1156
8	600	4.8028	6.3969	1.5692	10.0381	40.9207
9	720	4.2758	6.5793	1.4530	9.5594	43.2865
10	840	3.8642	6.7334	1.3518	9.1019	45.3387
11	960	3.5324	6.8669	1.2620	8.6658	47.1548
12	1080	3.2594	6.9847	1.1815	8.2527	48.7863
13	1200	3.0322	7.0901	1.1093	7.8649	50.2692
14	1320	2.8420	7.1854	1.0445	7.5052	51.6298
15	1440	2.6833	7.2724	0.9870	7.1781	52.8878
15	9900	97.7872	92.4282	25.4403	148.8884	582.2567
Ln(d)= 5.5076		d= 246.5689		n= -0.6186		

Tabla 115

Regresión lineal para PR=105

PERIODO DE RETORNO PARA T = 105 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	19.3249	4.0943	2.9614	12.1250	16.7637
2	120	12.6519	4.7875	2.5378	12.1497	22.9201
3	180	9.9137	5.1930	2.2939	11.9122	26.9668
4	240	8.3558	5.4806	2.1230	11.6352	30.0374
5	300	7.3219	5.7038	1.9909	11.3555	32.5331
6	360	6.5709	5.8861	1.8826	11.0815	34.6462
7	480	5.5267	6.1738	1.7096	10.5546	38.1156
8	600	4.8146	6.3969	1.5717	10.0538	40.9207
9	720	4.2863	6.5793	1.4554	9.5755	43.2865
10	840	3.8737	6.7334	1.3542	9.1184	45.3387
11	960	3.5410	6.8669	1.2644	8.6827	47.1548
12	1080	3.2674	6.9847	1.1840	8.2699	48.7863
13	1200	3.0396	7.0901	1.1117	7.8823	50.2692
14	1320	2.8490	7.1854	1.0470	7.5229	51.6298
15	1440	2.6899	7.2724	0.9895	7.1960	52.8878
15	9900	98.0274	92.4282	25.4771	149.1152	582.2567
Ln(d)= 5.5101		d= 247.1746		n= -0.6186		

Tabla 116

Regresión lineal para PR=500

PERIODO DE RETORNO PARA T = 500 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	20.7490	4.0943	3.0325	12.4161	16.7637
2	120	13.5843	4.7875	2.6089	12.4901	22.9201
3	180	10.6443	5.1930	2.3650	12.2815	26.9668
4	240	8.9716	5.4806	2.1941	12.0249	30.0374
5	300	7.8615	5.7038	2.0620	11.7611	32.5331
6	360	7.0551	5.8861	1.9537	11.5000	34.6462
7	480	5.9340	6.1738	1.7807	10.9936	38.1156
8	600	5.1694	6.3969	1.6428	10.5086	40.9207
9	720	4.6021	6.5793	1.5265	10.0433	43.2865
10	840	4.1591	6.7334	1.4253	9.5972	45.3387
11	960	3.8020	6.8669	1.3355	9.1709	47.1548
12	1080	3.5082	6.9847	1.2551	8.7665	48.7863
13	1200	3.2636	7.0901	1.1828	8.3864	50.2692
14	1320	3.0589	7.1854	1.1181	8.0338	51.6298
15	1440	2.8881	7.2724	1.0606	7.7131	52.8878
15	9900	105.2512	92.4282	26.5436	155.6871	582.2567
Ln(d)=		5.5812	d=	265.3893	n=	-0.6186

Tabla 117

Regresión lineal para PR=1000

PERIODO DE RETORNO PARA T = 1000 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	21.3139	4.0943	3.0594	12.5261	16.7637
2	120	13.9541	4.7875	2.6358	12.6187	22.9201
3	180	10.9341	5.1930	2.3919	12.4210	26.9668
4	240	9.2158	5.4806	2.2209	12.1721	30.0374
5	300	8.0755	5.7038	2.0888	11.9143	32.5331
6	360	7.2472	5.8861	1.9806	11.6581	34.6462
7	480	6.0955	6.1738	1.8076	11.1595	38.1156
8	600	5.3102	6.3969	1.6696	10.6805	40.9207
9	720	4.7274	6.5793	1.5534	10.2201	43.2865
10	840	4.2724	6.7334	1.4522	9.7780	45.3387
11	960	3.9055	6.8669	1.3624	9.3554	47.1548
12	1080	3.6037	6.9847	1.2820	8.9541	48.7863
13	1200	3.3525	7.0901	1.2097	8.5769	50.2692
14	1320	3.1422	7.1854	1.1449	8.2268	51.6298
15	1440	2.9667	7.2724	1.0875	7.9084	52.8878
15	9900	108.1167	92.4282	26.9465	158.1698	582.2567
Ln(d)=		5.6081	d=	272.6146	n=	-0.6186

Tabla 118

Regresión lineal para PR=10000

PERIODO DE RETORNO PARA T = 10000 AÑOS						
N°	X	Y	ln X	ln Y	ln X * ln Y	(ln X)^2
1	60	22.9883	4.0943	3.1350	12.8357	16.7637
2	120	15.0503	4.7875	2.7114	12.9808	22.9201
3	180	11.7931	5.1930	2.4675	12.8137	26.9668
4	240	9.9398	5.4806	2.2965	12.5865	30.0374
5	300	8.7099	5.7038	2.1645	12.3456	32.5331
6	360	7.8165	5.8861	2.0562	12.1032	34.6462
7	480	6.5744	6.1738	1.8832	11.6264	38.1156
8	600	5.7273	6.3969	1.7453	11.1643	40.9207
9	720	5.0988	6.5793	1.6290	10.7176	43.2865
10	840	4.6080	6.7334	1.5278	10.2873	45.3387
11	960	4.2123	6.8669	1.4380	9.8747	47.1548
12	1080	3.8868	6.9847	1.3576	9.4823	48.7863
13	1200	3.6159	7.0901	1.2853	9.1131	50.2692
14	1320	3.3891	7.1854	1.2206	8.7702	51.6298
15	1440	3.1998	7.2724	1.1631	8.4584	52.8878
15	9900	116.6102	92.4282	28.0809	165.1598	582.2567
Ln(d)=		5.6837	d=	294.0309	n=	-0.6186

Figura 86

Curva IDF PR=10



Figura 87

Curva IDF PR=25

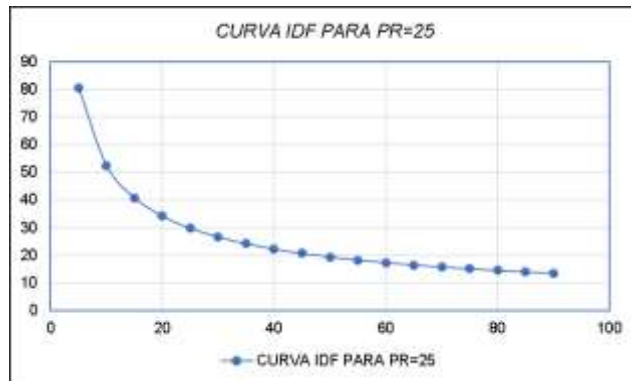


Figura 88

Curva IDF PR=50

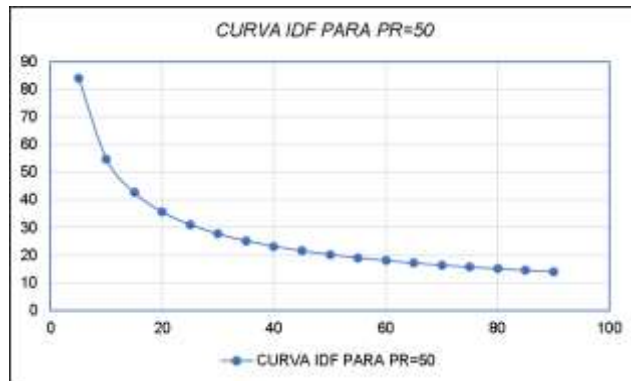


Figura 89

Curva IDF PR=100

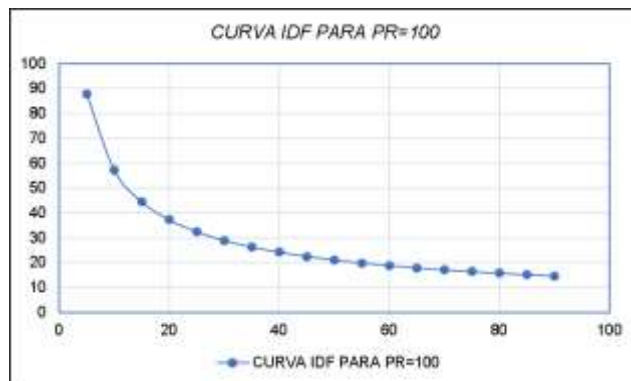


Figura 90

Curva IDF PR=500

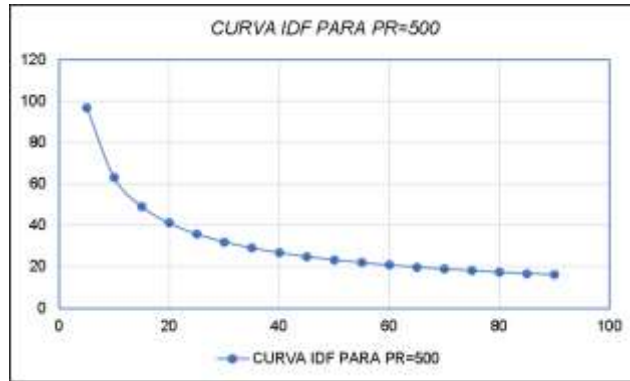


Figura 91

Ficha técnica estación Total

Estación Total Leica Viva TS16

MEDICIÓN ANGULAR

Medición HZ y V	Absoluto, continuo, diametral	1° (0,3 mgon), 2° (0,6 mgon), 3° (1 mgon), 5° (1,5 mgon)
-----------------	-------------------------------	--

MEDICIÓN DE DISTANCIAS

Alcance ¹	Prisma (GPR, GRIP) ² Sin Prisma / A cualquier superficie ³	1,5m a 3500m R500: 1,5m a 1500m, R1000: 1,5m a 1000m
Precisión / Tiempo de Medición	Normal (a prisma) ^{4,5} Normal (a cualquier superficie) ^{4,5,6}	2mm + 1,5ppm / normalmente 2-6s 2mm + 2ppm / normalmente 3-6s
Tamaño del punto laser	A 50m	8mm x 20mm
Tecnología de medición	Sistema de Análisis	Const. Blue-ray visible

IMÁGENES

Cámara gran angular	Sensor Campo visual Tipo de muestreo	Sensor de 5 Mpixel (WGS, 29.4°) Hasta 20 frames por segundo
---------------------	--	---

PUNTERÍA AUTOMÁTICA - ATripus

Alcance de la puntería a prisma ⁷ / Alcance de seguimiento a prisma ⁸	Prisma Circular (GR1, GR10) Prisma 360° (GR24, GR2122)	1500m / 1500m 1000m / 1000m
Medición ⁹ / Tiempo de medición	Medición angular del ATripus HZ, V	1° (0,3 mgon), 2° (0,6 mgon), 3° (1 mgon), 5° (1,5 mgon) / normalmente 3-6 s

POWERSEARCH

Alcance / Tiempo de búsqueda	Prisma 360° (GR24, GR2122)	300m / normalmente 5s
------------------------------	----------------------------	-----------------------

LUCEX CLIX DE REPLANTO (GL)

Rango de trabajo / Precisión		5-150m (normalmente 50m @ 100m)
------------------------------	--	---------------------------------

GENERAL

Software de campo	Lensa Capitalis con apps	
Pantalla y teclado	5" WVGA a color, táctil, pantalla táctil estándar / pantalla táctil opcional	17 teclas iluminadas
Procesador	Ti OMAP4430 1GHz Dual-core ARM® Cortex™ 40 MHz core™	Sistema operativo - Windows CE7
Administración de energía	Batería intercambiable Li-Ion	Autonomía de uso 5-8 h
Almacenamiento de datos	Memoria interna Tarjeta de memoria	7 GB Tarjeta SD 1 GB @ 8 GB
Interfases	RS232, USB, Bluetooth®, WLAN	
Peso	Estación Total incluida batería	5,3 - 6kg
Especificaciones ambientales	Rango de temperatura de trabajo Polo / Agua: IEC 60529 / Humedad	-20°C a +50°C IP55 / 95%, sin condensación

LEICA VIVA	TS16 M	TS16 A	TS16 P	TS16 I
Medición angular	✓	✓	✓	✓
Medición de distancias a prismas	✓	✓	✓	✓
Medición de distancias a cualquier superficie (sin prisma)	✓	✓	✓	✓
Puntería automática a prisma - ATripus	X	✓	✓	✓
PowerSearch (PS)	X	X	✓	✓
Cámara gran angular	X	X	X	✓
LUCEX CLIX de Replanto (GL)	✓	✓	✓	✓

¹ Dato: Distancia 300 (TL21-0)
² Cubierta, en bruma, visibilidad superior: 40 cm, sin visibilidad
³ 1,5m a 3500m para prismas de 360° (GR24, GR2122)
⁴ Dato en metros, resto en milímetros, Nuevo (En Unidad: 9999 milímetros)
⁵ Dato: Distancia 300 (TL21-0)
⁶ Dato: Dato + Valor (Prisma) error + Signo, Tiempo de medición (Polo de 60)

Las marcas registradas Bluetooth® son propiedad de Bluetooth SIG, Inc.
 Información sobre el sitio de apoyo técnico a los kits Leica Viva TS de acuerdo con IEC 60529-1:2014.
 Las certificaciones, homologaciones y otros datos de los kits Leica Viva, se encuentran en el sitio de apoyo técnico.
 Impreso en Suiza - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza, 2015.
 03/16/16 - 05/25

Leica Geosystems AG
 Heerbrugg, Suiza
www.leica-geosystems.com

- when it has to be right



ANEXO 6
PANEL FOTOGRÁFICO

PRIMER DIA DE LEVANTAMIENTO



SE OBSERVA EL INGRESO AL CENTRO POBLADO ACOCHACAN



**SE OBSERVA LA I.E.I. CESAR MORALES N°32733 - CENTRO
POBLADO ACOCHACAN**



**SE PROCEDE AL ESTACIONAMIENTO DE LA ESTACION TOTAL,
PARA LUEGO REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFIO.**



**SE OBSERVA A MI PERSONA CON EL PRISMA PARA EL VISADO
CORRESPONDIENTE**



**SE OBSERVA A MI PERSONA CON EL PRISMA PARA EL VISADO
CORRESPONDIENTE**

SEGUNDO DIA DE LEVANTAMIENTO



**SE OBSERVA A MI PERSONA CON EL PRISMA PARA EL VISADO
CORRESPONDIENTE**



**SE OBSERVA A MI PERSONA CON EL PRISMA PARA EL VISADO
CORRESPONDIENTE**



**SE OBSERVA A MI PERSONA CON EL PRISMA PARA EL VISADO
CORRESPONDIENTE**



**SE OBSERVA A MI PERSONA CON EL PRISMA PARA EL VISADO
CORRESPONDIENTE**



**SE OBSERVA A MI PERSONA CON EL PRISMA PARA EL VISADO
CORRESPONDIENTE**