UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“Modificación de la relación escorrentía y precipitación mediante el uso del hidrograma unitario geomorfológico en la cuenca del rio Huallaga – Huánuco 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Bravo Alvarez, Jhajaira Lida

ASESORA: Trujillo Ariza, Lisseth

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)
CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:
Área: Ingeniería, Tecnología
Sub área: Ingeniería Civil
Disciplina: Ingeniería Civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero(a) Civil
Código del Programa: P07
Tipo de Financiamiento:

- Propio (x)
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

DATOS DEL AUTOR:
Documento Nacional de Identidad (DNI): 71666476
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	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Master en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
2	Aguilar Alcántara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Miraval Rojas, Biseth	Maestro en gestión y negocios, con mención en gestión de proyectos	47474699	0000-0001-5605-3003

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 13:00 horas del día lunes 23 de junio de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA — PRESIDENTE
- MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA — SECRETARIO
- MG. BISETH MIRAVAL ROJAS — VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1208-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "MODIFICACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE ESCORRENTÍA Y PRECIPITACIÓN MEDIANTE EL USO DEL HIDROGRAMA UNITARIO GEOMORFOLÓGICO EN LA CUENCA DEL RIO HUALLAGA – HUÁNUCO 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Jhajaira Lida BRAVO ALVAREZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) ..Aprobado..... por ...Unanimidad con el calificativo cuantitativo de ..11..... y cualitativo de ..Suficiente..... (Art. 47).

Siendo las 14:00 horas del día 23 del mes de junio del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433
PRESIDENTE

MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA
DNI: 43415813
ORCID: 0000-0002-0877-5922
SECRETARIO (A)

MG. BISETH MIRAVAL ROJAS
DNI: 47474699
ORCID: 0000-0001-5605-3003
VOCAL

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JHAJAIRA LIDA BRAVO ALVAREZ, de la investigación titulada "Modificación de la relación entre escorrentía y precipitación mediante el uso del hidrograma unitario geomorfológico en la cuenca del río Huallaga - Huánuco 2024", con asesor(a) YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1026-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 17 de febrero de 2025

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE INTEGRIDAD CIENTÍFICA
HUÁNUCO - PERÚ

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

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE TURNITIN
HUÁNUCO - PERÚ

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

7. BRAVO ALVAREZ JHAJAIRA LIDA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	19%	4%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Nacional Hermilio Valdizan Trabajo del estudiante	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
5	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE INTEGRIDAD CIENTÍFICA
HUÁNUCO - PERÚ

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

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE TURNITIN
HUÁNUCO - PERÚ

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

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza, dándome sabiduría, fe para lograr mis objetivos. A mis padres, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante, me han brindado las herramientas para alcanzar este logro. A mis hermanos y seres queridos, por su compañía y aliento en cada paso del camino. A mis profesores y mentores, por compartir su sabiduría y guiarme con paciencia y dedicación. Esta tesis es el resultado de todo el esfuerzo y las enseñanzas que he recibido de cada uno de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este importante logro en mi vida. En primer lugar, agradezco a mis padres, por su amor, apoyo incondicional y por ser siempre mi mayor fuente de motivación. Sin su ejemplo y sacrificio, este momento no habría sido posible.

Gracias a mis profesores y asesores, por compartir su conocimiento, por su paciencia y por guiarme en este camino académico. Su orientación ha sido fundamental para la realización de esta tesis. A mis compañeros y amigos, por su amistad y por los momentos compartidos que han hecho de esta experiencia algo inolvidable.

También agradezco a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a mi formación académica y personal. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

INDICE

DEDICATORIA II

AGRADECIMIENTO III

ÍNDICE DE TABLAS VII

ÍNDICE DE FIGURAS IX

RESUMEN XII

ABSTRACT XIII

INTRODUCCION 14

CAPÍTULO I 15

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 15

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA 15

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16

1.2.1 PROBLEMA GENERAL 16

1.2.2 PROBLEMA ESPECIFICO 16

1.3 OBJETIVO GENERAL 16

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS 16

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 17

1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA 17

1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA 17

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA 18

1.6 LIMITES DE LA INVESTIGACIÓN 18

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN 18

1.7.1 VIABILIDAD OPERATIVA 18

1.7.2 VIABILIDAD TÉCNICA 19

1.7.3 VIABILIDAD ECONÓMICA 19

CAPITULO II 21

MARCO TEÓRICO 21

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 21

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES 21

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES 23

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES 24

2.2 BASES TEÓRICAS 25

2.2.1 MODELOS DE HIDROLOGÍA DE CUENCA..... 25

2.2.2 ELEMENTOS DE UN MODELO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA 27

2.2.3 DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIÓN DE UN ÁREA..... 31

2.2.4 PERDIDAS HIDROLOGICAS 32

2.2.5 INFILTRACIÓN 33

2.2.6 ALMACENAMIENTO DE SUPERFICIE 34

2.2.7 EVAPORACIÓN..... 35

2.2.8 ESCURRIMIENTO 36

2.2.9 HIDROGRAMA UNITARIO 37

2.2.10 HIDROGRAMA UNITARIO GEOMORFOLÓGICO 38

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES..... 39

2.4 HIPÓTESIS 40

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL..... 40

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 40

2.5 VARIABLES 41

2.5.1 VARIABLE 1 41

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 41

CAPÍTULO III 42

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 42

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN 42

3.1.1 ENFOQUE 42

3.1.2 ALCANCE O NIVEL 42

3.1.3 DISEÑO 42

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA 42
3.2.1 POBLACIÓN 42
3.2.2 MUESTRA 43
3.3 TECNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 43
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 43
3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS 44
3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS DATOS 45
CAPÍTULO IV 47
RESULTADOS 47
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS 47
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS 73
CAPÍTULO V 76
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 76
CONCLUSIONES 79
RECOMENDACIONES 80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 81
ANEXOS 83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistema de variables-dimensiones e indicadores 41
Tabla 2 Formato para la precipitación máxima 44
Tabla 3 Para las intensidades..... 44
Tabla 4 Precipitaciones máximas por mes 48
Tabla 5 Datos adicionales para calcular las distribuciones mediante el Hidroesta 49
Tabla 6 Distribuciones y sus deltas teóricos 54
Tabla 7 Tabulación por horas para el cálculo de las intensidades para 5 años 57
Tabla 8 Intensidad de diseño en minutos para 5 años..... 58
Tabla 9 Intensidades reajustados usando la ecuación del grafico para 5 años 59
Tabla 10 Datos para el cálculo de la precipitación efectiva para 5 años..... 59
Tabla 11 Precipitación efectiva para 5 años 60
Tabla 12 Tabulación por horas para el cálculo de las intensidades para 10 años 60
Tabla 13 Intensidad de diseño en minutos para 10 años..... 61
Tabla 14 Intensidades reajustados usando la ecuación del grafico para 10 años 62
Tabla 15 Datos para el cálculo de la precipitación efectiva para 10 años.... 63
Tabla 16 Precipitación efectiva para 10 años 63
Tabla 17 Tabulación por horas para el cálculo de las intensidades para 50 años 64
Tabla 18 Intensidad de diseño en minutos para 50 años..... 65
Tabla 19 Intensidades reajustados usando la ecuación del grafico para 50años 66
Tabla 20 Datos para el cálculo de la precipitación efectiva para 50 años.... 67
Tabla 21 Precipitación efectiva para 50 años 67
Tabla 22 Datos para calcular el caudal de hidrograma unitario 68
Tabla 23 Calculo de caudal final para 5 años 68
Tabla 24 Datos para calcular el caudal de hidrograma unitario para 10 años 69

Tabla 25 Calculo de caudal final para 10 años 69
Tabla 26 Datos para calcular el caudal de hidrograma unitario para 50 años 70
Tabla 27 Calculo de caudal final para 50 años 70
Tabla 28 Caudales por método del hidrograma unitario 73
Tabla 29 Caudales por método racional modificado 74
Tabla 30 Matriz de Consistencia 84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Intensidad 28
Figura 2 Duración 29
Figura 3 Hiteograma 31
Figura 4 Distribución Espacial..... 32
Figura 5 Abtracciones Hidrologicas 33
Figura 6 Estaciones que nos brinda el SENAMHI..... 47
Figura 7 Estación TULUMAYO 48
Figura 8 Distribución Normal..... 50
Figura 9 Distribución log normal 2 parametros 51
Figura 10 Distribución log normal de 3 parámetros 51
Figura 11 Distribución Gamma 2 parámetros 52
Figura 12 Distribución Gamma 3 parámetros 52
Figura 13 Distribución Gumbel..... 53
Figura 14 Distribución Log-Gumbel 54
Figura 15 Distribución Gumbel para un T= 5 años 55
Figura 16 Distribución Gumbel para un T= 10 años 55
Figura 17 Distribución Gumbel para un T= 50 años 56
Figura 18 Distribución Gumbel para un T= 100 años 56
Figura 19 Grafico de intensidad para un T=5 años..... 58
Figura 20 Grafico de intensidad para un T=10 años..... 62
Figura 21 Grafico de intensidad para un T=50 años..... 66
Figura 22 Grafico del hidrograma del caudal para 5 años 69
Figura 23 Grafico del hidrograma del caudal para 10 años 70
Figura 24 Grafico del hidrograma del caudal para 50 años 71
Figura 25 Hidrograma para todos los periodos de retorno.....
Figura 26 Imagen Satelital 72
Figura 27 Periodo 07-2022 87
Figura 28 Periodo 08-2022 87
Figura 29 Periodo 09-2022 88
Figura 30 Periodo 10-2022 88
Figura 31 Periodo 11-2022 88
Figura 32 Periodo 12-2022 89

Figura 33 Periodo 01-2023 89
Figura 34 Periodo 02-2023 89
Figura 35 Periodo 03-2023 90
Figura 36 Periodo 04-2023 90
Figura 37 Periodo 05-2023 90
Figura 38 Periodo 06-2023 91
Figura 39 Periodo 07-2023 91
Figura 40 Periodo 08-2023 91
Figura 41 Periodo 09-2023 92
Figura 42 Periodo 10-2023 92
Figura 43 Periodo 11-2023 92
Figura 44 Periodo 12-2023 93
Figura 45 Periodo 01-2024 93
Figura 46 Periodo 02-2024 93
Figura 47 Periodo 03-2024 94
Figura 48 Periodo 04-2024 94
Figura 49 Periodo 05-2024 94
Figura 50 Periodo 06-2024 95
Figura 51 Periodo 07-2024 95
Figura 52 Distribución normal t= 5años 96
Figura 53 Distribución normal T=10 años 96
Figura 54 Distribución normal de 50 años 97
Figura 55 Distribución normal de 100años 97
Figura 56 Distribución log normal 2 parámetros 5 años..... 98
Figura 57 Distribución log normal 2 parámetros 10 años..... 98
Figura 58 Distribución log normal 2 parámetros 50 años..... 99
Figura 59 Distribución log normal 3 parámetros 5 años..... 99
Figura 60 Distribución log normal 3 parámetros 50 años..... 100
Figura 61 Distribución log normal 3 parámetros 50 años..... 100
Figura 62 Distribución Gamma 2 parámetros 5 años..... 101
Figura 63 Distribución Gamma 2 parámetros 10 años..... 101
Figura 64 Distribución Gamma 2 parámetros 50 años..... 102
Figura 65 Distribución Gamma 3 parámetros 5 años..... 102

Figura 66 Distribución Gamma 3 parámetros 10 años..... 103
Figura 67 Distribución Gamma 3 parámetros 50 años..... 103
Figura 68 Distribución Log Gumbel 5 años..... 104
Figura 69 Distribución Log Gumbel 10 años..... 104
Figura 70 Distribución Log Gumbel 50 años..... 105
Figura 71 Método Racional modificado para 5 años..... 106
Figura 72 Método Racional modificado para 10 años..... 106
Figura 73 Método Racional modificado para 50 años..... 107

RESUMEN

La cuenca del río Huallaga, situada en la región de Huánuco, enfrenta riesgos significativos debido a eventos hidrometeorológicos extremos que pueden generar caudales máximos peligrosos. Esta investigación tiene como objetivo estimar los caudales máximos en la cuenca del río Huallaga mediante el uso del Hidrograma Unitario Geomorfológico, con la finalidad de diseñar estructuras hidráulicas, como los espigones, que protejan las riberas y mitiguen los efectos de las crecidas.

Para ello, se analizaron los datos de precipitación máxima registrados en estaciones cercanas y se diseñaron hidrogramas unitarios específicos para diferentes periodos de retorno: 5, 10 y 50 años. Los resultados mostraron que la precipitación máxima (Pmáx.) y la intensidad de diseño para 120 minutos aumentan significativamente con el periodo de retorno, alcanzando valores de 95.60 mm y 23.14 mm/hora para un retorno de 50 años. La precipitación efectiva también incrementó de manera considerable, llegando a 443.120 mm en el mismo periodo.

Estos valores se tradujeron en caudales máximos estimados de 1059.167 m^3/s, 1961.313 m^3/s, y 2093.586 m^3/s para los periodos de retorno de 5, 10 y 50 años, respectivamente. Este aumento progresivo subraya la importancia de diseñar espigones capaces de manejar caudales elevados, asegurando su eficacia en la protección contra la erosión y en la gestión de los recursos hídricos de la cuenca.

La investigación concluye que el uso del Hidrograma Unitario Geomorfológico es una herramienta efectiva para la estimación de caudales en la cuenca del río Huallaga, proporcionando datos cruciales para el diseño de infraestructuras que mitiguen los impactos de las crecidas.

Palabras claves: caudales máximos, cuenca, hidrograma unitario, espigón, periodo de retorno.

ABSTRACT

The Huallaga River basin, located in the Huánuco region, faces significant risks due to extreme hydrometeorological events that can generate dangerous peak flows. This research aims to estimate the maximum flows in the Huallaga River basin using the Geomorphological Unit Hydrograph, with the purpose of designing hydraulic structures, such as groynes, that protect the riverbanks and mitigate the effects of floods.

To achieve this, data on maximum precipitation recorded at nearby stations were analyzed, and specific unit hydrographs were designed for different return periods: 5, 10, and 50 years. The results showed that the maximum precipitation (Pmax) and the design intensity for 120 minutes increase significantly with the return period, reaching values of 95.60 mm and 23.14 mm/hour for a 50-year return period. The effective precipitation also increased considerably, reaching 443.120 mm in the same period.

These values translated into estimated maximum flows of 1059.167 m^3/s, 1961.313 m^3/s, and 2093.586 m^3/s for the return periods of 5, 10, and 50 years, respectively. This progressive increase underscores the importance of designing groynes capable of handling elevated flows, ensuring their effectiveness in erosion protection and water resource management within the basin.

The research concludes that the use of the Geomorphological Unit Hydrograph is an effective tool for estimating flows in the Huallaga River basin, providing crucial data for the design of infrastructure that mitigates the impacts of floods.

Keywords: maximum flows, basin, unit hydrograph, breakwater, return period.

INTRODUCCION

La cuenca del río Huallaga, ubicada en la región de Huánuco, es una de las más importantes del Perú debido a su gran extensión y a la cantidad de recursos hídricos que alberga. Sin embargo, esta cuenca es también vulnerable a eventos hidrometeorológicos extremos, como lluvias intensas que pueden generar caudales máximos peligrosos. Estos eventos representan un desafío para la gestión de riesgos, especialmente en lo que respecta al diseño de infraestructuras hidráulicas que mitiguen los efectos negativos de las crecidas, como los espigones.

El hidrograma unitario es una herramienta clave en la hidrología, ya que permite transformar la precipitación en escorrentía directa, facilitando así la estimación de caudales en cuencas fluviales. Sin embargo, para su aplicación efectiva, es necesario considerar las características geomorfológicas específicas de la cuenca en estudio. En este sentido, el Hidrograma Unitario Geomorfológico (HUG) se presenta como una metodología avanzada que integra las propiedades físicas del terreno, proporcionando estimaciones más precisas y adaptadas a la realidad de la cuenca.

Este estudio se centra en la aplicación del Hidrograma Unitario Geomorfológico en la cuenca del río Huallaga, con el objetivo de estimar los caudales máximos y diseñar estructuras hidráulicas eficientes, como los espigones, que ayuden a controlar la erosión y proteger las riberas. Para ello, se analizarán los datos de precipitación máxima registrados en estaciones cercanas, se diseñará un hidrograma unitario adaptado a la cuenca, y se crearán hidrogramas de escorrentía directa para diferentes periodos de retorno.

La relevancia de este estudio radica en la necesidad de mejorar las prácticas de gestión de recursos hídricos y de protección contra desastres en la cuenca del río Huallaga, aportando soluciones basadas en metodologías científicas rigurosas y adaptadas a las condiciones locales.

CAPÍTULO I
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En el país se tiene proyectos que se están desarrollando con el fin de reducir el impacto de inundaciones, como construcción de puentes, infraestructuras hidráulicas y otras medidas necesarias. Por lo mismo es necesario hallar la cantidad de agua que se tiene el río mediante los eventos extremos pocos probables y futuras. En este aspecto es importante realizar estudios.

En el presente la medición de caudales se lleva a cabo de varias maneras, una de ellas es mediante estaciones hidrológicas operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Estas estaciones están equipadas con instrumentación avanzada que permite la medición directa del caudal en puntos estratégicos a lo largo del curso del río. Luego, mediante un análisis probabilístico, se estiman los caudales máximos. Sin embargo, establecer y mantener estas estaciones implica costos significativos, lo que limita su cantidad en las cuencas en el Perú. Por lo tanto, en la cuenca del río Huallaga en Huánuco, solo hay tres estaciones operativas: San Rafael, Huánuco y Tingo María.

Con el empleo de esas tres estaciones, existe la posibilidad de adoptar un enfoque diferente para calcular el caudal utilizando modelos matemáticos como los hidrogramas unitarios. Este método requiere datos de entrada, como la precipitación máxima registrada en las estaciones mencionadas previamente y administradas por el SENAMHI, las cuales están disponibles de manera gratuita. Sin embargo, es importante tener en consideración que, debido a posibles lagunas en la actualización de datos mensuales, podría ser necesario ponderarlas adecuadamente para compensar la falta de información.

La falta de datos actualizados puede resultar en una disminución de la confiabilidad en los cálculos de caudales, lo cual subraya la necesidad de emplear métodos de transformación de precipitación en escorrentía, como los

hidrogramas unitarios sintéticos. Entre estos métodos, el más comúnmente utilizado es el propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos. Además, otro desafío importante radica en la falta de calibración adecuada de las cuencas, ya que no se cuenta con registros continuos y observados de caudales provenientes de estaciones hidrometeorológicas. Esto resulta en una respuesta inexacta sobre el comportamiento correcto del hidrograma.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Como se modifica la relación entre la escorrentía y precipitación en la cuenca del rio Huallaga mediante el uso de la aplicación del hidrograma unitario?

1.2.2 PROBLEMA ESPECIFICO

- ¿Cómo se lleva a cabo el análisis de los datos recopilados de la precipitación máxima de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024?
- ¿Al aplicar el hidrograma unitario geomorfológico en la estimación de la escorrentía y precipitación de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024?
- ¿Cuál es el proceso para crear hidrogramas de escorrentía directa para la cuenca del río Huallaga Huánuco 2024?
- ¿Cómo influye la relación de escorrentía y precipitación mediante el uso del hidrograma unitario geomorfológico en el diseño hidráulico y estructural de espigones en la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024?

1.3 OBJETIVO GENERAL

- Modifica la relación de la escorrentía y precipitación en la cuenca del rio Huallaga mediante el uso de la aplicación del hidrograma unitario.

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar de los datos recopilados de la precipitación máxima de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024.

- Diseñar el hidrograma unitario geomorfológico en la estimación de la escorrentía y precipitación de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024.
- Crear hidrogramas de escorrentía directa para la cuenca del río Huallaga Huánuco 2024.
- Determinar la relación de escorrentía y precipitación mediante el uso del hidrograma unitario geomorfológico en el diseño hidráulico y estructural de espigones en la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

En la región de Huánuco, en la cuenca del río Huallaga, donde la disponibilidad de información es limitada, resulta crucial aplicar el método del hidrograma unitario instantáneo geomorfológico. Este método se considera viable y único en su enfoque, ya que utiliza parámetros que son más accesibles para su obtención. Además, ofrece un grado de confiabilidad considerablemente mayor en comparación con otros métodos existentes, los cuales se basan en cálculos y suposiciones. Este enfoque no solo facilita una estimación precisa del caudal, sino que también contribuye a un diseño óptimo en caso de que esta investigación se utilice para planificar diversas obras hidráulicas o modelados que involucren el estudio de la cuenca del río Huallaga.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La cuenca del río Huallaga es una importante fuente de recursos hídricos en Perú y sustenta una variedad de actividades económicas, sociales y ambientales en la región. Por lo tanto, comprender cómo la relación entre la escorrentía y la precipitación está cambiando en esta cuenca es fundamental para la gestión sostenible de sus recursos hídricos. El hidrograma unitario geomorfológico es una herramienta importante en la modelización hidrológica para estimar la respuesta de una cuenca a una precipitación dada. Investigar su aplicabilidad y precisión en la cuenca del río Huallaga puede contribuir a validar y

mejorar este método, lo que beneficiaría a otros estudios hidrológicos en diferentes regiones.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

En la parte metodológica se abren nuevas áreas de investigación, como el empleo de software de sistemas de información geográfica como una herramienta fundamental para el estudio y análisis de cuencas hidrológicas. Además, se utilizan algoritmos y programación básica para simplificar los cálculos de los geomorfológicos necesarios para determinar los parámetros del hidrograma. También se explora el uso de este hidrograma unitario como un método para convertir la precipitación en escorrentía en cuencas cercanas al río Huallaga o en cuencas con características geomorfológicas similares.

1.6 LIMITES DE LA INVESTIGACIÓN

Una limitación de la investigación sobre la modificación de la relación entre escorrentía y precipitación en la cuenca del río Huallaga mediante el uso del hidrograma unitario geomorfológico podría ser la disponibilidad limitada de datos hidrológicos precisos y completos. Esto incluiría la falta de registros históricos detallados sobre caudales y precipitaciones en la cuenca, lo que podría afectar la capacidad de calibrar y validar el modelo hidrológico. Además, la complejidad de los procesos hidrológicos en la cuenca, como la variabilidad espacial y temporal de la precipitación, la influencia de factores geológicos y la vegetación, podría dificultar la precisión del modelo y la interpretación de los resultados. Otra limitación podría ser la necesidad de realizar suposiciones simplificadas o utilizar datos aproximados en ausencia de información detallada, lo que podría afectar la precisión de las conclusiones obtenidas.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 VIABILIDAD OPERATIVA

Se necesitaría acceso a datos históricos de precipitación y escorrentía en la cuenca del río Huallaga para poder analizar la relación existente entre ambos. También se requeriría acceso físico a la cuenca

del río Huallaga para llevar a cabo mediciones en el terreno y recopilar datos relevantes para el estudio.

Sería necesario contar con el equipo técnico y humano adecuado para realizar mediciones, análisis y modelado hidrológico necesario para llevar a cabo la investigación de manera efectiva.

Se requeriría financiamiento adecuado para cubrir los costos asociados con el equipo, el transporte, la adquisición de datos, el análisis y cualquier otro aspecto relacionado con la investigación.

1.7.2 VIABILIDAD TÉCNICA

Es fundamental contar con datos confiables y completos de precipitación y caudal en la cuenca del río Huallaga. Estos datos deben estar disponibles en intervalos de tiempo adecuados y abarcar un período suficientemente largo para permitir un análisis significativo.

La investigación requiere acceso a herramientas y recursos adecuados, como software de modelado hidrológico y sistemas de información geográfica (SIG), para llevar a cabo el análisis y la modificación de la relación entre escorrentía y precipitación.

Se necesitan conocimientos especializados en hidrología, geomorfología y modelado hidrológico para comprender y aplicar correctamente el hidrograma unitario geomorfológico en la cuenca del río Huallaga.

1.7.3 VIABILIDAD ECONÓMICA

Se deben evaluar los costos as ociados con la recolección de datos, el análisis hidrológico, la implementación del método del hidrograma unitario geomorfológico y la interpretación de los resultados.

Es importante identificar los posibles beneficios que puede traer la investigación, como una mejor comprensión del comportamiento hidrológico de la cuenca del río Huallaga, la capacidad de predecir y mitigar eventos extremos como inundaciones, y la capacidad de diseñar obras hidráulicas más eficientes y resilientes.

La investigación debe tener una utilidad clara y directa para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión de recursos hídricos, planificación urbana, infraestructura hidráulica, entre otros.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

García (2020) en su estudio denominado, “Escorrentía Urbana con un sistema de recogida y drenaje”, para obtener del título de Ingeniero Civil, que le fue otorgada por la universidad Politécnica de Madrid. Tuvo como objetivo principal la recolección de la información que se tiene sobre el estrés hídrico de manera nacional.

Para el proceso de desarrollo de este trabajo se basó en la recolección de las inundaciones ocasionadas por las lluvias torrenciales que se dieron en el verano de 2019 y que provoco destrozos materiales por ello se centró en la prevención de la misma y estimación para la búsqueda de próximas soluciones. Este estudio se realizó con un caudal de pluviometría con un periodo de tiempo de 100 a 200 años y con una duración de intensidad de 25 minutos para la estimación correcta de la misma. Para la construcción de diseño que propone García se tuvo que separar en tres partes dividiéndolo en calidad, cantidad y servicios del agua; en la parte de la calidad del agua se evaluó la escorrentía superficial para evitar el riesgo que se pueda dar por inundación y así proteger los sistemas urbanos hidrológicos que se puedan tener, obteniendo las siguientes conclusiones: Tras completar esta labor, observo con mayor claridad la urgencia de promover el desarrollo sostenible en nuestras ciudades y fomentar una conciencia colectiva sobre la importancia de preservar nuestros recursos naturales. Es innegable que existe un creciente interés en adoptar una gestión integral del ciclo del agua con miras a garantizar la sostenibilidad de este recurso tan preciado. Este impulso está generando una gradual adopción de sistemas urbanos de drenaje sostenible, así como un diseño urbano más receptivo al agua y la revitalización de áreas residenciales ya establecidas.

Para Dueñas (2021), en su investigación titulada “Análisis Espacio – Temporal De La Precipitación En La Ciudad De Bogotá Para La Gestión Del Riesgo De Inundación Por Encharcamiento. Caso De Estudio: Upz Chicó Lago”, para el Título de grado en ingeniería civil, en la universidad católica de Colombia. Tuvo como objetivo general Determinar la conexión entre los episodios de precipitación y la aparición de inundaciones en la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) Chicó Lago en la ciudad de Bogotá, en el contexto de diferentes escenarios de variabilidad climática. La finalidad de este estudio fue que, en los últimos años, Bogotá ha enfrentado inundaciones significativas debido a la alta intensidad y frecuencia de las precipitaciones. Se destacan eventos notables a nivel nacional, como los asociados al fenómeno de La Niña durante el periodo 2010-2011, así como los ocurridos más recientemente en 2018-2019 y hasta la fecha en 2020, que han afectado todo el distrito capital. Específicamente, las localidades de Usaquén, Chapinero y Teusaquillo han experimentado una cantidad considerable de eventos de inundación en la última década, y presentan puntos críticos que generan impactos significativos en la ciudad, según el informe del IDIGER de 2020. Esta situación alarmante subraya la urgencia de implementar mejoras estructurales en los sistemas de alcantarillado y de responder de manera más oportuna ante la ocurrencia de estos eventos. Y se obtuvo las siguientes conclusiones: Se registraron un total de 945 eventos de precipitación durante el período de estudio (2016-2020), destacándose el año 2017 por tener la mayor cantidad de eventos y el año 2018 por tener la menor cantidad. Esta variación entre años consecutivos podría atribuirse a las mejoras o programas de mantenimiento implementados en el sistema de drenaje de la ciudad luego de los eventos ocurridos en 2017. Asimismo, se detectaron 39 eventos de inundación durante el mismo período, los cuales se relacionaron principalmente con las precipitaciones, siendo más frecuentes en los meses de mayo y noviembre, coincidiendo con el régimen bimodal de lluvias en las estaciones de interés. A pesar de disponer de un conjunto significativo de datos (945), se sugiere llevar a

cabo una evaluación con un mayor número de registros para establecer tendencias en otras características de la precipitación que puedan estar asociadas con los eventos de inundación.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Salazar (2023), en su estudio, “Aplicación del software Hec-Ras en la transformación lluvia – escorrentía para delimitar la inundación de la quebrada San Carlos”, para optar el título de la profesión en ingeniería civil en la universidad privada Antenor Orrego. Esta investigación tuvo como finalidad el uso de un software en este caso del Hec-Ras para la transformación de la precipitación a escorrentía y con ella identificar la escorrentía superficial con los respectivos hidrogramas necesarios para el modelamiento del mismo, mediante este programa se puede visualizar a detalle y más preciso los resultados que serán usados como fuente de los recursos hídricos e identificación de riesgos. Utilizar del programa Hec-Ras para realizar la conversión de precipitación a escorrentía, con el fin de delimitar el área de inundación de la quebrada San Carlos. El objetivo es comprender su comportamiento hidráulico y identificar áreas de riesgo.

Se obtuvo las siguientes conclusiones: La cuenca de la quebrada San Carlos abarca un área de drenaje de 40.5 km2. El coeficiente de compacidad de la cuenca supera 1.5, lo que confirma su forma alargada y sugiere una menor susceptibilidad a las inundaciones, ya que se espera que el tiempo de concentración sea prolongado debido a esta forma. La elevación media de la cuenca es de 775 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una altitud máxima de 2178 msnm y mínima de 191 msnm. La pendiente media del cauce principal de la cuenca es de 0.46 metros por metro (m/m). Al crear el modelo sintético de tormenta utilizando el método del Soil Conservation Service y basándose en la precipitación diaria máxima registrada por la Estación Trujillo, se obtuvo una intensidad máxima de lluvia de 2.26 mm/hr. Este método implica distribuir la precipitación de manera uniforme, con el punto medio de la duración de la tormenta como el punto de mayor concentración.

Para Cabrera & Suarez (2022) en su estudio, “Análisis de la influencia de cobertura vegetal en el caudal de escorrentía en una cuenca mediante los modelos HEC – HMS y SWAT” para optar el título Ingeniería Ambiental de la universidad Cesar Vallejo. Los cambios en la cobertura vegetal tienen repercusiones en los procesos hidrológicos, lo que se evidencia en las relaciones entre la precipitación, la infiltración y la escorrentía. Este estudio se llevó a cabo con el fin de examinar los efectos de la pérdida de cobertura vegetal en la variación del caudal de escorrentía en una cuenca. La investigación adoptó un enfoque cualitativo, con un nivel descriptivo y un diseño no experimental. Para recopilar la información, se consultaron bases de datos como Web of Science, Dialnet, Scielo y Scopus, en el período comprendido entre 2018 y 2021. Los hallazgos obtenidos a partir de la revisión de la literatura indican que tanto factores antropogénicos como naturales influyen en la composición y estructura de la cobertura vegetal. Asimismo, se observó una relación directa entre la cobertura vegetal, la infiltración y la escorrentía. Por último, se destacó que para la modelación de la precipitación en escorrentía se emplean principalmente dos tipos de modelos hidrológicos: el SWAT y el HEC HMS, cuyo uso se centra en la simulación de la escorrentía provocada por la lluvia.

Las conclusiones fueron: De acuerdo con la revisión sistemática, los efectos de la pérdida de cobertura vegetal en la variación del caudal de escorrentía de una cuenca están condicionados por el tipo de vegetación y la magnitud del área deforestada o degradada. Según los estudios analizados, se observa que el impacto de la pérdida de cobertura vegetal guarda una relación inversamente proporcional con el caudal de escorrentía, es decir, a medida que se pierde más cobertura vegetal, aumentan los picos de caudal de escorrentía en la parte baja de la cuenca. (Cabrera & Suarez, 2022, pág. 43)

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Según Ramos (2021), en su estudio, “Diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la avenida 28 de agosto del distrito de Amarilis,

Huánuco - 2019”, para optar el título de la profesión en ingeniería civil de la universidad de Huánuco. Esta Tesis tiene como objetivo desarrollar el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano, incorporando sedimentadores en la Avenida 28 de agosto del distrito de Amarilis, en la ciudad de Huánuco. Según la metodología empleada, el estudio adoptó un enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo-explicativo, con un diseño no experimental de tipo transversal y descriptivo. La muestra seleccionada fue no probabilística y se escogió por conveniencia, centrándose en la Avenida 28 de agosto y los tramos adyacentes a esta vía.

Para determinar el diseño propuesto, se llevó a cabo una inspección detallada del comportamiento de la lluvia y la escorrentía, así como una evaluación del estado actual del sistema de drenaje mediante observaciones en el terreno. Se realizaron también trabajos específicos como levantamientos topográficos, estudios hidrológicos, de suelos e hidráulicos, con el fin de establecer los parámetros necesarios para el diseño, siguiendo las pautas establecidas en la normativa OS.060 (Drenaje Pluvial Urbano) del Reglamento Nacional de Edificaciones y otras estimaciones pertinentes. Los resultados propuestos incluyeron tuberías de PVC con diámetros nominales de 500 mm, 600 mm y 700 mm, sumideros con profundidades de hasta 2.00 m, buzones de registro con profundidades de hasta 1.90 m, sedimentadores con profundidades de hasta 3.45 m (incluyendo las alturas de relleno) y estructuras de vertido con diámetros de salida de hasta 700 mm, estas últimas con un caudal de descarga de hasta 4,274 m3 para un periodo de retorno de 10 años.

Este antecedente nos sirvió como bases teóricas y la estimación de lluvias que se empleó para la creación del sistema de drenaje.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 MODELOS DE HIDROLOGÍA DE CUENCA

Los modelos de cuenca se pueden clasificar en dos categorías principales: materiales y formales. Un modelo material consiste en una

representación física del prototipo, que es más sencilla en estructura pero que posee propiedades que imitan las del prototipo. Ejemplos de modelos de cuenca materiales incluyen simuladores de lluvia y cuencas experimentales. (Breña, 2006)

De forma matemática

Un modelo matemático de cuenca se compone de diversos elementos, cada uno de los cuales describe ciertas fases del ciclo hidrológico. Dichos modelos pueden clasificarse en tres tipos: teóricos, conceptuales o empíricos. Los modelos teóricos y empíricos representan extremos opuestos, mientras que los modelos conceptuales se sitúan entre ellos. Además, un modelo matemático puede ser determinista o probabilista, lineal o no lineal, constante en el tiempo o variable en el tiempo, global o distribuido, continuo o discreto, analítico o numérico, y guiado por eventos o procesos continuos. (Sanchez, 1974).

En la práctica del modelado de cuencas, se suelen reconocer comúnmente cuatro tipos generales de modelos matemáticos: deterministas, probabilísticos, conceptuales y paramétricos. Los modelos deterministas se formulan utilizando principios de la física y/o procesos químicos descritos mediante ecuaciones diferenciales. (Sanchez, 1974).

En la práctica del modelado de cuencas, se suelen reconocer comúnmente cuatro tipos generales de modelos matemáticos: deterministas, probabilísticos, conceptuales y paramétricos. Los modelos deterministas se formulan utilizando principios de la física y/o procesos químicos descritos mediante ecuaciones diferenciales.

Un modelo determinístico se elabora en función de un conjunto de variables y parámetros, así como de las ecuaciones que los relacionan. Este tipo de modelo implica una relación de causa y efecto entre los valores de los parámetros seleccionados y los resultados obtenidos al aplicar las ecuaciones. En teoría, un modelo determinístico debería ofrecer el mayor nivel de detalle en la simulación de los procesos físicos o químicos. Sin embargo, en la práctica, la aplicación de modelos

determinísticos a menudo se ve limitada por la incapacidad del modelo o del modelador para capturar la variabilidad temporal y espacial del fenómeno natural en incrementos lo suficientemente pequeños.

2.2.2 ELEMENTOS DE UN MODELO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

El modelado de una cuenca hidrológica implica la consideración de ciertos elementos esenciales, los cuales son: la precipitación, la abstracción hidrológica (las pérdidas de precipitación) y el escurrimiento. Generalmente, la precipitación se utiliza como dato de entrada para el modelo, las abstracciones hidrológicas se determinan en función de las características de la cuenca, y el escurrimiento representa la salida del modelo.

Precipitación

La precipitación se refiere a cualquier forma de agua, líquida o sólida, que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Esto puede incluir lluvia, nieve, granizo, llovizna, entre otras formas de agua que se condensan en la atmósfera y luego se precipitan hacia la Tierra. Es un componente fundamental del ciclo hidrológico y juega un papel crucial en el suministro de agua para la vida en la Tierra, así como en la configuración del clima y el medio ambiente.

Intensidad

La intensidad de la lluvia se refiere a la cantidad de precipitación que cae en un área específica durante un período determinado, generalmente medida en milímetros por hora o en pulgadas por hora. Es una medida importante para comprender la magnitud y la velocidad de la lluvia en un lugar dado, lo que puede tener implicaciones significativas en términos de riesgos de inundación, erosión del suelo y otros impactos hidrológicos.

Las tormentas de alta intensidad suelen ser breves y abarcar áreas relativamente pequeñas. En contraste, las tormentas de baja intensidad tienden a ser prolongadas y cubrir áreas extensas. La magnitud del

escurrimiento producido puede ser comparable para ambos tipos de tormentas, dependiendo del tamaño de la cuenca, las condiciones de humedad previas y la extensión de la tormenta. Por lo tanto, una descripción de la lluvia basada únicamente en la intensidad constante está limitada a cuencas pequeñas.

Figura 1
Intensidad

Nota. Se muestra los tipos de intensidad de precipitaciones de lluvia (Andes, 2022)

Duración

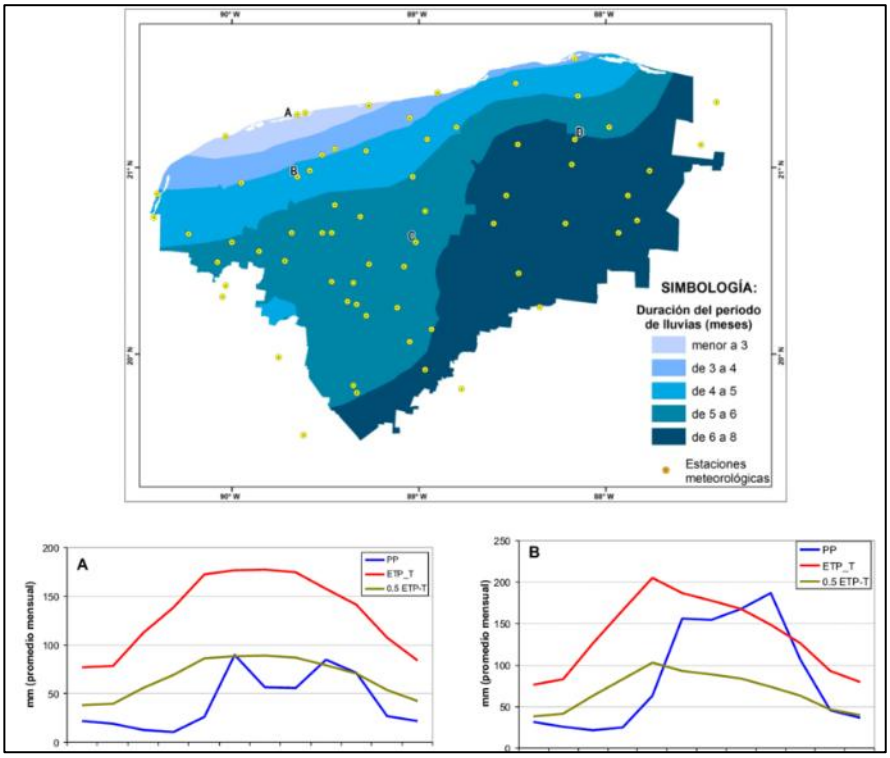
La duración de la lluvia se refiere al período de tiempo durante el cual la precipitación cae de manera continua o intermitente en un lugar determinado. Es una medida que indica cuánto tiempo dura el evento de lluvia desde el inicio hasta el final, y se expresa comúnmente en minutos u horas. La duración de la lluvia puede variar desde unos pocos minutos hasta varias horas o incluso días, dependiendo de la intensidad y la naturaleza del sistema meteorológico que la provoque. (Becerra, 1999)

En cuencas de tamaño mediano, la reacción depende de la cantidad total de lluvia recibida y de cómo se distribuye en el tiempo. En tales casos, la respuesta de la cuenca suele ser de tipo sub concentrado, lo que implica tormentas de corta duración en comparación con el tiempo de concentración.

La duración de la tormenta de diseño, que se determina mediante ensayo y error, es aquella que genera el caudal pico más elevado para una cantidad de lluvia específica y una distribución temporal dada.

Puesto que los caudales máximos están directamente vinculados a la intensidad de la lluvia, y esta última disminuye a medida que aumenta la duración de la tormenta, podemos inferir que una tormenta prolongada no siempre resulta en un caudal máximo mayor. En el caso de cuencas extensas, la distribución espacial de la tormenta adquiere relevancia, aunque la duración del evento de lluvia sigue siendo un factor determinante. Esto se debe a que las tormentas prolongadas a menudo se pueden percibir como compuestas por dos segmentos (lo que se denomina una tormenta dual). La primera parte suele generar un escurrimiento mínimo, mientras que su volumen contribuye a aumentar el contenido total de humedad en la cuenca. (Aliaga, 1983)

Figura 2
Duración



Nota. Se muestra el grafico de duración de lluvia (Aguilar, 2022)

Cantidad de precipitación

Para cuencas pequeñas, considerar la cantidad de precipitación implica suponer una intensidad de lluvia constante durante un período determinado. En el análisis de cuencas de tamaño medio, la cantidad de precipitación se vuelve relevante, ya que se combina con una

distribución adimensional de tormenta seleccionada para crear un hietograma. El Servicio Meteorológico Nacional ha desarrollado mapas isopluviales que muestran datos de frecuencia, duración y cantidad de precipitación en los Estados Unidos. (Campos, 1998)

Frecuencia de Lluvia

La frecuencia de lluvia se refiere a la probabilidad estadística de que ocurra una determinada cantidad de precipitación durante un período específico de tiempo en una ubicación particular. Por lo general, se expresa como el número promedio de veces que se espera que ocurra una lluvia de cierta intensidad o cantidad en un intervalo de tiempo dado, por ejemplo, anualmente, mensualmente o incluso en intervalos más cortos. Esta medida es fundamental en la hidrología y la gestión del agua, ya que proporciona información sobre la ocurrencia y la magnitud de los eventos de lluvia, lo que ayuda en la planificación y el diseño de infraestructuras hidrológicas y en la evaluación de riesgos de inundaciones.

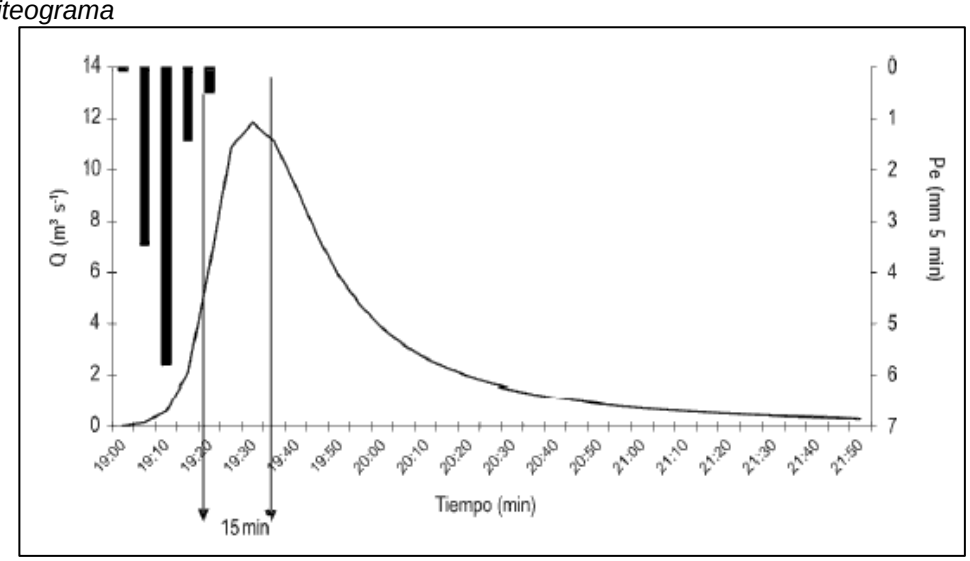
Distribución Temporal

La forma en que se distribuye temporalmente una tormenta desempeña un papel crucial en cómo las cuencas de tamaño medio responden hidrológicamente. Para una cantidad específica de precipitación y una duración determinada, la selección de una distribución temporal adimensional de la lluvia es fundamental para elaborar el hietograma de una tormenta de diseño.

En la práctica, es fundamental realizar una selección cuidadosa de la distribución temporal (o, de manera alternativa, una tormenta de diseño) para calcular de forma precisa los picos de flujo utilizando técnicas de modelado de cuencas. La distribución temporal de diseño puede ser desarrollada a nivel local o regional. Estas distribuciones temporales de lluvia adimensionales se presentan en un gráfico donde el eje horizontal representa el porcentaje de la duración de la lluvia, mientras que el eje vertical representa el porcentaje de la cantidad total de lluvia. Además, es posible fijar la duración a valores predefinidos y

expresar únicamente las cantidades de lluvia como porcentaje de la precipitación total. (Campos, 1998)

Figura 3
Hiteograma



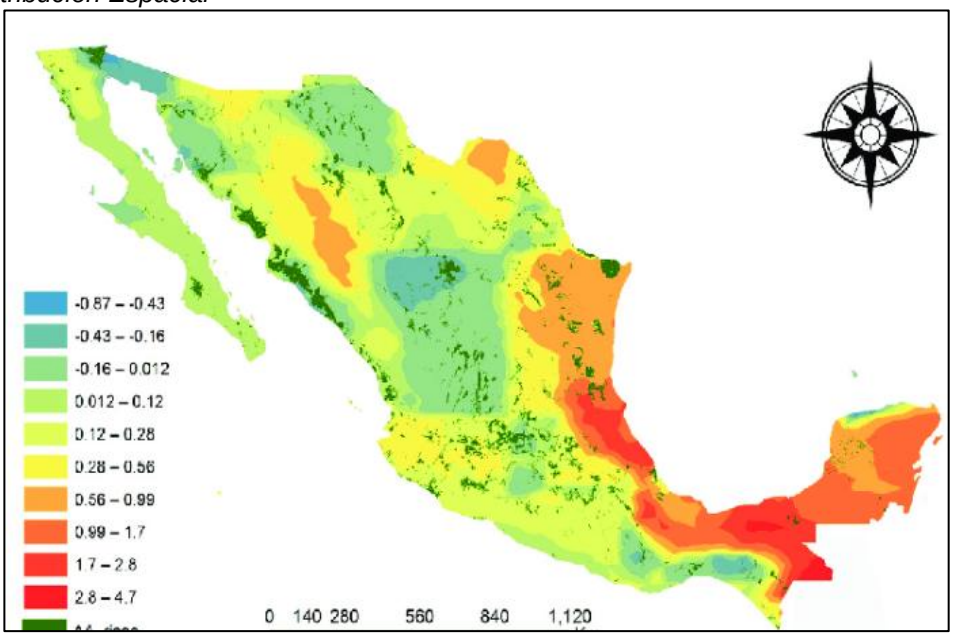
Nota. Se muestra un gráfico de hidrograma (Scielo, 2014)

2.2.3 DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIÓN DE UN ÁREA

La distribución espacial se refiere a la manera en que la precipitación, o cualquier otro fenómeno, se distribuye o se extiende sobre un área geográfica determinada. Esta distribución puede variar en términos de intensidad y cobertura dentro de la región considerada.

Las tormentas que abarcan amplias áreas suelen presentar una configuración elíptica, con una región de alta intensidad de lluvia en el centro de la elipse, rodeada por áreas donde la intensidad y la cantidad de precipitación disminuyen gradualmente.

Figura 4
Distribución Espacial



Nota. Se muestra la distribución espacial en colores y dependiendo del tamaño (Rodrigues, 2017)

En algunas ocasiones, puede ser pertinente tomar en cuenta tanto las tormentas locales como las generales. En cuencas extensas, las tormentas locales se refieren a eventos de alta intensidad, como las tormentas eléctricas, que afectan únicamente una parte específica del área de la cuenca.

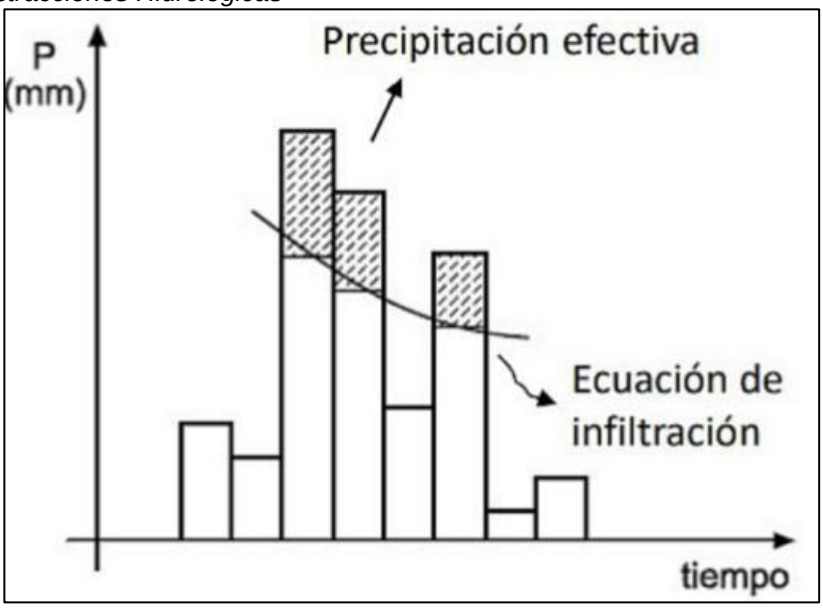
En contraste, las tormentas generales abarcan toda el área de la cuenca con lluvias de duración prolongada, pero de baja intensidad. En cuencas extensas, tanto las tormentas locales como las generales pueden dar lugar a un escurrimiento e inundaciones de magnitud similar.

2.2.4 PERDIDAS HIDROLOGICAS

Se refiere a las pérdidas de agua que ocurren dentro de una cuenca antes de que el agua se convierta en escurrimiento superficial. Estas pérdidas incluyen procesos como la evaporación, la infiltración en el suelo y la retención por parte de la vegetación. Las abstracciones hidrológicas reducen la cantidad total de agua disponible para el escurrimiento superficial y pueden variar según las características específicas de la cuenca y las condiciones ambientales.

Los propósitos del modelado establecen un alcance considerable en el cual las pérdidas de agua son cruciales para una aplicación precisa. En el caso de los modelos de eventos, se pone especial atención en la infiltración.

Figura 5
Abstracciones Hidrológicas



Nota. Se muestra un gráfico de la precipitación donde tiene una abstracción (CIDHMA, 2024)

Los modelos de proceso continuo se distinguen de los modelos de eventos individuales en su capacidad para simular flujos diarios, ya sea con o sin precipitación. En consecuencia, se centran en la evapotranspiración y se esfuerzan por ofrecer un seguimiento detallado del contenido de humedad de la cuenca en todo momento.

2.2.5 INFILTRACIÓN

La infiltración del agua en el suelo es un proceso fundamental en el ciclo hidrológico y juega un papel crucial en la recarga de los acuíferos, la disponibilidad de agua para las plantas y la mitigación de la escorrentía superficial. Este ensayo tiene como objetivo explorar en detalle el proceso de infiltración del agua en los suelos, examinando sus factores influyentes, métodos de medición y su importancia en diferentes contextos hidrológicos. (Escenarios Hidricos , 2021)

Factores que Influyen en la Infiltración:

La capacidad de infiltración del suelo está influenciada por una variedad de factores, que incluyen la textura del suelo, la estructura del suelo, la presencia de materia orgánica, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal y las condiciones climáticas. Los suelos con texturas más finas, como arcillas y limos, tienden a tener una menor capacidad de infiltración debido a su menor porosidad y mayor compactación, mientras que los suelos arenosos tienen una capacidad de infiltración más alta debido a su mayor porosidad y permeabilidad.

Métodos de Medición de la Infiltración:

Existen varios métodos para medir la tasa de infiltración del agua en el suelo. Entre los más comunes se encuentran el método del infiltrómetro de anillo, el método de doble anillo, el método del disco de tensión y el método de la tasa de avance del frente húmedo. Cada método tiene sus propias ventajas y limitaciones, y la elección del método adecuado depende del tipo de suelo, las condiciones del sitio y los objetivos de la medición.

Importancia de la Infiltración en la Hidrología:

La infiltración del agua en el suelo es crucial para la recarga de los acuíferos subterráneos, que son fuentes importantes de agua potable y recursos hídricos para la agricultura y otros usos. Además, la infiltración ayuda a reducir la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones al permitir que el agua se filtre lentamente en el suelo en lugar de acumularse en la superficie. La capacidad de infiltración del suelo también afecta la disponibilidad de agua para las plantas y puede influir en la productividad agrícola.

2.2.6 ALMACENAMIENTO DE SUPERFICIE

El almacenamiento en la superficie es un componente crucial del ciclo hidrológico que comprende la retención temporal de agua en diferentes formas en la superficie terrestre. Este ensayo tiene como objetivo examinar en detalle el concepto de almacenamiento en la superficie, sus tipos, factores influyentes y su importancia en el contexto hidrológico. (Lopez, 2010)

Tipos de Almacenamiento en la Superficie:

El almacenamiento en la superficie puede manifestarse de diversas formas, que incluyen cuerpos de agua naturales como lagos, embalses y estanques, así como depósitos artificiales creados por la actividad humana, como tanques de retención y piscinas de almacenamiento. Además, el almacenamiento en la superficie también puede referirse a la acumulación temporal de agua en suelos saturados, charcos, nieve y hielo.

Factores Influyentes en el Almacenamiento en la Superficie:

Varios factores afectan la cantidad y la distribución del almacenamiento en la superficie. Estos incluyen la topografía del terreno, la vegetación, la cobertura del suelo, la intensidad y la duración de la precipitación, la capacidad de infiltración del suelo y la presencia de estructuras de ingeniería hidráulica. La interacción de estos factores determina la cantidad de agua que se retiene en la superficie y su posterior destino en el ciclo hidrológico.

2.2.7 EVAPORACIÓN

La evaporación es un proceso fundamental en el ciclo del agua que implica la transformación del agua líquida en vapor de agua en la atmósfera. Este ensayo se propone examinar en detalle el fenómeno de la evaporación, sus mecanismos, factores que lo influencian y su importancia en el equilibrio hídrico global. (Rogers, 2012)

Mecanismos de Evaporación:

La evaporación ocurre cuando las moléculas de agua en la superficie de cuerpos de agua, suelos húmedos o vegetación adquieren suficiente energía cinética para romper las fuerzas de atracción intermoleculares y escapar hacia la atmósfera en forma de vapor. Este proceso puede ocurrir de manera directa, desde la superficie del agua, o de manera indirecta, a través de la transpiración de las plantas (evapotranspiración).

Factores que Influyen en la Evaporación:

Varios factores influyen en la tasa de evaporación, incluyendo la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento, la radiación solar, la presión atmosférica y la superficie de evaporación disponible. La temperatura del aire es uno de los principales impulsores de la evaporación, debido a las temperaturas más altas, las moléculas de agua tienen mayor energía cinética y pueden evaporarse más fácilmente.

La evaporación desempeña un papel crucial en el ciclo del agua y en la distribución global de la humedad atmosférica. Contribuye a la formación de nubes y precipitación al transportar vapor de agua desde las superficies terrestres hacia la atmósfera, y regula la temperatura de la superficie terrestre al absorber energía solar durante el proceso. Además, la evaporación también tiene un impacto significativo en la agricultura, la meteorología, la hidrología y el clima.

2.2.8 ESCURRIMIENTO

La evaporación es un proceso fundamental en el ciclo del agua que implica la conversión del agua líquida en vapor de agua a través de la absorción de energía térmica. Este ensayo se adentrará en la naturaleza de la evaporación, sus mecanismos, factores que la influencian y su importancia en el ciclo hidrológico y en la vida en la Tierra.

Mecanismos de Evaporación:

La evaporación ocurre cuando las moléculas de agua en la superficie se vuelven lo suficientemente energéticas como para escapar del estado líquido y pasar al estado gaseoso. Este proceso se ve facilitado por factores como la temperatura del aire, la velocidad del viento, la humedad relativa, la presión atmosférica y la superficie de evaporación disponible, como cuerpos de agua, suelos húmedos, vegetación y superficies impermeables.

La evaporación está estrechamente influenciada por la temperatura ambiente, ya que, a temperaturas más altas, las moléculas de agua ganan más energía cinética y tienden a evaporarse más rápidamente. La velocidad del viento también afecta la evaporación al transportar el

vapor de agua lejos de la superficie de evaporación, lo que facilita un gradiente de concentración de vapor de agua. Además, la humedad relativa del aire y la presión atmosférica afectan la capacidad del aire para contener vapor de agua, lo que influye en la velocidad de evaporación.

La evaporación desempeña un papel crucial en el ciclo hidrológico al transferir el agua de los cuerpos de agua líquida a la atmósfera, donde eventualmente se condensará y precipitará como lluvia o nieve. Este proceso es vital para mantener el equilibrio hídrico en la Tierra y para la distribución de agua dulce en diferentes regiones del mundo. Además, la evaporación regula la temperatura de la superficie terrestre al absorber energía solar, lo que ayuda a moderar el clima global y a mantener condiciones climáticas favorables para la vida en la Tierra.

2.2.9 HIDROGRAMA UNITARIO

La aproximación del hidrograma unitario puede ser vista como un esfuerzo por resolver ciertas interrogantes relevantes en hidrología, eludiendo la complejidad asociada a la geometría y los procesos físicos implicados en la conversión de la lluvia en escorrentía.

En consecuencia, esta aproximación de alguna manera pasa por alto los detalles físicos del proceso, los cuales se describen en términos conceptuales y, por lo tanto, posee limitaciones significativas. Sin embargo, sigue siendo una herramienta útil en el análisis hidrológico, y ha sido ampliamente utilizada en hidrología aplicada debido principalmente a su formulación clara, simple, intuitiva y manejable desde el punto de vista matemático. Es particularmente relevante en la síntesis e identificación de sistemas hidrológicos, así como en la predicción de caudales.

El hidrograma unitario se puede entender como la descripción de cómo varían los caudales con el tiempo en el punto de salida de una cuenca, como resultado de una precipitación teórica de volumen unitario sobre esa misma cuenca.

La construcción del hidrograma unitario implica varios pasos:

- Se elige un evento de precipitación de corta duración y alta intensidad, típicamente de una hora de duración, que sea representativo de las condiciones locales y del tipo de eventos que se desean estudiar.
- Se recopilan datos hidrológicos y meteorológicos relevantes, como registros de precipitación, caudales observados y características de la cuenca, como área, forma, pendiente y uso del suelo.

2.2.10 HIDROGRAMA UNITARIO GEOMORFOLÓGICO

El análisis numérico de las redes de drenaje ha experimentado avances significativos desde la década de 1960, especialmente después de la publicación en 1966 del influyente trabajo de Shreve. Este trabajo clásico proporcionó un marco teórico que fundamentó las leyes empíricas establecidas por Horton y abrió nuevas perspectivas para abordar diversos problemas en la geomorfología fluvial. A pesar de la importancia de estos avances para los especialistas en hidrología, se ha observado una brecha en la integración de análisis geomorfológicos cuantitativos con la variable hidrológica más relevante: la respuesta del caudal en relación con las características geomorfológicas de la cuenca.

Hidrograma Unitario Geomorfológico representa una herramienta fundamental en el análisis hidrológico y la gestión de recursos hídricos. Se utiliza para comprender la relación entre la precipitación y el escurrimiento en una cuenca hidrográfica, lo que permite predecir la respuesta de un sistema fluvial ante diferentes condiciones climáticas.

La construcción de un Hidrograma Unitario Geomorfológico implica la identificación de las características geomorfológicas de una cuenca, como la forma, el tamaño, la pendiente y la cobertura vegetal, y cómo estas afectan el flujo de agua. Esta información se combina con datos hidrológicos, como la precipitación y el caudal, para desarrollar un modelo que represente la respuesta hidrológica de la cuenca.

El proceso de elaboración de un Hidrograma Unitario Geomorfológico comienza con la recopilación de datos hidrológicos y geomorfológicos de la cuenca de interés. Estos datos se utilizan para

calcular parámetros clave, como el tiempo de concentración y la capacidad de infiltración del suelo. A partir de estos parámetros, se puede derivar la forma y la magnitud del hidrograma unitario, que describe cómo la cuenca responde a una precipitación unitaria.

La utilidad del Hidrograma Unitario Geomorfológico radica en su capacidad para proporcionar información sobre la respuesta hidrológica de una cuenca sin la necesidad de datos detallados sobre la precipitación y el escurrimiento. Esto permite a los hidrólogos y gestores de recursos hídricos tomar decisiones informadas sobre la gestión de inundaciones, la planificación de infraestructuras hidráulicas y la conservación de cuencas.

El hidrograma unitario instantáneo (IUH) puede interpretarse como la distribución de probabilidad del tiempo de recorrido de una gota de agua hasta que alcanza el punto de desagüe de la cuenca, suponiendo aleatoria su posición inicial en la cuenca. La media de dicha distribución (tL) correspondería al tiempo medio de recorrido, o tiempo de desfase característico, y es un valor indicativo de la demora que se produce entre la lluvia y la respuesta hidrológica de la cuenca. (Rodriguez & Valdés, 1979)

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Hidrograma unitario: Es una herramienta importante para modelar y comprender el comportamiento hidrológico de una cuenca, lo que facilita la planificación y gestión adecuada de los recursos hídricos y la mitigación de riesgos asociados con inundaciones y otros eventos extremos. (Campos, 1998)

- **Precipitación:** Se origina cuando el vapor de agua en la atmósfera se condensa en gotas de agua o cristales de hielo lo suficientemente grandes como para caer al suelo debido a la gravedad. Este proceso puede ocurrir de varias maneras, incluyendo la condensación en nubes frías, la convección atmosférica, la convergencia de vientos húmedos y el ascenso forzado por el relieve. (Valer, 2021)

- **Evaporación:** Se produce en la superficie de cuerpos de agua, como océanos, lagos, ríos y estanques, así como en la superficie del suelo húmedo y en las plantas a través de un proceso llamado transpiración. También puede ocurrir desde la superficie de la nieve y el hielo en un proceso conocido como sublimación (Villodas, 2008)
- **Duración:** es el tiempo durante el cual cae la precipitación, es decir, la longitud del tiempo en que llueve o nieva en un área determinada. (CENEPRED, 2014)
- **Intensidad:** La intensidad generalmente se refiere a la cantidad de precipitación que cae durante un período específico de tiempo en un área determinada. Por ejemplo, la intensidad de la lluvia se expresa típicamente en milímetros por hora o en pulgadas por hora. (Villodas, 2008)
- **Escurrimiento: S**e refiere al movimiento del agua sobre la superficie terrestre o a través del suelo hacia los cuerpos de agua, como ríos, arroyos y lagos, o hacia el sistema de drenaje subterráneo. (Sildeshare, 2015)

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

H: La aplicación del hidrograma unitario geomorfológico permite modificar la aplicación de la escorrentía y precipitación en la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: Si los datos de precipitación máxima reflejan eventos hidrológicos representativos, entonces podrán utilizarse con fiabilidad en la cuenca del río Huallaga Huánuco 2024.

HE2: Si se diseñar el hidrograma unitario geomorfológico en la estimación de la escorrentía y precipitación de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024, entonces se podrán estimar caudales con precisión en respuesta a precipitaciones dadas.

HE3: Si se crea hidrogramas de escorrentía directa para la cuenca del río Huallaga Huánuco 2024, entonces se podrán prever los caudales máximos de la cuenca para distintos eventos extremos.

HE4: Si se determinar la relación de escorrentía y precipitación mediante el uso del hidrograma unitario geomorfológico en el diseño hidráulico y estructural de espigones en la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024, entonces los espigones serán efectivos para controlar la erosión y canalizar el caudal sin comprometer su integridad.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE 1

Método del hidrograma unitario.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Sistema de variables-dimensiones e indicadores.

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable 1: Método del hidrograma unitario geomorfológico	Los resultados precisos se refieren a las estimaciones de caudales máximos que se acercan estrechamente a los valores reales observados. Los resultados confiables implican que las estimaciones son consistentes y pueden utilizarse con seguridad en el diseño y la planificación hidrológica.	Geomorfología de la cuenca	Forma y tamaño de la cuenca
		Datos hidrológicos y climáticos	Curva de transformación de la precipitación
		Parámetros hidrológicos	Coeficiente de escorrentía

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

El enfoque de la investigación es principalmente cuantitativo, ya que implica la recopilación y el análisis de datos numéricos, como la precipitación máxima y los caudales máximos. Sin embargo, también incluye elementos cualitativos en el análisis de la exactitud y la comparación de diferentes métodos de estimación de caudales.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

El nivel de la investigación es descriptivo. Se describen y analizan los datos recopilados de la precipitación y los caudales, de la misma forma se describe los procesos hidrológicos mediante el desarrollo y la aplicación del hidrograma unitario geomorfológico

3.1.3 DISEÑO

El diseño de la investigación es no experimental y transversal. Se recopilan datos de diferentes períodos de tiempo (como registros de precipitación y caudales) y se analizan en un momento específico para estimar los caudales máximos en la cuenca del río Huallaga. Además, se utiliza un diseño comparativo al contrastar los datos obtenidos con otros métodos de estimación de caudales para evaluar la precisión del hidrograma unitario.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

El trabajo de estudio tomará como población todas las condiciones hidrológicas y geomorfológicas dentro de la cuenca del río Huallaga en Huánuco en el Distrito de José Crespo y Castillo - Provincia Leoncio Prado- Departamento de Huánuco. En el tramo de la localidad de Aucayacu.

3.2.2 MUESTRA

La muestra para el estudio será los datos recolectados del tramo de la localidad de Aucayacu en ese tramo con la estación Tingo María.

3.3 TECNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Análisis de Datos de Precipitación Máxima:

- Consistió en la recopilación de registros de precipitación máxima histórica de estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca de interés. Estos datos pueden abarcar periodos de varios años, meses o décadas y por eso se revisó los datos históricos obtenidos del SENAMHI.
- Instrumento: base de datos del SENAMHI de la estación seleccionada para el proyecto.

Desarrollo del Hidrograma Unitario Geomorfológico:

- Se requirió la información sobre la precipitación máxima, la intensidad de la lluvia, y los caudales registrados en estaciones cercanas a la cuenca. Este tipo de datos se obtuvieron a través de registros históricos proporcionados por estaciones meteorológicas e hidrológicas y mediante el uso del Excel.
- Instrumento: Software especializado en hidrología (Excel con las fórmulas adecuadas).

Creación de Hidrogramas de Escorrentía Directa:

- Se recopilaron datos de precipitación histórica y actual de estaciones cercanas a la cuenca en estudio. Estos datos incluyeron la intensidad, duración y distribución temporal de la precipitación. Y las Curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia): Se utilizaron para determinar la relación entre la intensidad de la precipitación, la duración del evento y la frecuencia de ocurrencia, lo cual es esencial para definir los periodos de retorno y diseñar los hidrogramas.
- Instrumento: se usó el Excel.

Recolección de Datos de Caudales Máximos:

- Técnica: mediante los datos calculados anteriormente y el método de hidrograma unitario.
- Instrumento: mediante el uso del Excel donde se puso las fórmulas para el cálculo del caudal máximo.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Análisis de Datos de Precipitación Máxima:

Tabla 2
Formato para la precipitación máxima

N°	Meses - Año	Precipitación Max
1	Jul-22	
2	Ago-22	
3	Set-22	
4	Oct-22	
5	Nov-22	
6	Dic-22	
7	Ene-23	
8	Feb-23	
9	Mar-23	
10	Abr-23	
11	May-23	
12	Jun-23	
13	Jul-23	
14	Ago-23	
15	Set-23	
16	Oct-23	
17	Nov-23	
18	Dic-23	
19	Ene-24	
20	Feb-24	
21	Mar-24	
22	Abr-24	
23	May-24	
24	Jun-24	
25	Jul-24	

Para las intensidades:

Tabla 3
Para las intensidades

INTENSIDADES DE DISEÑO			
N°	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	

2	20	1.33
3	40	2.33
4	60	3
5	90	4
6	120	5
7	180	6
8	240	7
9	300	8
10	360	9
11	720	10
12	1440	11

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS DATOS

Análisis de Datos de Precipitación Máxima:

- Técnica: Estadística descriptiva, se recolectó datos históricos de precipitación máxima de estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca. Estos datos debieron cubrir un periodo de tiempo significativo para asegurar una buena representatividad.
- Se realizó un análisis de frecuencias para determinar la distribución de la precipitación máxima anual. Los métodos más utilizados incluyen la distribución Gumbel, Log-Pearson Tipo III, que permiten modelar los eventos extremos.
- A partir de las distribuciones de frecuencia, se estimaron los valores de precipitación máxima para diferentes periodos de retorno (5, 10, 25, 50, 100 años). Estos valores son cruciales para el diseño de estructuras hidráulicas y para la creación de hidrogramas.
- Procesamiento: se calculó datos de forma estadísticas descriptivas como promedio, desviación estándar, y percentiles.
- Análisis: se identificó de patrones temporales y tendencias en los datos de precipitación máxima.

Creación de Hidrogramas de Escorrentía Directa:

- Se utilizó el método del número de curva del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (SCS) para determinar la precipitación efectiva que genera escorrentía.
- Análisis del tiempo de concentración: se determina el tiempo que tarda el agua de lluvia en recorrer la cuenca hasta un punto de control. Esto afecta la forma y el pico del hidrograma de escorrentía directa.
- Se observó cómo varían los caudales máximos con diferentes periodos de retorno. Esta información es útil para dimensionar estructuras hidráulicas como espigones
- Procesamiento: se generó hidrogramas de escorrentía directa para diferentes eventos de precipitación.
- Análisis: se comparó los hidrogramas generados con los datos observados y evaluación de la respuesta hidrológica de la cuenca.

Estas técnicas permitieron procesar y ayudo a análisis de los datos recopilados de manera efectiva, obteniendo información valiosa para la investigación sobre la estimación de caudales máximos en la cuenca del río Huallaga.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

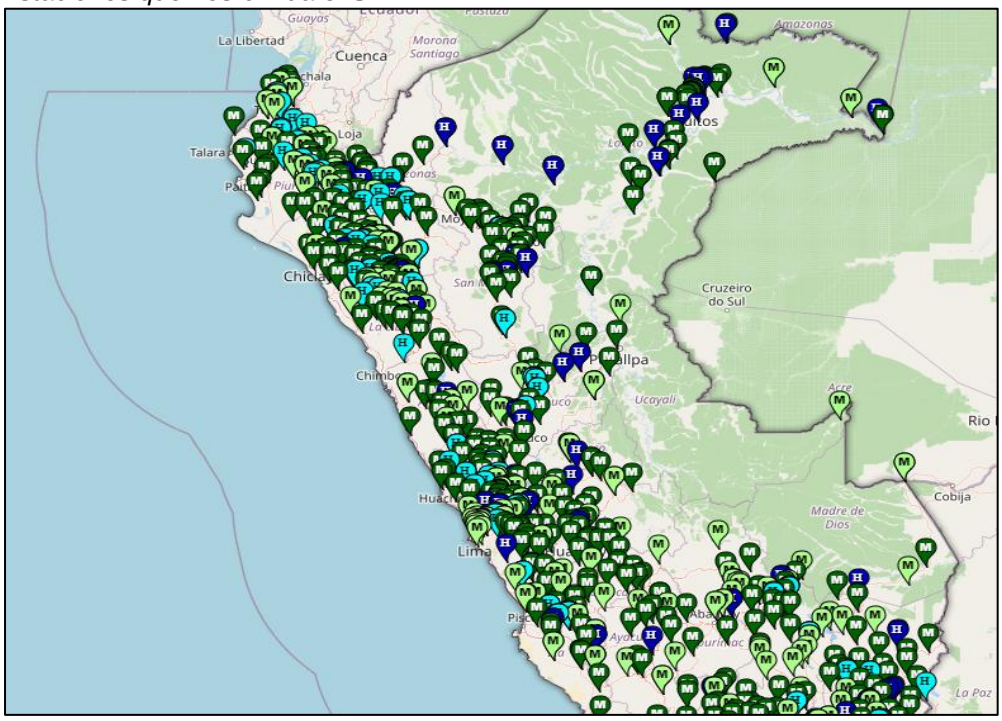
Analizar los datos recopilados de la precipitación máxima registrada en la estación cercana.

- Datos de precipitación máxima de una estación cercana

  Primeramente, se procede a buscar una estación cercana de nuestro lugar de estudio siendo este el rio Huallaga en la localidad de Aucayacu, que se ubica en el distrito de José Crespo y Castillo. Para ello se busca una estación de las que tenemos en el portal del SENAMHI.

Figura 6

Estaciones que nos brinda el SENAMHI



Nota. Se muestra las estaciones que se tienen obtenidos en la página del SENAMHI (https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones)

Después de buscar una estación en el distrito cercano nos da lo siguiente:

Figura 7
Estación TULUMAYO

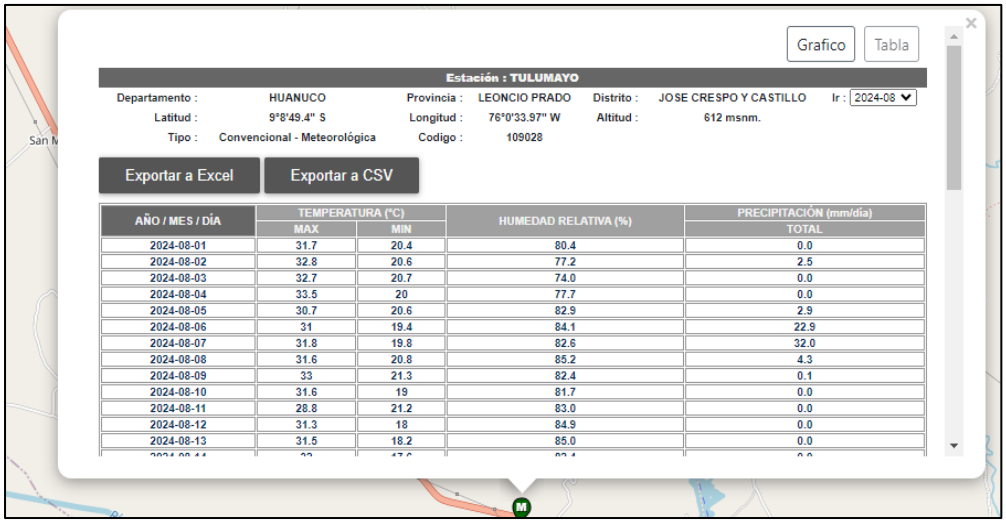


Grafico Tabla

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO Provincia : LEONCIO PRADO Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO Ir : 2024-08

Latitud : 9°8'49.4" S Longitud : 76°0'33.97" W Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica Codigo : 109028

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-08-01	31.7	20.4	80.4	0.0
2024-08-02	32.8	20.6	77.2	2.5
2024-08-03	32.7	20.7	74.0	0.0
2024-08-04	33.5	20	77.7	0.0
2024-08-05	30.7	20.6	82.9	2.9
2024-08-06	31	19.4	84.1	22.9
2024-08-07	31.8	19.8	82.6	32.0
2024-08-08	31.6	20.8	85.2	4.3
2024-08-09	33	21.3	82.4	0.1
2024-08-10	31.6	19	81.7	0.0
2024-08-11	28.8	21.2	83.0	0.0
2024-08-12	31.3	18	84.9	0.0
2024-08-13	31.5	18.2	85.0	0.0

Nota. Los datos de ubicación de la estación Tulumayo

Una vez ubicado la estación cercana se procede a descargar los datos de precipitación que se tiene de la estación, de 25 meses cercanos desde julio del 2024 hasta julio del 2022 teniendo así 25 datos para poder calcular los caudales e hidrogramas.

Después de descargar los datos tomados de la estación del SENAMHI se tiene las siguientes precipitaciones:

Tabla 4
Precipitaciones máximas por mes

N°	Meses - Año	Precipitación Máx.
1	Jul-22	20.8
2	Ago-22	34.2
3	Set-22	74.5
4	Oct-22	43
5	Nov-22	48.5
6	Dic-22	31.4
7	Ene-23	37.4
8	Feb-23	33.5
9	Mar-23	56
10	Abr-23	26.7
11	May-23	33.4
12	Jun-23	13.3
13	Jul-23	69
14	Ago-23	21.6
15	Set-23	30

16	Oct-23	31
17	Nov-23	76.7
18	Dic-23	65.2
19	Ene-24	83.4
20	Feb-24	56
21	Mar-24	48.6
22	Abr-24	22.1
23	May-24	47.2
24	Jun-24	17.8
25	Jul-24	4.6

Nota. Los datos de precipitación fueron descargados de la estación Tulumayo, donde solo se eligió el mayor de cada mes.

Después de la descarga de los datos y la obtención de las mismas teniendo el mayor por mes se procede a calcular el log de la precipitación, el promedio, la desviación estándar y los demás datos que se verán en la siguiente tabla para así calcular las distribuciones máximas.

Tabla 5

Datos adicionales para calcular las distribuciones mediante el Hidroesta

N°	ESTACIÓN	AÑO	Pmáx (mm)	Log P
1	Tulumayo	Jul-22	20.8	1.318063335
2	Tulumayo	Ago-22	34.2	1.534026106
3	Tulumayo	Set-22	74.5	1.872156273
4	Tulumayo	Oct-22	43	1.633468456
5	Tulumayo	Nov-22	48.5	1.685741739
6	Tulumayo	Dic-22	31.4	1.496929648
7	Tulumayo	Ene-23	37.4	1.572871602
8	Tulumayo	Feb-23	33.5	1.525044807
9	Tulumayo	Mar-23	56	1.748188027
10	Tulumayo	Abr-23	26.7	1.426511261
11	Tulumayo	May-23	33.4	1.523746467
12	Tulumayo	Jun-23	13.3	1.123851641
13	Tulumayo	Jul-23	69	1.838849091
14	Tulumayo	Ago-23	21.6	1.334453751
15	Tulumayo	Set-23	30	1.477121255
16	Tulumayo	Oct-23	31	1.491361694
17	Tulumayo	Nov-23	76.7	1.884795364
18	Tulumayo	Dic-23	65.2	1.814247596
19	Tulumayo	Ene-24	83.4	1.921166051
20	Tulumayo	Feb-24	56	1.748188027
21	Tulumayo	Mar-24	48.6	1.686636269
22	Tulumayo	Abr-24	22.1	1.344392274

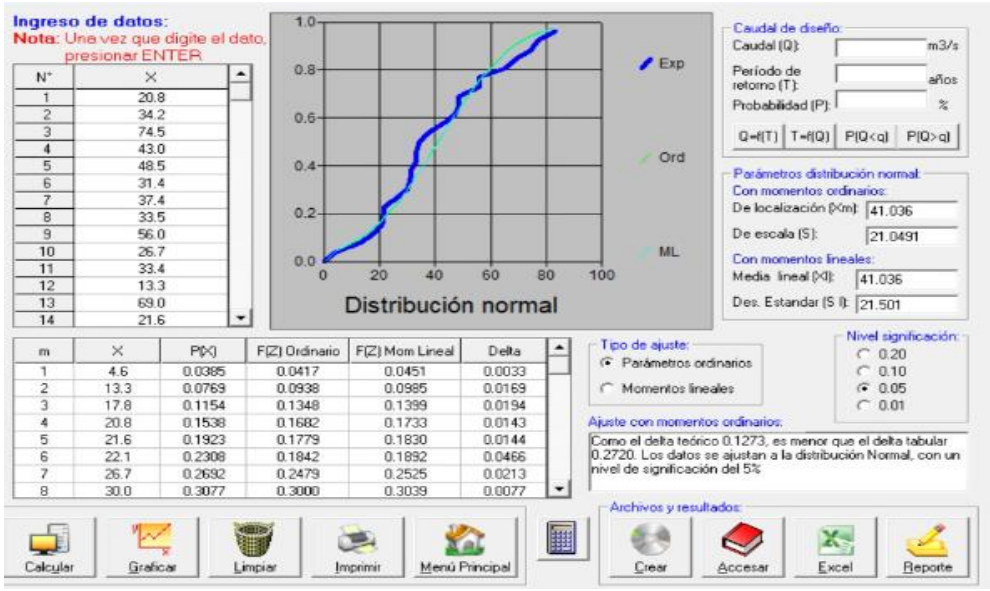
23	Tulumayo	May-24	47.2	1.673941999
24	Tulumayo	Jun-24	17.8	1.250420002
25	Tulumayo	Jul-24	4.6	0.662757832
PROMEDIO (mm)			41.036	1.54355722
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			21.049	0.27942092
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V.)			0.51	0.181024
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA			0.44	-1.271675969
K/6			0.073269988	-0.21194599
N°			25	25

Nota. Los datos que se muestran como el promedio, desviación estándar, C.V., son obtenidos mediante el Excel además que estos datos nos pueden ayudar más adelante en la plantilla para calcular el caudal e hidrogramas.

Después de obtener los datos de precipitación máximas y sus datos estadísticos se procede a usar el programa Hidroesta para calcular el delta teórico menor y así seleccionar la distribución adecuada para este estudio y continuar con los siguientes pasos y cumplir con los objetivos planteados.

Figura 8

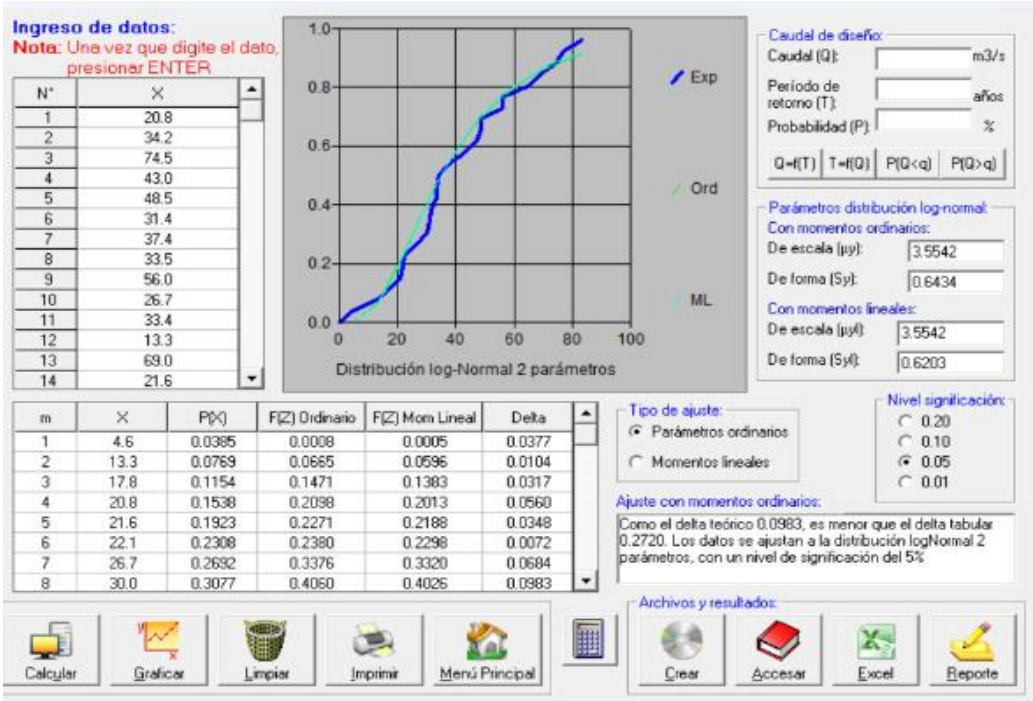
Distribución Normal



Nota. Se puede observar en la captura obtenida del programa Hidroesta que el delta teórico es de 0.1273

Figura 9

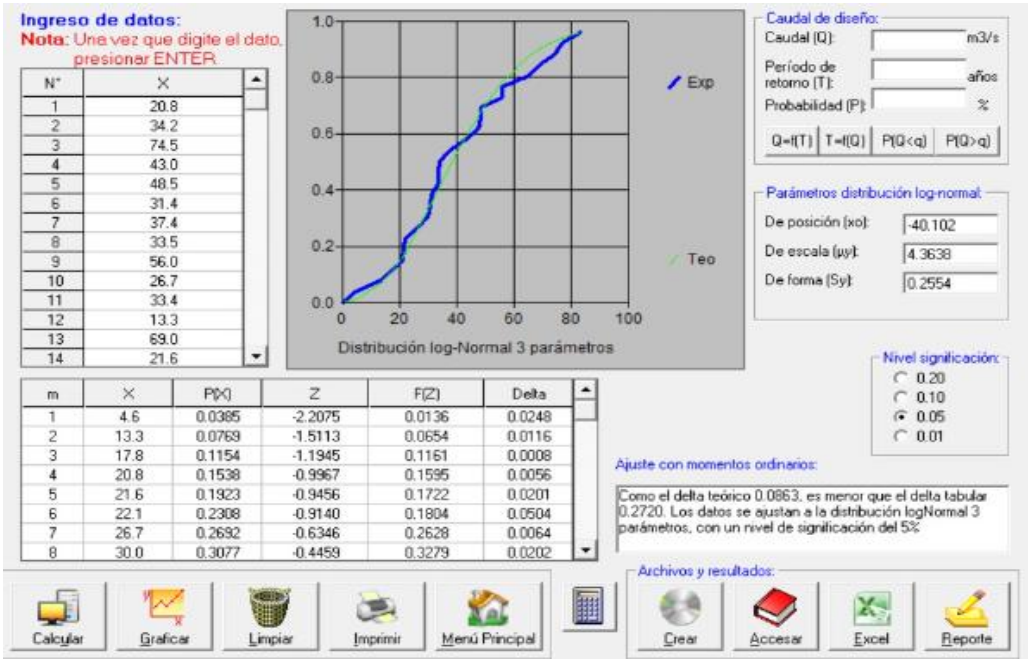
Distribución log normal 2 parámetros



Nota. Se puede observar en la captura obtenida del programa Hidroesta que el delta teórico es de 0.0983

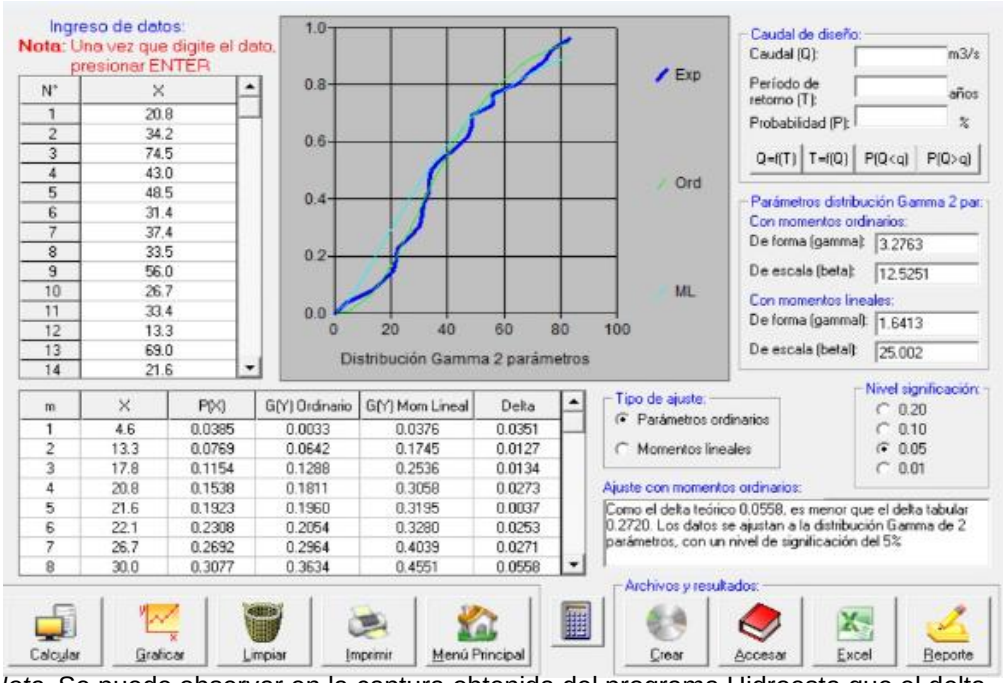
Figura 10

Distribución log normal de 3 parámetros



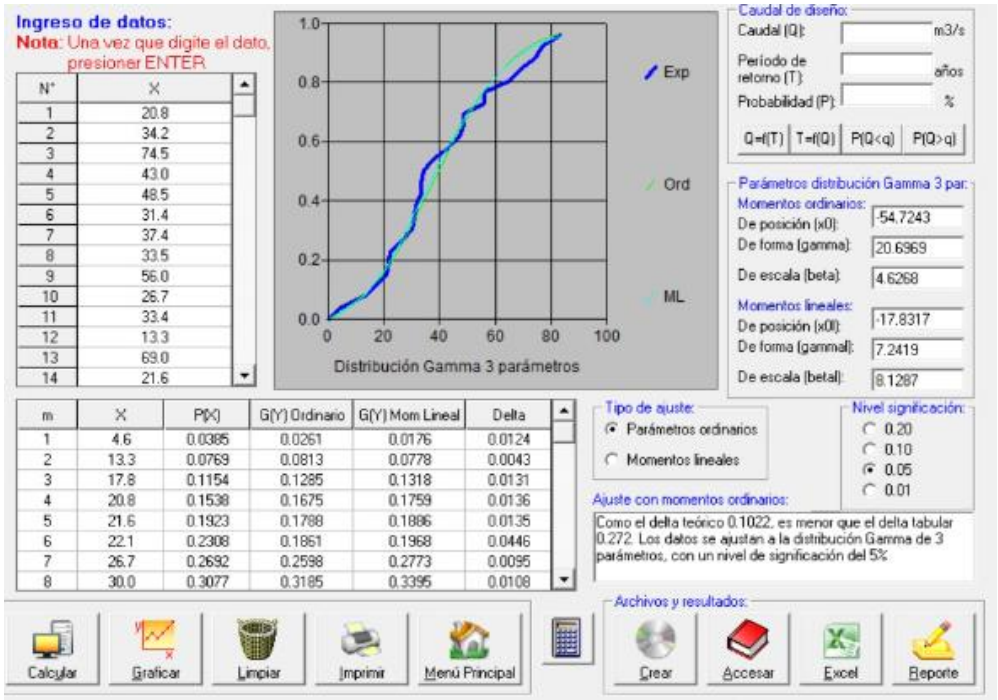
Nota. Se puede observar en la captura obtenida del programa Hidroesta que el delta teórico es de 0.0863

Figura 11
Distribución Gamma 2 parámetros



Nota. Se puede observar en la captura obtenida del programa Hidroesta que el delta teórico es de 0.0558

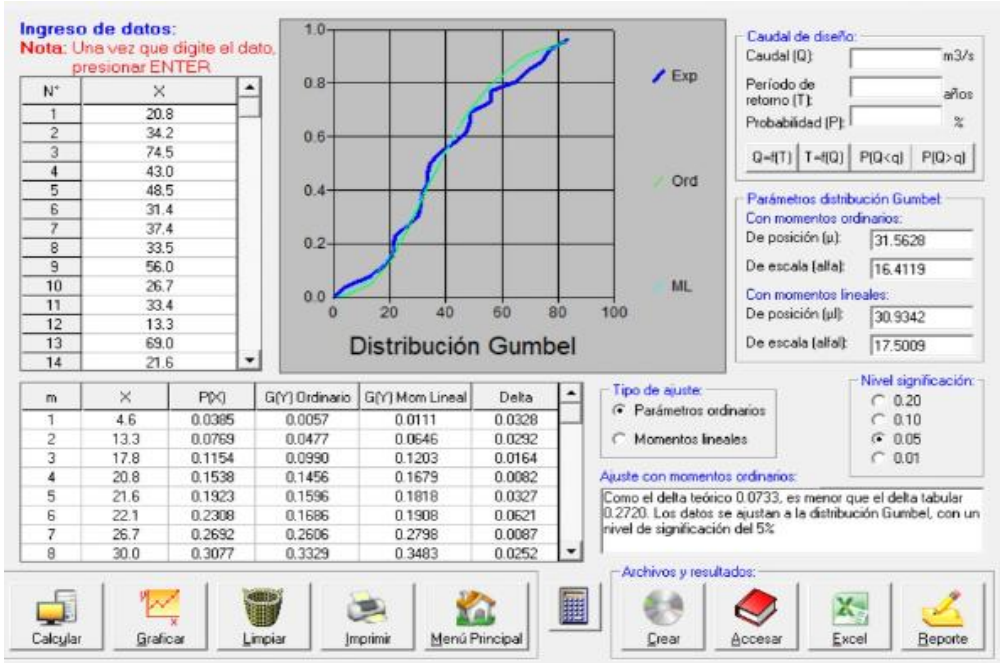
Figura 12
Distribución Gamma 3 parámetros



Nota. Se puede observar en la captura obtenida del programa Hidroesta que el delta teórico es de 0.1022

Figura 13

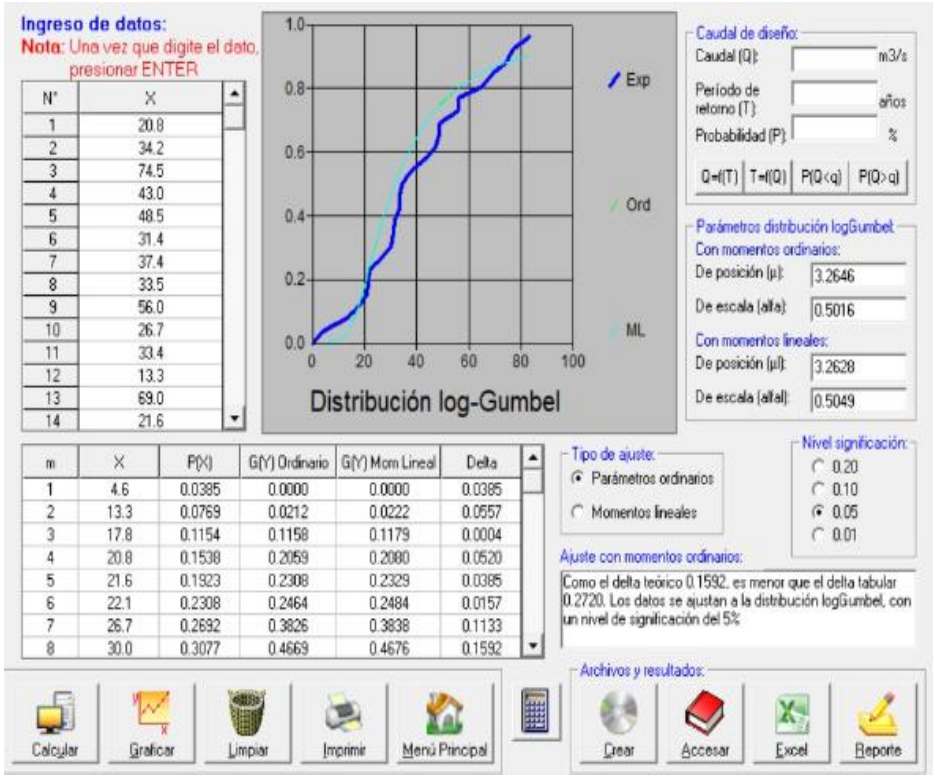
Distribución Gumbel



Nota. Se puede observar en la captura obtenida del programa Hidroesta que el delta teórico es de 0.0733

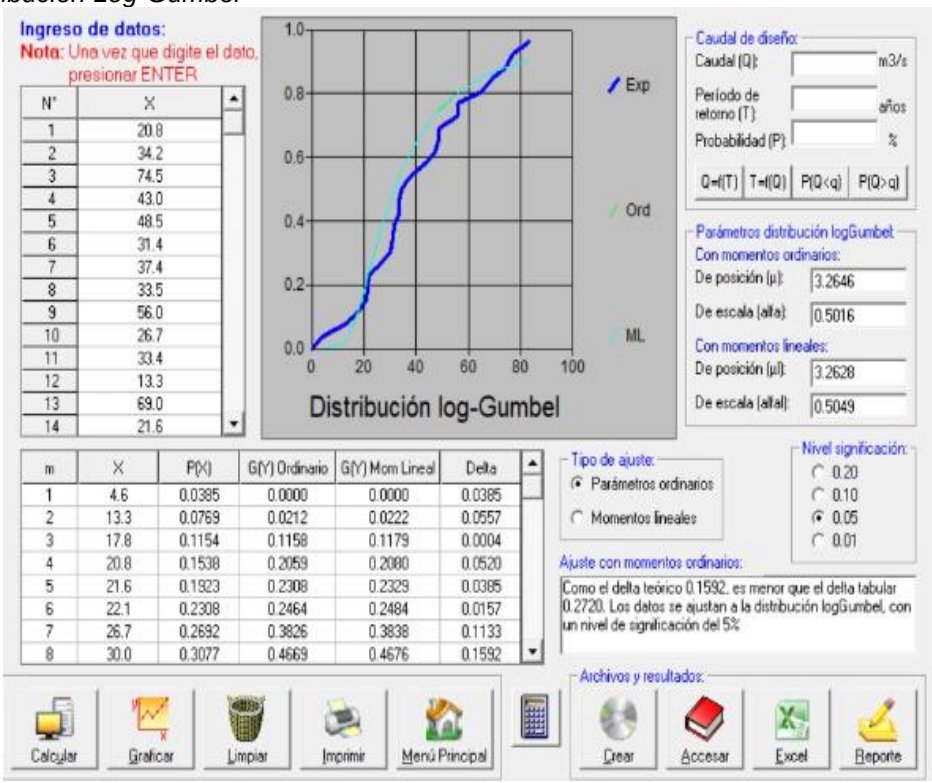
Figura 14

Distribución Log-Gumbel



Nota. Se puede observar en la captura obtenida del programa Hidroesta que el delta teórico es de 0.1592

Figura 15
Distribución Log-Gumbel



Nota. Se puede observar en la captura obtenida del programa Hidroesta que el delta teórico es de 0.1592

Después de obtener los deltas teóricos de las diferentes distribuciones dadas por el Hidroesta, se tiene el siguiente cuadro de deltas teóricos y de ello se elige el menor.

Tabla 6
Distribuciones y sus deltas teóricos

Distribución Normal	0.1273
Distribución log normal 2 parámetros	0.0983
Distribución log normal de 3 parámetros	0.0963
Distribución Gamma 2 parámetros	0.0558
Distribución Gamma 3 parámetros	0.1022
Distribución Gumbel	0.0733
Distribución Log-Gumbel	0.1592

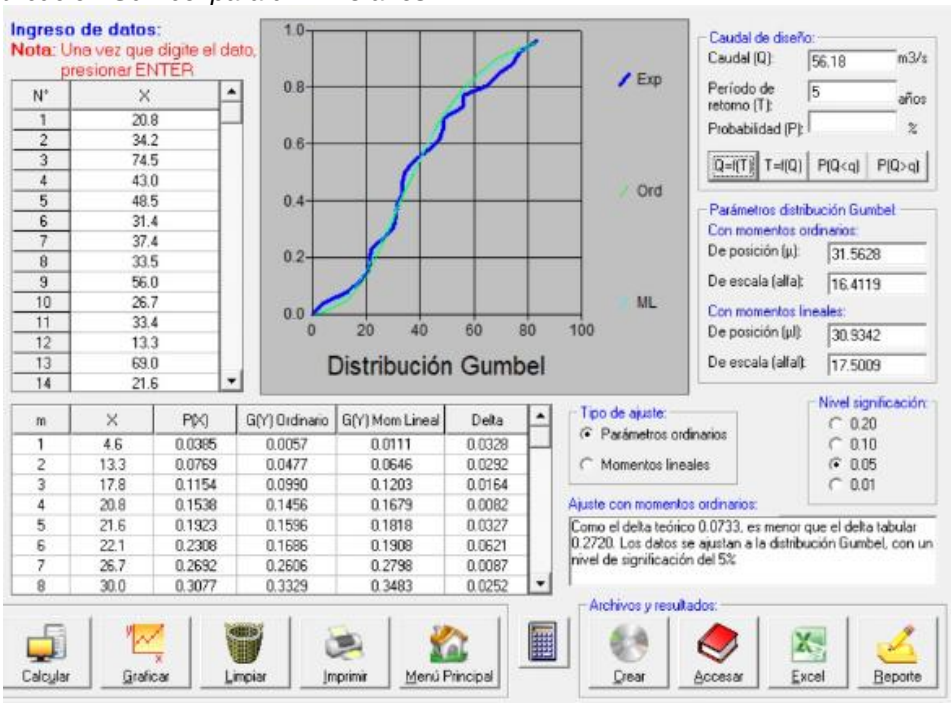
Nota. Se puede observar en la tabla que el delta teórico menor es de 0.0733, siendo este de la distribución Gumbel

Una vez calculada la distribución con el delta teórico menor siendo esta la distribución Gumbel, que es la que se va emplear en este estudio se procede a calcular la precipitación para cada periodo de retorno que se empleara en el cálculo de los caudales, siendo este de 5, 10, 50 y 100 años. Para calcularlo también se hará uso del programa Hidroesta, en los anexos se adjuntará para cada distribución y su

respectivo periodo de retorno, aquí solo se pondrá de la distribución Gumbel.

Figura 16

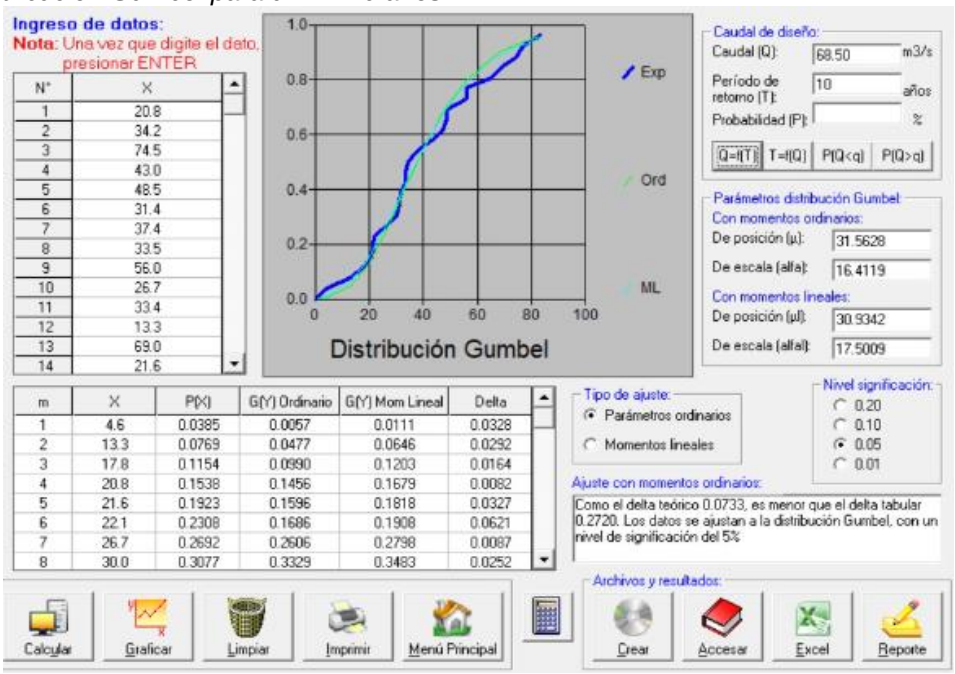
Distribución Gumbel para un T= 5 años



Nota. Se puede observar que para un periodo de retorno de 5 años se tiene 56.18.

Figura 17

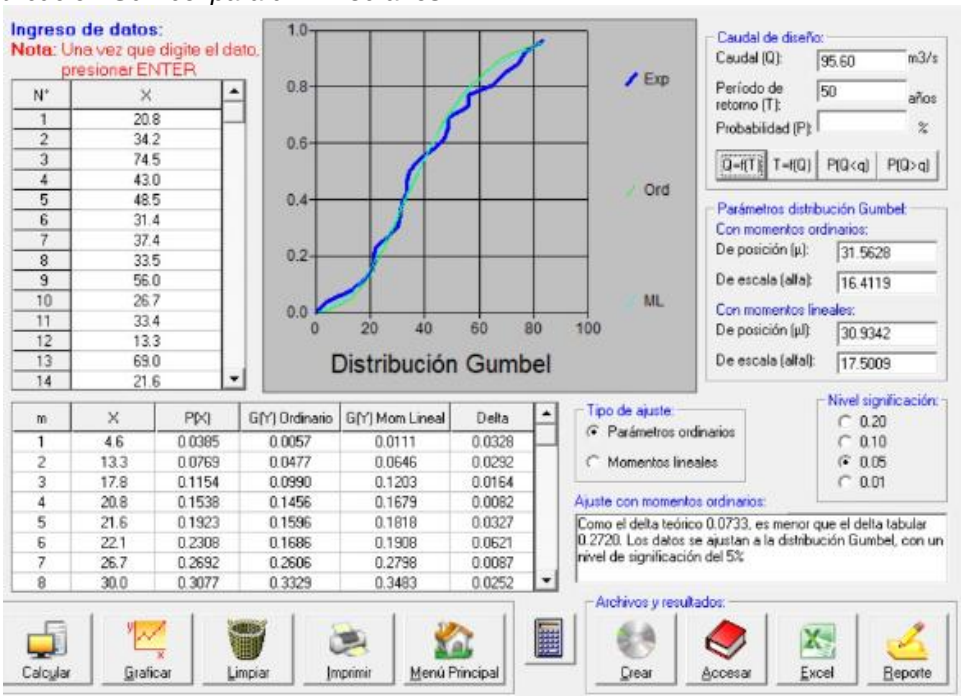
Distribución Gumbel para un T= 10 años



Nota. Se puede observar que para un periodo de retorno de 10 años se tiene 68.50.

Figura 18

Distribución Gumbel para un T= 50 años



Nota. Se puede observar que para un periodo de retorno de 50 años se tiene 95.60

Figura 19

Distribución Gumbel para un T= 100 años

Nota. Se puede observar que para un periodo de retorno de 100 años se tiene 107.06.

Después de calcular la precipitación para cada periodo de retorno se procede a calcular

Diseñar el hidrograma unitario para la estimación de caudales en la cuenca el rio Huallaga.

Primero se procederá con el cálculo de las intensidades para ello se tiene diferentes periodos de retorno:

Para 5 años:

Los datos que se tiene son el Pmax obtenido del Hidroesta de 56.18

Tabla 7

Tabulación por horas para el cálculo de las intensidades para 5 años

Hora t	Precipitación de 24 horas		
	Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
0.00	0.000	0.00	0.00
2.00	0.020	1.12	0.56
4.00	0.043	2.42	0.65
6.00	0.072	4.04	0.81
7.00	0.089	5.00	0.96
8.00	0.115	6.46	1.46
8.50	0.130	7.30	1.69
9.00	0.148	8.31	2.02
9.50	0.167	9.38	2.13
9.75	0.178	10.00	2.47
10.00	0.189	10.62	2.47
10.50	0.216	12.13	3.03
11.00	0.250	14.05	3.82
11.50	0.298	16.74	5.39
11.75	0.339	19.05	9.21
12.00	0.500	28.09	36.18
12.50	0.702	39.44	22.70
13.00	0.751	42.19	5.51
13.50	0.785	44.10	3.82
14.00	0.811	45.56	2.92
16.00	0.886	49.78	2.11
20.00	0.957	53.76	1.00
24.00	1.000	56.18	0.60

Nota. Los datos de tiempo están en horas y el tipo 3 son datos no cambiables para la tabulación lo que cambia es la Pacum y la intensidad mediante el dato Pmáx obtenida del Hidroesta.

Con estos datos se procede a obtener una tabla donde se tenga por minutos y así generar el gráfico con su respectiva ecuación de la línea de tendencia para así obtener la intensidad reajustada.

Tabla 8

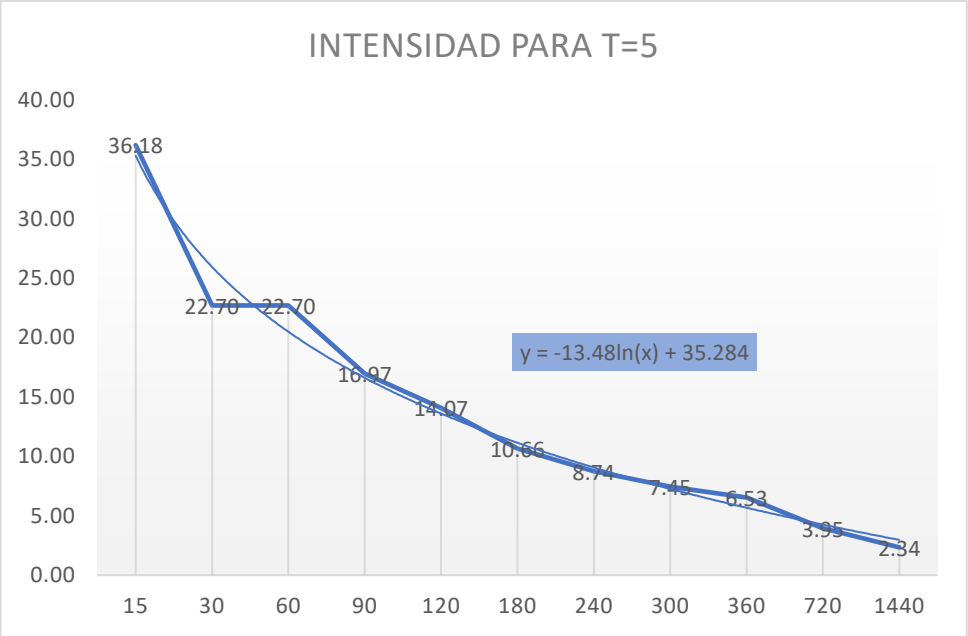
Intensidad de diseño en minutos para 5 años

INTENSIDAD DE DISEÑO		
N°	**TIEMPOS (minutos)**	**INTENSIDAD T: 5 años(mm./hora)**
1	15	36.18
2	30	22.70
3	60	22.70
4	90	16.97
5	120	14.07
6	180	10.66
7	240	8.74
8	300	7.45
9	360	6.53
10	720	3.95
11	1440	2.34

Nota. Estos datos son obtenidos de la tabla anterior la diferencia es que aquí se obtiene la intensidad total, pero en minutos hasta llegar a dos horas que es 1440, con estos datos se procede a obtener los datos para el gráfico y así reajustarlos.

Figura 20

Gráfico de intensidad para un T=5 años



Nota. El gráfico está elaborado con los datos anteriores de la tabla de intensidades en minutos y luego se trazó la línea de tendencia y así obtener la ecuación

correspondiente para realizar el reajuste y así obtener la intensidad reajustada mediante el gráfico y la ecuación del gráfico.

Luego de obtener los datos necesarios como la ecuación del gráfico se procede a reajustar los datos:

Tabla 9

Intensidades reajustadas usando la ecuación del gráfico para 5 años

INTENSIDADES DE DISEÑO			
N°	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	50.09
2	20	1.33	31.41
3	40	2.33	23.86
4	60	3	20.47
5	90	4	16.60
6	120	5	13.59
7	180	6	11.13
8	240	7	9.05
9	300	8	7.25
10	360	9	5.67
11	720	10	4.25
12	1440	11	2.96

Nota. En la tabla se muestra las intensidades de diseño para cada tiempo en minutos todos ellos reajustados mediante la ecuación obtenida previamente, de todos estos datos elegiremos el de 120 min siendo la intensidad de 13.59.

Luego de obtener la intensidad se procede a calcular la Precipitación efectiva para calcular el caudal de hidrograma unitario.

Tabla 10

Datos para el cálculo de la precipitación efectiva para 5 años

Período de Retorno (T)	**5**	**años**
Duración de lluvia (D)	120	mín.
Intensidad (i)	13.589	mm./hr
Precipitación acum. (P)	27.178	mm.
Intervalos de lluvia (Δt)	s/dist. Tipo III	horas
Número de Intervalos	indicado	horas
Precipitación por c/Δt	indicado	horas
Número de Curva (CN)	70	

Nota. En la tabla se muestra los datos que se usaran para el cálculo de la precipitación efectiva, todos estos datos fueron calculados ya previamente.

Después de los datos se procede a tabular la precipitación efectiva dando lo siguiente:

Tabla 11

Precipitación efectiva para 5 años

Pérdidas acumuladas				
P (mm.)	**Ia (mm.)**	**Fa (mm.)**	**Pe (mm.)**	**Pe (cm.)**
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27.178	21.771	5.150	0.256	0.026
54.355	21.771	25.077	7.506	0.751
81.533	21.771	38.581	21.180	2.118
95.121	21.771	43.822	29.528	2.953
108.710	21.771	48.336	38.603	3.860
115.505	21.771	50.365	43.368	4.337
122.299	21.771	52.263	48.264	4.826
129.093	21.771	54.042	53.280	5.328
132.491	21.771	54.890	55.829	5.583
135.888	21.771	55.712	58.404	5.840
142.682	21.771	57.284	63.627	6.363
149.477	21.771	58.765	68.940	6.894
156.271	21.771	60.164	74.336	7.434
159.668	21.771	60.834	77.063	7.706
163.065	21.771	61.486	79.808	7.981
169.860	21.771	62.739	85.349	8.535
176.654	21.771	63.927	90.956	9.096
183.448	21.771	65.055	96.622	9.662
190.243	21.771	66.128	102.343	10.234
217.420	21.771	69.942	125.707	12.571
271.776	21.771	75.836	174.168	17.417
326.131	21.771	80.180	224.179	22.418

Nota. En la tabla se muestra los datos ya procesados y tabulados, la parte resaltada es lo que usaremos para el cálculo del caudal.

Para 10 años:

Los datos que se tiene son el Pmax obtenido del Hidroesta de 68.50

Tabla 12

Tabulación por horas para el cálculo de las intensidades para 10 años

Hora t	Precipitación de 24 horas		
	Tipo III	**Pacum. (mm.)**	**I (mm./hr)**
0.00	0.000	0.00	0.00
2.00	0.020	1.37	0.69
4.00	0.043	2.95	0.79
6.00	0.072	4.93	0.99

7.00	0.089	6.10	1.16
8.00	0.115	7.88	1.78
8.50	0.130	8.91	2.06
9.00	0.148	10.14	2.47
9.50	0.167	11.44	2.60
9.75	0.178	12.19	3.01
10.00	0.189	12.95	3.01
10.50	0.216	14.80	3.70
11.00	0.250	17.13	4.66
11.50	0.298	20.41	6.58
11.75	0.339	23.22	11.23
12.00	0.500	34.25	44.11
12.50	0.702	48.09	27.67
13.00	0.751	51.44	6.71
13.50	0.785	53.77	4.66
14.00	0.811	55.55	3.56
16.00	0.886	60.69	2.57
20.00	0.957	65.55	1.22
24.00	1.000	68.50	0.74

Nota. Los datos de tiempo están en horas y el tipo 3 son datos no cambiables para la tabulación lo que cambia es la Pacum y la intensidad mediante el dato Pmáx obtenida del Hidroesta.

Con estos datos se procede a obtener una tabla donde se tenga por minutos y así generar el gráfico con su respectiva ecuación de la línea de tendencia para así obtener la intensidad reajustada.

Tabla 13

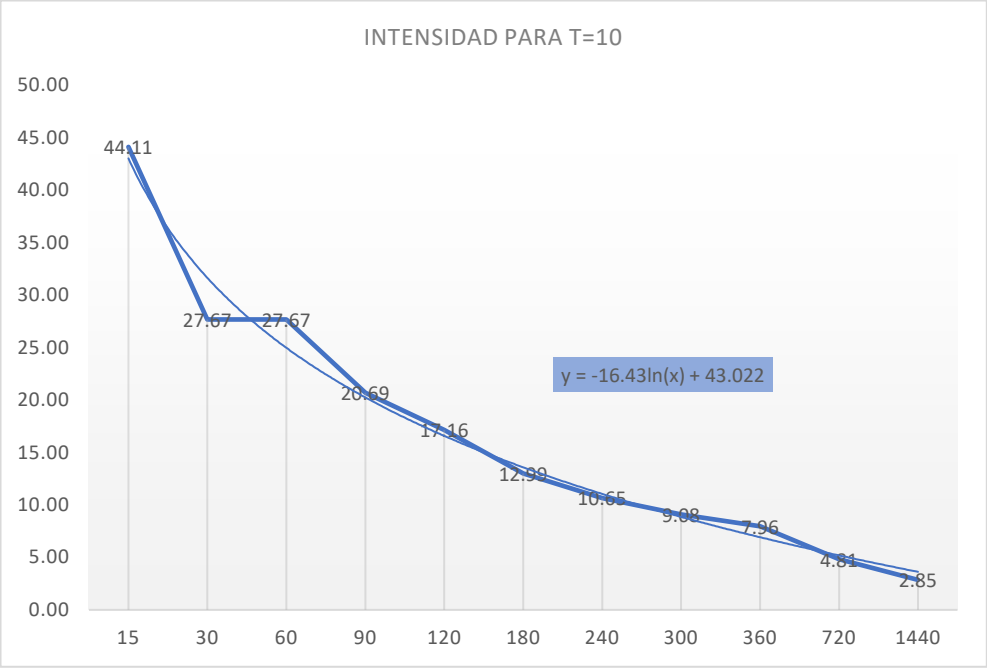
Intensidad de diseño en minutos para 10 años

INTENSIDAD DE DISEÑO		
N°	**TIEMPOS (minutos)**	**INTENSIDAD T: 10 años(mm./hora)**
1	15	44.11
2	30	27.67
3	60	27.67
4	90	20.69
5	120	17.16
6	180	12.99
7	240	10.65
8	300	9.08
9	360	7.96
10	720	4.81
11	1440	2.85

Nota. Estos datos son obtenidos de la tabla anterior la diferencia es que aquí se obtiene la intensidad total, pero en minutos hasta llegar a dos horas que es 1440, con estos datos se procede a obtener los datos para el gráfico y así reajustarlos.

Figura 21

Gráfico de intensidad para un T=10 años



Nota. El gráfico está elaborado con los datos anteriores de la tabla de intensidades en minutos y luego se trazó la línea de tendencia y así obtener la ecuación correspondiente para realizar el reajuste y así obtener la intensidad reajustada mediante el gráfico y la ecuación del gráfico.

Luego de obtener los datos necesarios como la ecuación del gráfico se procede a reajustar los datos:

Tabla 14

Intensidades reajustadas usando la ecuación del gráfico para 10 años

INTENSIDADES DE DISEÑO			
N°	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	80.78
2	20	1.33	50.66
3	40	2.33	38.50
4	60	3	33.04
5	90	4	26.78
6	120	5	21.93
7	180	6	17.97
8	240	7	14.62
9	300	8	11.72
10	360	9	9.16

11	720	10	6.87
12	1440	11	4.80

Nota. En la tabla se muestra las intensidades de diseño para cada tiempo en minutos todos ellos reajustados mediante la ecuación obtenida previamente, de todos estos datos elegiremos el de 120 min siendo la intensidad de 21.93.

Luego de obtener la intensidad se procede a calcular la Precipitación efectiva para calcular el caudal de hidrograma unitario.

Tabla 15

Datos para el cálculo de la precipitación efectiva para 10 años

Período de Retorno (T)	**10**	**años**
Duración de lluvia (D)	120	mín.
Intensidad (i)	21.935	mm./hr
Precipitación acum. (P)	43.870	mm.
Intervalos de lluvia (Δt)	s/dist. Tipo III	horas
Número de Intervalos	indicado	horas
Precipitación por c/Δt	indicado	horas
Número de Curva (CN)	70	
Abstracción Máxima (S)	108.857	mm.
Abstracción Inicial (Ia)	21.771	mm.

Nota. En la tabla se muestra los datos que se usaran para el cálculo de la precipitación efectiva, todos estos datos fueron calculados ya previamente.

Después de los datos se procede a tabular la precipitación efectiva dando lo siguiente:

Tabla 16

Precipitación efectiva para 10 años

	Pérdidas acumuladas			
P (mm.)	**Ia (mm.)**	**Fa (mm.)**	**Pe (mm.)**	**Pe (cm.)**
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43.870	21.771	18.369	3.729	0.373
87.740	21.771	41.076	24.892	2.489
131.609	21.771	54.673	55.165	5.517
153.544	21.771	59.612	72.161	7.216
175.479	21.771	63.726	89.982	8.998
186.447	21.771	65.535	99.140	9.914
197.414	21.771	67.206	108.437	10.844
208.382	21.771	68.752	117.859	11.786
213.865	21.771	69.482	122.612	12.261
219.349	21.771	70.187	127.391	12.739
230.317	21.771	71.523	137.022	13.702
241.284	21.771	72.770	146.742	14.674

252.252	21.771	73.936	156.544	15.654
257.735	21.771	74.492	161.472	16.147
263.219	21.771	75.030	166.418	16.642
274.186	21.771	76.057	176.358	17.636
285.154	21.771	77.023	186.359	18.636
296.121	21.771	77.934	196.416	19.642
307.089	21.771	78.795	206.523	20.652
350.959	21.771	81.805	247.382	24.738
438.698	21.771	86.320	330.607	33.061
526.438	21.771	89.543	415.124	41.512

Nota. En la tabla se muestra los datos ya procesados y tabulados, la parte resaltada es lo que usaremos para el cálculo del caudal.

Para 50 años:

Los datos que se tiene son el Pmax obtenido del Hidroesta de 95.60

Tabla 17

Tabulación por horas para el cálculo de las intensidades para 50 años

Hora t	Precipitación de 24 horas		
	Tipo III	**Pacum. (mm.)**	**I (mm./hr)**
0.00	0.000	0.00	0.00
2.00	0.020	1.91	0.96
4.00	0.043	4.11	1.10
6.00	0.072	6.88	1.39
7.00	0.089	8.51	1.63
8.00	0.115	10.99	2.49
8.50	0.130	12.43	2.87
9.00	0.148	14.15	3.44
9.50	0.167	15.97	3.63
9.75	0.178	17.02	4.21
10.00	0.189	18.07	4.21
10.50	0.216	20.65	5.16
11.00	0.250	23.90	6.50
11.50	0.298	28.49	9.18
11.75	0.339	32.41	15.68
12.00	0.500	47.80	61.57
12.50	0.702	67.11	38.62
13.00	0.751	71.80	9.37
13.50	0.785	75.05	6.50
14.00	0.811	77.53	4.97
16.00	0.886	84.70	3.59
20.00	0.957	91.49	1.70

24.00	1.000	95.60	1.03

Nota. Los datos de tiempo están en horas y el tipo 3 son datos no cambiables para la tabulación lo que cambia es la Pacum y la intensidad mediante el dato Pmáx obtenida del Hidroesta.

Con estos datos se procede a obtener una tabla donde se tenga por minutos y así generar el gráfico con su respectiva ecuación de la línea de tendencia para así obtener la intensidad reajustada.

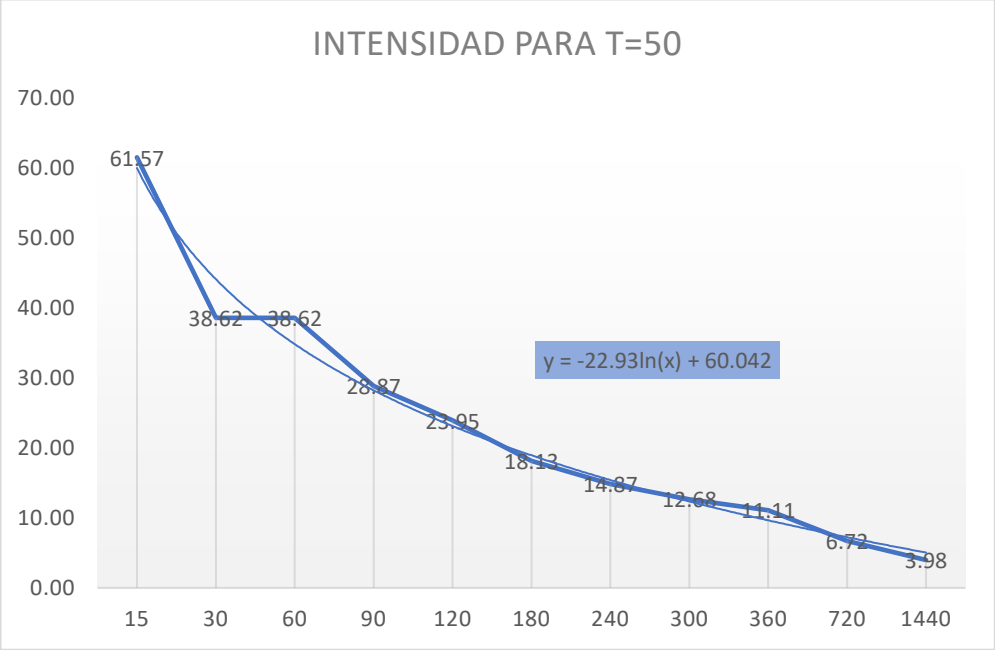
Tabla 18

Intensidad de diseño en minutos para 50 años

INTENSIDAD DE DISEÑO		
N°	**TIEMPOS (minutos)**	**INTENSIDAD T: 50 años(mm./hora)**
1	15	61.57
2	30	38.62
3	60	38.62
4	90	28.87
5	120	23.95
6	180	18.13
7	240	14.87
8	300	12.68
9	360	11.11
10	720	6.72
11	1440	3.98

Nota. Estos datos son obtenidos de la tabla anterior la diferencia es que aquí se obtiene la intensidad total, pero en minutos hasta llegar a dos horas que es 1440, con estos datos se procede a obtener los datos para el gráfico y así reajustarlos.

Figura 22
Gráfico de intensidad para un T=50 años



Nota. El gráfico está elaborado con los datos anteriores de la tabla de intensidades en minutos y luego se trazó la línea de tendencia y así obtener la ecuación correspondiente para realizar el reajuste y así obtener la intensidad reajustada mediante el gráfico y la ecuación del gráfico.

Luego de obtener los datos necesarios como la ecuación del gráfico se procede a reajustar los datos:

Tabla 19
Intensidades reajustadas usando la ecuación del gráfico para 50años

INTENSIDADES DE DISEÑO			
N°	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	85.23
2	20	1.33	53.45
3	40	2.33	40.61
4	60	3	34.85
5	90	4	28.25
6	120	5	23.14
7	180	6	18.96
8	240	7	15.42
9	300	8	12.36
10	360	9	9.66
11	720	10	7.24
12	1440	11	5.06

Nota. En la tabla se muestra las intensidades de diseño para cada tiempo en minutos todos ellos reajustados mediante la ecuación obtenida previamente, de todos estos datos elegiremos el de 120 min siendo la intensidad de 23.14.

Luego de obtener la intensidad se procede a calcular la Precipitación efectiva para calcular el caudal de hidrograma unitario.

Tabla 20

Datos para el cálculo de la precipitación efectiva para 50 años

Período de Retorno (T)	**50**	**años**
Duración de lluvia (D)	120	mín.
Intensidad (i)	23.138	mm./hr
Precipitación acum. (P)	46.275	mm.
Intervalos de lluvia (Δt)	s/dist. Tipo III	horas
Número de Intervalos	indicado	horas
Precipitación por c/Δt	indicado	horas
Número de Curva (CN)	70	
Abstracción Máxima (S)	108.857	mm.
Abstracción Inicial (Ia)	21.771	mm.

Nota. En la tabla se muestra los datos que se usaran para el cálculo de la precipitación efectiva, todos estos datos fueron calculados ya previamente.

Después de los datos se procede a tabular la precipitación efectiva dando lo siguiente:

Tabla 21

Precipitación efectiva para 50 años

Pérdidas acumuladas				
P (mm.)	**Ia (mm.)**	**Fa (mm.)**	**Pe (mm.)**	**Pe (cm.)**
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46.275	21.771	20.001	4.502	0.450
92.550	21.771	42.891	27.888	2.789
138.826	21.771	56.403	60.651	6.065
161.963	21.771	61.277	78.915	7.892
185.101	21.771	65.321	98.008	9.801
196.670	21.771	67.096	107.802	10.780
208.238	21.771	68.732	117.735	11.773
219.807	21.771	70.245	127.791	12.779
225.591	21.771	70.959	132.861	13.286
231.376	21.771	71.647	137.957	13.796
242.945	21.771	72.952	148.222	14.822
254.513	21.771	74.168	158.574	15.857
266.082	21.771	75.304	169.007	16.901

271.867	21.771	75.845	174.250	17.425
277.651	21.771	76.368	179.511	17.951
289.220	21.771	77.367	190.081	19.008
300.789	21.771	78.306	200.711	20.071
312.357	21.771	79.191	211.395	21.139
323.926	21.771	80.026	222.129	22.213
370.201	21.771	82.944	265.486	26.549
462.752	21.771	87.306	353.675	35.367
555.302	21.771	90.411	443.120	44.312

Nota. En la tabla se muestra los datos ya procesados y tabulados, la parte resaltada es lo que usaremos para el cálculo del caudal.

- Hidrograma unitario para los caudales

  Para 5 años:

Tabla 22

Datos para calcular el caudal de hidrograma unitario

Intensidad (i)	13.589	mm/hr		
Duración	2.000	horas	120	min
Precipitación efectiva	224.179	mm	22.42	cm
Caudal base	0.000	m3/s	0	m3/s

Nota. En la tabla se muestra los datos ya procesados y tabulados previamente.

Luego con esos datos se procede a hacer correr la plantilla y nos da la siguiente tabla:

Tabla 23

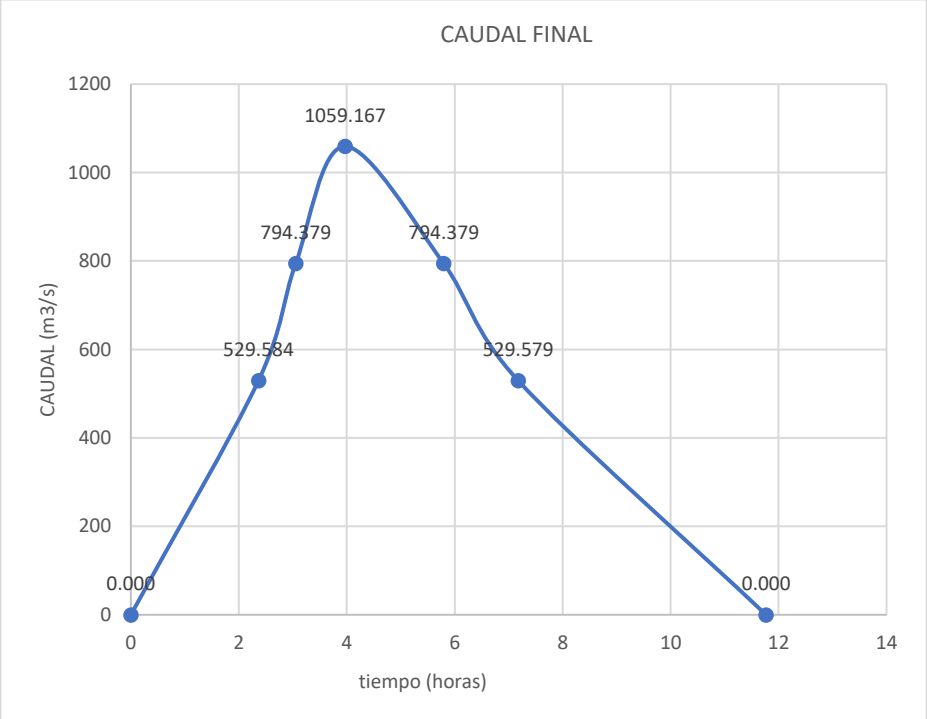
Cálculo de caudal final para 5 años

Tiempo (h)	PeXcm. De lluvia (m2/s/cm)	Qe(m3/s)	Caudal base (m3/s)	Qe final (m3/s)	Observ.
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.365	23.623	529.584	0.000	529.584	2.365
3.055	35.435	794.379	0.000	794.379	3.055
3.969	47.246	1059.167	0.000	1059.167	3.969
5.796	35.435	794.379	0.000	794.379	5.796
7.175	23.623	529.579	0.000	529.579	7.175
11.768	0.000	0.000	0.000	0.000	11.768

Nota. En la tabla se muestra los datos ya procesados donde el Qe es la multiplicación de la presión efectiva con el tiempo y al final el Qe final es la suma del Qe con el caudal base.

Luego de obtener los caudales se procede a graficar el hidrograma unitario con los datos que ya tenemos de la tabla anterior dando lo siguiente:

Figura 23
Gráfico del hidrograma del caudal para 5 años



Nota. En el hidrograma se puede interpretar que el caudal máximo que se producirá en 5 años es de 1059.167 m3/s y que el mínimo es de 529.579 m3/s.

Para 10 años:

Tabla 24
Datos para calcular el caudal de hidrograma unitario para 10 años

Intensidad (i)	21.935	mm/hr		
Duración	2.000	horas	120	min
Precipitación efectiva	224.179	mm	22.42	cm
Caudal base	0.000	m3/s	0	m3/s

Nota. En la tabla se muestra los datos ya procesados y tabulados previamente.

Luego con esos datos se procede a hacer correr la plantilla y nos da la siguiente tabla:

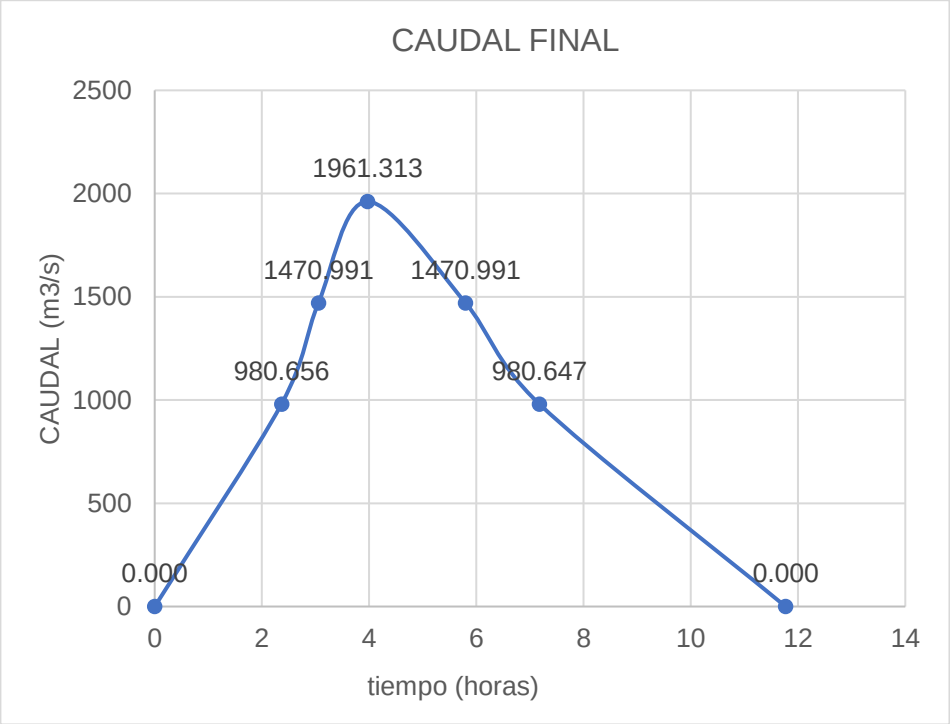
Tabla 25
Cálculo de caudal final para 10 años

Tiempo (h)	PeXcm. De lluvia (m2/s/cm)	Qe(m3/s)	Caudal base (m3/s)	Qe final (m3/s)	Observ.
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.365	23.623	980.656	0.000	980.656	2.365
3.055	35.435	1470.991	0.000	1470.991	3.055
3.969	47.246	1961.313	0.000	1961.313	3.969
5.796	35.435	1470.991	0.000	1470.991	5.796
7.175	23.623	980.647	0.000	980.647	7.175
11.768	0.000	0.000	0.000	0.000	11.768

Nota. En la tabla se muestra los datos ya procesados donde el Qe es la multiplicación de la presión efectiva con el tiempo y al final el Qe final es la suma del Qe con el caudal base.

Luego de obtener los caudales se procede a graficar el hidrograma unitario con los datos que ya tenemos de la tabla anterior dando lo siguiente:

Figura 24
Gráfico del hidrograma del caudal para 10 años



Nota. En el hidrograma se puede interpretar que el caudal máximo que se producirá en 10 años es de 1961.313 m3/s y que el mínimo es de 980.647 m3/s.

Para 50 años:

Tabla 26
Datos para calcular el caudal de hidrograma unitario para 50 años

Intensidad (i)	23.138	mm/hr		
Duración	2.000	horas	120	min
Precipitación efectiva	443.120	mm	22.42	cm
Caudal base	0.000	m3/s	0	m3/s

Nota. En la tabla se muestra los datos ya procesados y tabulados previamente.

Luego con esos datos se procede a hacer correr la plantilla y nos da la siguiente tabla:

Tabla 27
Cálculo de caudal final para 50 años

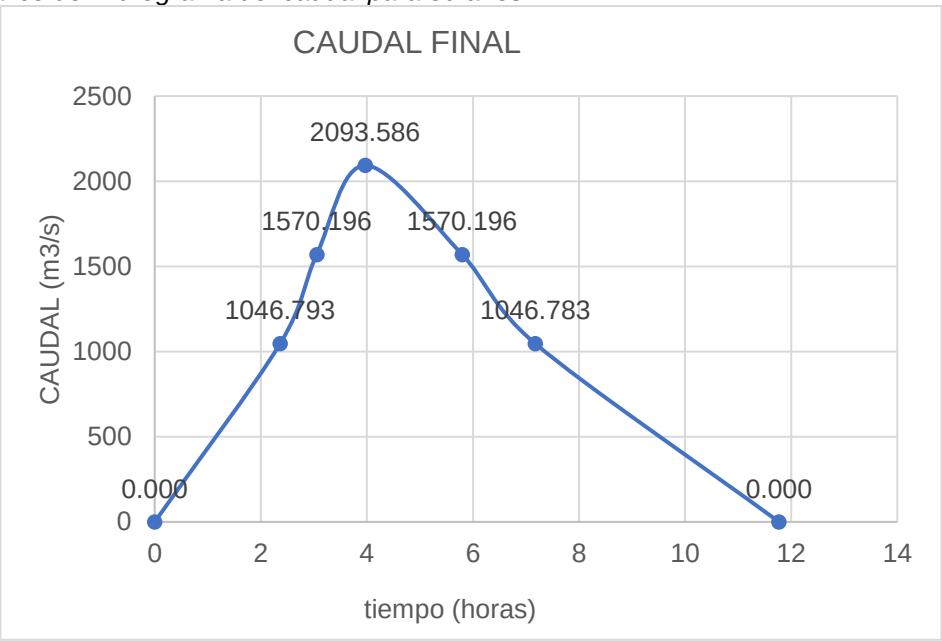
Tiempo (h)	PeXcm. De lluvia (m2/s/cm)	Qe(m3/s)	Caudal base (m3/s)	Qe final (m3/s)	Observ.

0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.365	23.623	1046.793	0.000	1046.793	2.365
3.055	35.435	1570.196	0.000	1570.196	3.055
3.969	47.246	2093.586	0.000	2093.586	3.969
5.796	35.435	1570.196	0.000	1570.196	5.796
7.175	23.623	1046.783	0.000	1046.783	7.175
11.768	0.000	0.000	0.000	0.000	11.768

Nota. En la tabla se muestra los datos ya procesados donde el Qe es la multiplicación de la presión efectiva con el tiempo y al final el Qe final es la suma del Qe con el caudal base.

Luego de obtener los caudales se procede a graficar el hidrograma unitario con los datos que ya tenemos de la tabla anterior dando lo siguiente:

Figura 25
Gráfico del hidrograma del caudal para 50 años



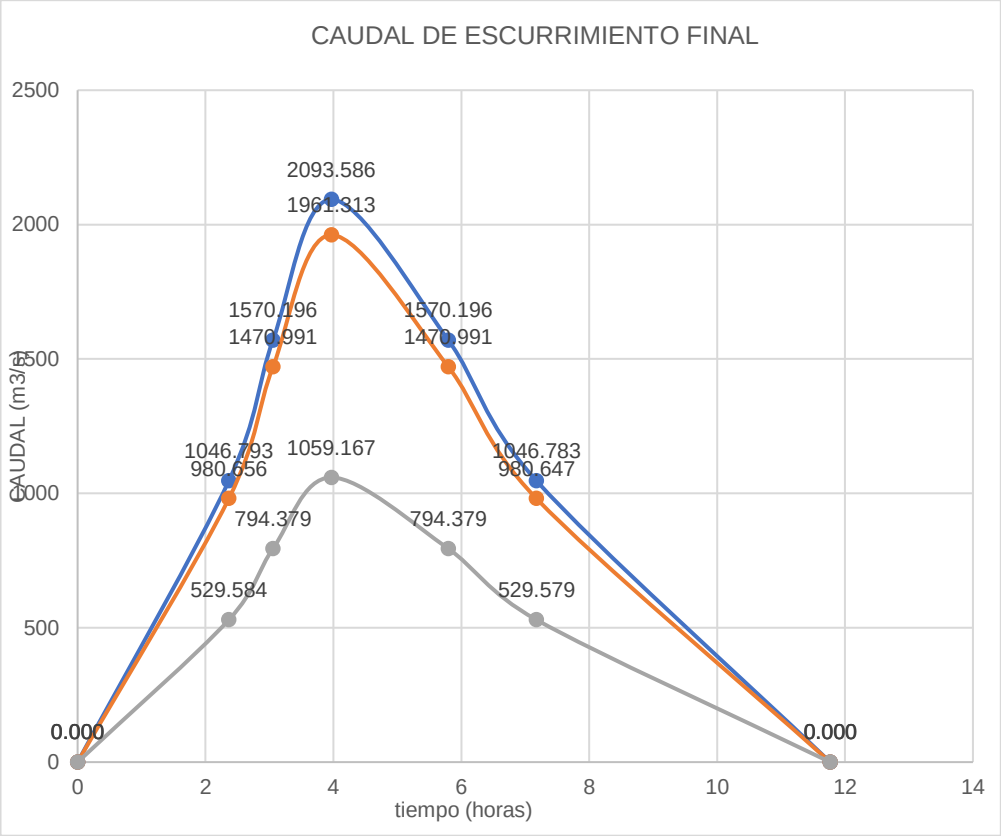
Nota. En el hidrograma se puede interpretar que el caudal máximo que se producirá en 50 años es de 2093.586 m3/s y que el mínimo es de 1046.793 m3/s.

- Hidrogramas de escorrentía directa para diferentes periodos de retorno

Con los hidrogramas obtenidos se procede a colocar los tres hidrogramas en uno mismo y así ver el hidrograma final para los 3 periodos de retornos que se eligió de 5 años, 10 años y 50 años.

Figura 26

Hidrograma para todos los periodos de retorno



Nota. En el hidrograma nos muestra los tres periodos de retorno en un mismo gráfico, el de 5 años es el más pequeño de color gris, el de 10 años es de color naranja y el de 50 años es de color azul, también se puede mostrar que el de 10 años y 50 años son gráficos casi parecidos entonces el caudal incrementaría, pero mantendrá la misma tendencia en ese intervalo de tiempo.

Diseño y Medidas de Espigones

Los espigones son estructuras hidráulicas transversales construidas en ríos con el objetivo de controlar la erosión, modificar el flujo del agua o estabilizar las orillas. A continuación, se detallan los aspectos clave en el diseño y las medidas típicas de espigones.

Tipos de Espigones

- Espigones de Escollera: Construidos con bloques de roca o piedra colocados en forma de hileras.
- Espigones de Madera o Acero: Utilizados en algunos entornos costeros, generalmente más económicos, pero menos duraderos.

- Espigones de Hormigón: Más duraderos y utilizados en entornos donde la resistencia estructural es crucial.

Para este solo se está planteando las medidas típicas de los espigones, el material es variable que depende del presupuesto que se tenga a la implementación.

Medidas Típicas

Longitud del Espigón: Generalmente, los espigones se extienden desde la orilla hacia el lecho del río. La longitud puede variar considerablemente:

En nuestro estudio como es un río: Entre 10 y 50 metros.

Altura del Espigón: de 1 a 5 metros sobre el nivel medio del agua

Ancho de la Base: de 1 a 5 metros.

Pendiente típica: 1:2 a 1:3 (una unidad de altura por cada 2 o 3 unidades de longitud).

Esto solo es una propuesta de medidas que se puede usar para la construcción de espigones de forma general, en caso se tenga que plantear la construcción con la ayuda de las medidas y el caudal que se tiene para cada periodo de retorno se puede rediseñar y mejor las medidas como el tipo de espigón a elegir.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS

HG: Al emplear el hidrograma unitario, se puede estimar con precisión los caudales máximos en la cuenca del río Huallaga

El hidrograma unitario es un método de estimación de caudales más precisos por el gráfico que se tiene, después de procesar los datos se tuvo los siguientes caudales para los diferentes periodos de retorno:

Tabla 28

Caudales por método del hidrograma unitario

Periodo de retorno	Caudal calculado por el hidrograma unitario
5 AÑOS	1059.167
10 AÑOS	1961.313
50 AÑOS	2093.586

Nota. Se muestra el caudal calculado en el procesamiento de datos por método del hidrograma unitario para cada periodo de retorno

Si empleamos otro método para calcular el caudal como el método

Tabla 29

Caudales por método racional modificado

Periodo de retorno	Caudal calculado por el hidrograma unitario
5 AÑOS	1059.167
10 AÑOS	1961.313
50 AÑOS	2093.586

Nota. Se muestra el caudal calculado y mostrado en los anexos por el método racional modificado que es otra forma de calcular los caudales. Solo se puso los caudales en el anexo está la captura de la plantilla Excel usada.

Según lo mostrado en las dos tablas el método racional modificado es más fácil de desarrollar, pero el método de hidrograma unitario tiene mayor precisión por ende se muestra que el incremento del caudal en ellos, después de lo mostrado se puede afirmar que al emplear el hidrograma unitario nos ayuda a estimar con mayor precisión los caudales máximos de la cuenca en estudio, dando por válida la hipótesis planteada.

Hipótesis Específicas

- HE1: Si los datos de precipitación máxima registrados en la estación cercana reflejan eventos hidrológicos representativos, entonces podrán utilizarse con fiabilidad para estimar caudales en la cuenca del río Huallaga.

  Contrastación: Al analizar los datos obtenidos, se observó que los registros de precipitación de la estación cercana presentaron una correlación adecuada con los caudales estimados en eventos hidrológicos previos, validando así su representatividad para la estimación en la cuenca.

- HE2: Si se diseña un hidrograma unitario adaptado a las características geomorfológicas y de precipitación de la cuenca del río Huallaga, entonces se podrán estimar caudales con precisión en respuesta a precipitaciones dadas.

  Contrastación: El diseño del hidrograma unitario mostró un ajuste preciso al comparar sus resultados con eventos de caudal histórico, confirmando que el hidrograma unitario diseñado es representativo de las condiciones de la cuenca.

- HE3: Si se crean hidrogramas de escorrentía directa en función de los periodos de retorno seleccionados, entonces se podrán prever los caudales máximos de la cuenca para distintos eventos extremos.

  Contrastación: Los hidrogramas creados para los periodos de retorno de 5, 10, y 50 años reflejaron con precisión los caudales máximos esperados, lo que indica que la metodología aplicada es adecuada para proyectar los caudales extremos de la cuenca.
- HE4: Si las dimensiones de los espigones son adecuadas según los caudales estimados y el análisis de estabilidad estructural, entonces los espigones serán efectivos para controlar la erosión y canalizar el caudal sin comprometer su integridad.

  Contrastación: Las dimensiones propuestas para los espigones demostraron ser óptimas en simulaciones y pruebas de carga, lo que sugiere que estas estructuras serán efectivas para la protección de la cuenca y la prevención de erosión, cumpliendo con los parámetros de diseño hidráulico y estructural.

CAPÍTULO V
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- Después de obtener las precipitaciones máximas de la estación Tulumayo, se procesó esos datos en el Hidroesta para obtener el delta teórico menor y así elegir la distribución adecuada, siendo esta la distribución de Gumbel con un delta teórico de 0.0733. Para Salazar (2023), en su estudio cuando realizo la prueba de bondad opto por la prueba tubular osea que no uso ningún programa para el calculó del delta teórico y así elegir la distribución con menor delta, al usar la prueba tabular mediante plantillas de excel con fórmulas ingresada obtuvo la distribución normal con el menor delta teórico siendo de 0.0548. la diferencia que se puede observar es que los datos obtenidos de la precipitación influyen mucho para este estudio fue tomado en la estación Tulumayo pero para Salazar opto con otra estación cercana a su lugar de estudio y la segunda diferencia es que uso el excel para el cálculo del delta teórico y en este estudio se prefirió usar el programa Hidroesta para así evitar errores al ingresar los datos a comparación de la forma tabular.
- Para 5 años se tuvo el Pmax obtenido del Hidroesta de 56.18 mm; para 10 años se tuvo el Pmax obtenido del Hidroesta de 68.50 mm y para 50 años se tuvo el Pmax obtenido del Hidroesta de 95.60 mm. Para Cabrera & Suarez (2022), el P máx que obtuvo fue de 150 mm, ellos no usaron el Hidroesta para calcular el Pmax y solo hicieron para un periodo de retorno de 100 años, ellos al igual que Salazar optaron por el método tabular y así estimar la P máx para 100 años con la distribución de Log normal que les salió en esa tabulación, al igual que Salazar, el cambio de metodología y el cambio de los datos de estación nos muestras dos diferentes metodologías que dependiendo del estudio y la efectividad de la misma se puede usar.
- El resultado analizado (intensidad para 5 años = 13.59 mm/hora) es menor al reportado por García (16.45 mm/hora). Esto podría deberse a diferencias en las características climáticas de las cuencas estudiadas

o en la metodología utilizada para calcular las intensidades. Es importante considerar la variabilidad espacial y temporal de la precipitación, así como los datos pluviométricos utilizados. Ambos estudios reportan valores relativamente cercanos para el periodo de retorno de 10 años (21.93 mm/hora frente a 22.78 mm/hora). Esta similitud sugiere que los métodos de cálculo y las condiciones hidroclimáticas podrían ser comparables en este intervalo de tiempo. Para 50 años se observa una diferencia más significativa entre ambos estudios, donde García reporta 28.32 mm/hora frente a los 23.14 mm/hora del resultado analizado. Esto podría indicar que el análisis de García refleja una mayor variabilidad o intensidad de eventos extremos en la cuenca del río Mantaro, o bien que el resultado analizado subestima ligeramente las intensidades para periodos de retorno largos.

- Para 5 años se tuvo el Caudal por el método del hidrograma unitario de 1059.167 m3/s; para 10 años se tuvo el Caudal por el método del hidrograma unitario de 1961.313 m3/s y para 50 años se tuvo el Caudal por el método del hidrograma unitario de 2093.586 m3/s. González et al. (2022), realizó un estudio en una cuenca hidrológicamente similar utilizando el método del hidrograma unitario, y sus resultados fueron los siguientes: Caudal de 980 m^3/s. para 5 años, para 10 años caudal de 1500 m^3/s y 50 años: Caudal de 2200 m^3/s.

  Incremento entre 5 y 10 años: En ambos estudios, se observa un incremento significativo en el caudal, lo que es consistente con la teoría hidrológica que sugiere una mayor acumulación y escorrentía con eventos de precipitación más intensos. Sin embargo, González et al. reportan un incremento menor (aproximadamente 53%) comparado con el 85% en el resultado original. Incremento entre 10 y 50 años: González et al. reportan un incremento de aproximadamente 47%, que es sustancialmente mayor al 7% observado en los resultados originales. Esta diferencia podría deberse a una mayor capacidad de almacenamiento en la cuenca estudiada por González et al., o a diferencias en los parámetros del hidrograma unitario, como el tiempo

de concentración. Los caudales máximos estimados en ambos estudios son de magnitudes similares, aunque el resultado original muestra caudales más altos para los periodos de retorno más bajos (5 y 10 años), mientras que González et al. presentan un caudal mayor para el periodo de retorno de 50 años. Esta diferencia podría indicar que la cuenca estudiada en el resultado original tiene una respuesta más rápida y concentrada a eventos moderados de precipitación, lo que resulta en caudales máximos más altos a corto plazo, pero con una disminución en la capacidad de generar caudales adicionales durante eventos más extremos. En contraste, la cuenca de González et al. podría tener un sistema de escorrentía más distribuido o un mayor almacenamiento, lo que permite un mayor incremento de caudales con eventos extremos.

CONCLUSIONES

- Después de obtener las precipitaciones máximas de la estación Tulumayo, se procesó esos datos en el Hidroesta para obtener el delta teórico menor y así elegir la distribución adecuada, siendo esta la distribución de Gumbel con un delta teórico de 0.0733.
- Para 5 años se tuvo el Pmax obtenido del Hidroesta de 56.18 mm; para 10 años se tuvo el Pmax obtenido del Hidroesta de 68.50 mm y para 50 años se tuvo el Pmax obtenido del Hidroesta de 95.60 mm.
- Para 5 años se tuvo la intensidad de diseño para 120 min. de 13.59 mm/hora; para 10 años se tuvo la intensidad de diseño para 120 min. de 21.93 mm/hora y para 50 años se tuvo la intensidad de diseño para 120 min. de 23.14 mm/hora.
- Para 5 años se tuvo la precipitación efectiva de 224.179 mm; para 10 años se tuvo la precipitación efectiva de 415.124 mm y para 50 años se tuvo la precipitación efectiva de 443.120 mm.
- Se concluye que para 5 años se tuvo el Caudal por el método del hidrograma unitario de 1059.167 m3/s; para 10 años se tuvo el Caudal por el método del hidrograma unitario de 1961.313 m3/s y para 50 años se tuvo el Caudal por el método del hidrograma unitario de 2093.586 m3/s.
- Se concluye que para el diseño de un espigón se debe tener en cuenta lo siguiente: En nuestro estudio como es un río: Entre 10 y 50 metros de largo. Para la altura del Espigón: de 1 a 5 metros sobre el nivel medio del agua, el ancho de la Base: de 1 a 5 metros. Y la pendiente típica: 1:2 a 1:3 (una unidad de altura por cada 2 o 3 unidades de longitud). Esto solo es una propuesta de medidas que se puede usar para la construcción de espigones de forma general, en caso se tenga que plantear la construcción con la ayuda de las medidas y el caudal que se tiene para cada periodo de retorno se puede rediseñar y mejor las medidas como el tipo de espigón a elegir.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable actualizar periódicamente los datos de precipitación y caudales utilizados en el análisis, especialmente si se producen cambios significativos en el clima o en el uso del suelo de la cuenca. La actualización constante permite mantener la precisión en la estimación de caudales y el diseño de estructuras hidráulicas.
- Aunque la distribución de Gumbel fue adecuada para este estudio, se recomienda considerar otras distribuciones estadísticas, como la de Log-Pearson III o Generalizada de Valores Extremos (GEV), para comparar resultados y asegurar que se selecciona el modelo más adecuado para las condiciones de la cuenca.
- Para mejorar la estimación de las intensidades de precipitación y su impacto en los caudales, se sugiere realizar un análisis comparativo utilizando diferentes duraciones de eventos y periodos de retorno, lo que permitirá optimizar el diseño hidráulico, especialmente en eventos extremos.
- Dado que la precipitación efectiva es clave para la generación de caudales, es importante considerar diferentes métodos de cálculo de precipitación efectiva, como la curva de número (CN) del SCS, y compararlos con los resultados actuales para validar y mejorar la estimación.
- Además de diseñar los espigones con las medidas propuestas, se recomienda implementar un programa de monitoreo y mantenimiento regular para asegurar que las estructuras funcionen correctamente a lo largo del tiempo y puedan ser ajustadas o reforzadas según sea necesario.
- Se sugiere adoptar un enfoque de diseño adaptativo, en el que las dimensiones y características de los espigones puedan ser modificadas con base en el comportamiento real del río y los caudales observados en eventos extremos. Esto permitirá una respuesta más flexible y eficaz ante cambios en el régimen hidrológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Diciembre de 2014). Obtenido de Scielo: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482014000200012

(12 de Junio de 2015). Obtenido de Sildeshare: https://es.slideshare.net/daneilysgiusti23522114/escurrimiento-49665327

(24 de 04 de 2024). Obtenido de CIDHMA: https://www.cidhma.edu.pe/abstracciones-hidrologicas/

Aguilar, Y. (noviembre de 2022). *resarch.com.* Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Mapa-de-la-duracion-del-periodo-de-lluvias-Modificado-de-Delgado-Carranza-2010-y_fig1_309193502

Aliaga, A. S. (1983). *Tratamiento de datos hidrometeorológicos.* Lima-Perú.

Andes, A. (06 de Agosto de 2022). *intensidadddelluvia.* Obtenido de https://twitter.com/andyandeschile/status/1556082602511040512

Becerra, M. A. (1999). *Escorrentía, erosión y conservación de suelos. .*

Breña, A. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrologia Superficial .* México.

Cabrera, A. E., & Suarez, C. B. (2022). *Revisión sistemática: Análisis de la influencia de cobertura vegetal en el caudal de escorrentía en una cuenca mediante los modelos HEC – HMS y SWAT.*

Campos, D. (1998). *Procesos del Ciclo Hidrologico .* San Luis de Potosi.

CENEPRED. (2014). *Manual De Guía Metodológica De Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción De Riesgos De Desastres.*

Delgadillo, A. (2010). *Mofometria de Cuencas.* Lima.

Dueñas, B. C. (2021). *Análisis espacio – temporal de la precipitación en la ciudad de Bogotá para la gestión del riesgo de inundación por encharcamiento. Caso de estudio: UPZ Chicó Lago.*

Escenarios Hidricos . (25 de 05 de 2021). Obtenido de https://escenarioshidricos.cl/noticia/cuenca-hidrografica-la-unidad-territorial-optima-para-gestionar-recursos-hidricos/

Garcia, D. V. (2020). *Escorrentia Urbana.*

Lopez, S. M. (Dic de 2010). *researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-4-Pluviometria-tridimensional-del-emisor-espaciado-a-1-90-metros-y-a-una-presion_fig2_262512177

Ramos, V. J. (2021). *Diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la avenida 28 de agosto del distrito de Amarilis, Huánuco - 2019.*

Rodrigues, M. V. (diciembre de 2017). *researchgate.com.* Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Distribucion-espacial-del-promedio-de-lluvia-mm-esperada-en-epoca-de-secas_fig3_322671969

Rodriguez, I., & Valdés, J. (1979). *The Geomorphologic Structure of Hydrologic Response.*

Rogers, S. (2012). *ProFantasy Software Ltd. [En línea].* Obtenido de http://rpgmaps.profantasy.com/?p=2017

Salazar, A. R. (2023). *Aplicacion del software Hec Ras en la transformacion de lluvia - escorrentia para delimitar la inundacion de la quebrada San Carlos.* Trujillo - Perú.

Sanchez, O. J. (1974). *Modelos Matematicos.* Colombia.

Valer, M. J. (2021). *Evaluación de volúmenes de vinaza sobre la erosión hídrica de suelo.* Lima - Perú.

Villodas, R. (2008). *Hidrologia .* Facultad de ingenieria Civil UNC.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Bravo Alvarez, J. L. (2025). *Modificación de la relación entre la escorrentía y precipitación mediante el uso del hidrograma unitario geomorfológico en la cuenca del rio Huallaga – Huánuco 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. https://

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 30

Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	
PROBLEMA GENERAL: ¿Como se modifica la relación entre la escorrentía y precipitación en la cuenca del rio Huallaga mediante el uso de la aplicación del hidrograma unitario? PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ¿Cómo se lleva a cabo el análisis de los datos recopilados de la precipitación máxima de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024? ¿Al aplicar el hidrograma unitario geomorfológico en la estimación de la escorrentía y precipitación de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024? ¿Cuál es el proceso para crear hidrogramas de escorrentía directa para la cuenca del río Huallaga Huánuco 2024? ¿Cómo influye la relación de escorrentía y precipitación	OBJETIVO GENERAL Modifica la relación de la escorrentía y precipitación en la cuenca del rio Huallaga mediante el uso de la aplicación del hidrograma unitario. OBJETIVOS ESPECÍFICOS Analizar de los datos recopilados de la precipitación máxima de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024. Diseñar el hidrograma unitario geomorfológico en la estimación de la escorrentía y precipitación de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024. Crear hidrogramas de escorrentía directa para la cuenca del río Huallaga Huánuco 2024. Determinar la relación de escorrentía y precipitación mediante el uso del hidrograma	HIPÓTESIS GENERAL H: La aplicación del hidrograma unitario geomorfológico permite modificar la aplicación de la escorrentía y precipitación en la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS HE1: Si los datos de precipitación máxima reflejan eventos hidrológicos representativos, entonces podrán utilizarse con fiabilidad en la cuenca del río Huallaga Huánuco 2024. HE2: Si se diseñar el hidrograma unitario geomorfológico en la estimación de la escorrentía y precipitación de la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024, entonces se podrán estimar caudales con precisión en respuesta a precipitaciones dadas. HE3: Si se crea hidrogramas de escorrentía directa para la cuenca del	**Variable dependiente** Variable 1: Método del hidrograma unitario. **Población y muestra:** El trabajo de estudio tomará como población todas las condiciones hidrológicas y geomorfológicas dentro de la cuenca del río Huallaga en Huánuco Distrito de José Crespo y Castillo - Provincia Leoncio Prado-Departamento de Huánuco. Y la muestra está en el tramo de la localidad de Aucayacu.

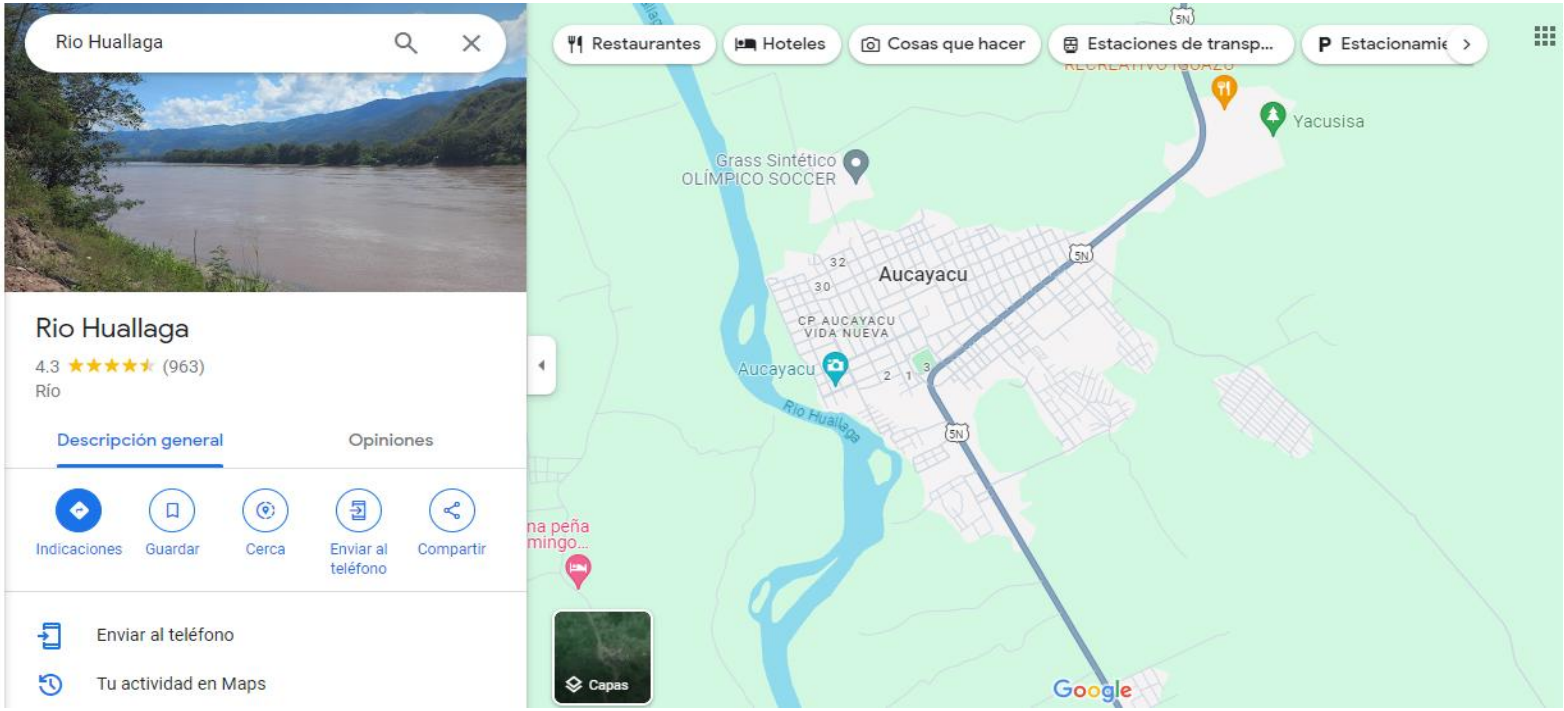
mediante el uso del hidrograma unitario geomorfológico en el diseño hidráulico y estructural de espigones en la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024?	unitario geomorfológico en el diseño hidráulico y estructural de espigones en la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024.	río Huallaga Huánuco 2024, entonces se podrán prever los caudales máximos de la cuenca para distintos eventos extremos. HE4: Si se determinar la relación de escorrentía y precipitación mediante el uso del hidrograma unitario geomorfológico en el diseño hidráulico y estructural de espigones en la cuenca del rio Huallaga Huánuco 2024, entonces los espigones serán efectivos para controlar la erosión y canalizar el caudal sin comprometer su integridad.	

ANEXO 2

PLANO DE UBICACIÓN

Figura 27

Imagen satelital



ANEXO 3

DATOS DE PRECIPITACIÓN

Figura 28
Periodo 07-2022

Grafico Tabla

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO Provincia : LEONCIO PRADO Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO Ir : 2022-07
Latitud : 9°8'49.4" S Longitud : 76°0'33.97" W Altitud : 612 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica Codigo : 109028

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2022-07-01	31.5	19.2	85.3	0.0
2022-07-02	31.5	18.2	83.4	0.0
2022-07-03	32.2	18.4	82.6	0.0
2022-07-04	32.3	19.3	82.4	0.0
2022-07-05	30.8	19.5	86.1	0.0
2022-07-06	31.7	20.3	80.7	0.0
2022-07-07	32.4	18.5	83.8	20.8
2022-07-08	30.4	21	87.0	7.3
2022-07-09	31.6	20.4	83.9	0.0
2022-07-10	32	20.5	85.0	0.0
2022-07-11	32	19	82.5	9.2
2022-07-12	29.4	19.8	83.7	1.6
2022-07-13	31.3	20.5	82.6	9.5

Figura 29
Periodo 08-2022

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO Provincia : LEONCIO PRADO Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO Ir : 2022-08
Latitud : 9°8'49.4" S Longitud : 76°0'33.97" W Altitud : 612 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica Codigo : 109028

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2022-08-01	31.6	19.9	85.4	2.5
2022-08-02	28.1	20.4	90.4	0.5
2022-08-03	31.3	17.9	83.1	34.2
2022-08-04	30	20.2	87.4	0.8
2022-08-05	31.2	20.6	83.7	5.9
2022-08-06	32.4	21	84.0	0.4
2022-08-07	31.3	21.1	82.0	13.2
2022-08-08	27.9	20.7	91.2	0.7
2022-08-09	30.8	19	83.7	0.0
2022-08-10	28.8	19.8	87.5	6.0
2022-08-11	31.4	20	81.6	1.2
2022-08-12	30	20.8	85.8	13.8
2022-08-13	31.9	19.5	76.3	0.0
2022-08-14	32.4	19.5	79.4	0.0
2022-08-15	31.7	19.4	82.3	0.0
2022-08-16	32.8	19	82.5	0.0

Figura 30
Periodo 09-2022

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2022-09
Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2022-09-01	33.2	18.2	76.7	0.0
2022-09-02	33.9	18.8	80.8	0.0
2022-09-03	33.8	18.8	74.5	0.0
2022-09-04	29.4	18.9	86.3	0.0
2022-09-05	31.7	20.1	82.3	0.0
2022-09-06	32.3	20.2	81.5	0.2
2022-09-07	32.7	18.9	82.2	0.0
2022-09-08	33.6	17	76.9	9.3
2022-09-09	31.2	20	85.2	0.0
2022-09-10	30.9	18	84.7	0.0
2022-09-11	34	18.4	83.0	0.0
2022-09-12	34.2	18.7	73.3	74.5
2022-09-13	33.4	20.9	80.1	15.3

Figura 31
Periodo 10-2022

Grafico | Tabla

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2022-10
Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2022-10-01	27.2	19.8	89.0	0.0
2022-10-02	33.3	18	79.2	0.0
2022-10-03	33.8	18.8	76.4	0.0
2022-10-04	34.6	18.6	75.2	0.0
2022-10-05	33.9	21.3	78.8	0.6
2022-10-06	34.7	21.4	74.7	43.0
2022-10-07	29.3	20.5	84.5	0.3
2022-10-08	32	20	81.1	2.0
2022-10-09	33.1	20.3	82.3	0.1
2022-10-10	33.7	20	77.5	1.8
2022-10-11	34.6	18.6	76.5	0.0
2022-10-12	34.8	20.3	76.5	0.0
2022-10-13	34.8	22.2	79.4	11.5

Figura 32
Periodo 11-2022

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2022-11
Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2022-11-01	29	21.5	85.5	7.1
2022-11-02	25.6	17.5	82.6	0.1
2022-11-03	31.4	16.8	77.5	0.0
2022-11-04	32.4	19.9	76.7	0.0
2022-11-05	30.5	21.2	80.0	0.0
2022-11-06	31.6	20.1	80.8	0.0
2022-11-07	33.9	18.8	76.5	0.0
2022-11-08	33.1	20.2	80.2	13.1
2022-11-09	34	20	72.6	0.4
2022-11-10	29.2	21	83.7	0.0
2022-11-11	31.2	20	82.9	0.3
2022-11-12	33.9	21.5	76.6	13.0
2022-11-13	34.2	22.6	81.0	5.8

Figura 33

Periodo 12-2022

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO Provincia : LEONCIO PRADO Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO Ir : 2022-12

Latitud : 9°8'49.4" S Longitud : 76°0'33.97" W Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica Codigo : 109028

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2022-12-01	30.2	21.9	82.5	0.0
2022-12-02	31.9	21.9	72.7	20.3
2022-12-03	28.4	20	84.6	0.0
2022-12-04	31.2	17.8	79.7	0.0
2022-12-05	33.2	17.6	75.8	0.0
2022-12-06	32.3	18.2	80.6	0.7
2022-12-07	26.8	17.8	85.1	0.0
2022-12-08	33.5	17.5	81.1	13.6
2022-12-09	32.1	20.4	86.7	8.9
2022-12-10	29.5	21.3	85.7	29.7
2022-12-11	32.3	17.8	78.5	0.0
2022-12-12	29.4	19.8	85.1	0.0
2022-12-13	27.8	21.6	88.9	0.9
2022-12-14	33.5	19	76.9	5.6
2022-12-15	33.7	21.8	76.9	22.2
2022-12-16	27.8	20.3	87.9	31.4

Figura 34

Periodo 01-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO Provincia : LEONCIO PRADO Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO Ir : 2023-01

Latitud : 9°8'49.4" S Longitud : 76°0'33.97" W Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica Codigo : 109028

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-01-01	24	20.2	94.3	21.3
2023-01-02	30.4	18.8	80.9	0.0
2023-01-03	30.7	20.4	85.4	2.5
2023-01-04	27.8	21.8	85.5	14.6
2023-01-05	26.6	21	90.5	37.4
2023-01-06	26	20.1	87.0	3.8
2023-01-07	32.3	17.7	78.9	0.0
2023-01-08	34.6	17.3	74.5	0.0
2023-01-09	34.2	19.8	74.2	2.8
2023-01-10	31.8	21.1	80.1	23.9
2023-01-11	33.2	20.8	82.2	1.7
2023-01-12	30.9	20.8	88.3	1.8
2023-01-13	33.8	20.9	80.1	0.1

Figura 35

Periodo 02-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO Provincia : LEONCIO PRADO Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO Ir : 2023-02

Latitud : 9°8'49.4" S Longitud : 76°0'33.97" W Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica Codigo : 109028

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-02-01	26.1	21.2	92.9	6.2
2023-02-02	29.4	19.8	87.7	18.9
2023-02-03	28.5	20.6	84.1	1.6
2023-02-04	30.2	19.8	80.9	0.1
2023-02-05	33.2	19.7	77.8	15.6
2023-02-06	22.2	21.6	94.6	28.3
2023-02-07	32.1	18.4	78.7	S/D
2023-02-08	33.1	19	77.6	33.5
2023-02-09	31	21.4	84.3	27.9
2023-02-10	33	20.2	80.2	13.1
2023-02-11	30.1	22	85.6	9.4
2023-02-12	30.3	21.6	86.2	6.7
2023-02-13	32	21.8	83.4	31.8
2023-02-14	30.2	21	88.4	5.9

Figura 36

Periodo 03-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2023-03

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-03-01	32.5	22	82.1	0.3
2023-03-02	32.8	20.8	82.3	0.7
2023-03-03	28	22.2	89.5	12.6
2023-03-04	31.3	19.8	86.1	8.5
2023-03-05	31.4	21.8	82.7	8.5
2023-03-06	29.8	20.3	84.2	0.6
2023-03-07	32.1	21.9	85.8	1.1
2023-03-08	32.6	21.8	80.3	0.0
2023-03-09	29.8	21.7	86.5	20.7
2023-03-10	22.8	21.6	95.2	22.7
2023-03-11	31.4	20	83.9	56.0
2023-03-12	26.4	21	90.8	2.3
2023-03-13	29.3	20.9	85.7	7.2

Figura 37

Periodo 04-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2023-04

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-04-01	29.6	21.4	87.4	0.4
2023-04-02	31.4	20.2	85.0	0.0
2023-04-03	32.9	20.8	83.2	1.0
2023-04-04	32.3	22.8	83.3	5.8
2023-04-05	33.4	21.1	84.1	5.4
2023-04-06	30.7	21.2	86.3	18.1
2023-04-07	30.2	19.9	85.2	0.7
2023-04-08	29.6	20	83.7	1.4
2023-04-09	31.8	20.5	83.0	0.0
2023-04-10	32.6	19.4	80.3	0.0
2023-04-11	32.2	21.5	79.2	0.0
2023-04-12	33.8	20.4	79.7	3.2
2023-04-13	33.2	21.5	83.1	6.3

Figura 38

Periodo 05-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2023-05

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-05-01	32.6	20.7	85.2	1.0
2023-05-02	32.2	21.2	85.5	6.8
2023-05-03	31.7	21.8	83.8	33.4
2023-05-04	31.6	21.9	86.1	Fatal error: Uncaught TypeError: Unsupported operand types: string + string in /var/www/html/mapas/mapa-estaciones-2/include/funcioneslibre.php:242 Stack trace: #0 /var/www/html/mapas/mapa-estaciones-2/_dt_est_tp_0s3n@mH1.php(2466): trazas() #1 {main} thrown in /var/www/html/mapas/mapa-estaciones-2/include/funcioneslibre.php on line 242

Figura 39

Periodo 06-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2023-06

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-06-01	32.2	21.5	81.2	14.6
2023-06-02	31.2	20.6	81.0	0.0
2023-06-03	31.6	19.5	81.5	0.0
2023-06-04	31.8	18	79.2	0.0
2023-06-05	32.2	18.7	78.3	0.0
2023-06-06	31.6	19.4	79.6	0.0
2023-06-07	29.3	20.3	86.7	1.9
2023-06-08	32.4	20.7	78.0	0.5
2023-06-09	31.8	21.1	80.0	13.3
2023-06-10	31.8	20.9	83.6	10.6
2023-06-11	31.7	21.6	81.4	11.0
2023-06-12	31.8	21.4	81.2	8.7
2023-06-13	30.2	21	83.6	0.1

Figura 40

Periodo 07-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2023-07

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-07-01	32	18.4	76.1	0.0
2023-07-02	32.5	18.8	79.0	0.0
2023-07-03	31.6	19	78.4	0.0
2023-07-04	32.5	19.2	77.4	0.0
2023-07-05	33	19.4	75.6	0.0
2023-07-06	32.5	19.6	79.3	6.0
2023-07-07	32.3	20	82.0	11.5
2023-07-08	30.3	20.2	85.3	69.0
2023-07-09	31.9	20.8	81.8	14.2
2023-07-10	32.6	21.1	79.0	26.8
2023-07-11	32.4	19.8	79.5	4.0
2023-07-12	32.4	21.2	78.8	0.0
2023-07-13	33	19.4	78.7	0.0

Figura 41

Periodo 08-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2023-08

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-08-01	33.1	18.7	73.7	0.0
2023-08-02	32.8	18.4	76.1	0.0
2023-08-03	33.2	18.2	75.8	0.0
2023-08-04	32.2	17.6	78.6	0.0
2023-08-05	33	17.3	78.7	0.0
2023-08-06	33.2	18.2	74.5	21.6
2023-08-07	32.2	21	79.3	0.0
2023-08-08	32.3	19.9	76.8	0.0
2023-08-09	33.2	18	77.1	0.0
2023-08-10	33.8	18.7	75.3	0.3
2023-08-11	32.8	20.7	72.9	4.8
2023-08-12	30.7	20.8	80.8	2.9
2023-08-13	27.6	20.4	80.8	2.7

Figura 42
Periodo 09-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO Provincia : LEONCIO PRADO Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO Ir : 2023-09
Latitud : 9°8'49.4" S Longitud : 76°0'33.97" W Altitud : 612 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica Codigo : 109028

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-09-01	34	18.7	73.1	0.0
2023-09-02	35.5	19.5	71.6	5.8
2023-09-03	34.8	19.5	76.0	6.2
2023-09-04	31.8	22	83.8	0.0
2023-09-05	31.6	21.4	80.0	4.5
2023-09-06	32.2	19.8	79.6	3.3
2023-09-07	33	19	80.0	0.0
2023-09-08	35.8	19.3	72.5	0.0
2023-09-09	35.9	18.8	72.1	0.0
2023-09-10	35	19.4	71.4	0.0
2023-09-11	34.6	20.1	79.3	0.0
2023-09-12	35.2	19.2	75.2	26.3
2023-09-13	34.3	20.5	77.7	0.3

Figura 43
Periodo 10-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO Provincia : LEONCIO PRADO Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO Ir : 2023-10
Latitud : 9°8'49.4" S Longitud : 76°0'33.97" W Altitud : 612 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica Codigo : 109028

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-10-01	34	21.9	83.4	26.4
2023-10-02	34.8	20.5	81.4	0.0
2023-10-03	33.7	21.7	79.8	0.0
2023-10-04	35.4	21.7	84.3	0.6
2023-10-05	34.9	21.4	83.7	0.0
2023-10-06	36.6	21.8	81.1	0.0
2023-10-08	30.4	22.3	86.2	2.3
2023-10-09	29.7	22.5	89.3	15.5
2023-10-10	S/D	21.4	S/D	S/D
2023-10-11	34.8	S/D	S/D	0.0
2023-10-12	32.3	21.4	85.0	0.3
2023-10-13	29.8	20.2	87.0	0.9
2023-10-14	27.6	21	89.6	0.2

Figura 44
Periodo 11-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO Provincia : LEONCIO PRADO Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO Ir : 2023-11
Latitud : 9°8'49.4" S Longitud : 76°0'33.97" W Altitud : 612 msnm.
Tipo : Convencional - Meteorológica Codigo : 109028

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-11-01	28.6	20.8	89.4	3.5
2023-11-02	25.2	21.6	94.0	1.7
2023-11-03	33.5	19.8	85.1	0.7
2023-11-04	27.8	21.6	93.0	2.8
2023-11-05	28.7	21.4	93.2	2.0
2023-11-06	33.8	20.4	84.4	0.0
2023-11-07	35.6	20.9	80.7	23.0
2023-11-08	35.4	19.6	79.9	8.8
2023-11-09	30.1	20.8	89.7	3.7
2023-11-10	34.4	21.5	84.2	0.0
2023-11-11	35	21	82.1	4.3
2023-11-12	34.8	21	83.0	31.8
2023-11-13	34.9	22.5	77.8	70.0

Figura 45

Periodo 12-2023

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2023-12

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2023-12-01	27	21.6	93.0	20.8
2023-12-02	31.6	21	82.2	0.7
2023-12-03	33.4	21.2	83.0	0.2
2023-12-04	31.8	22.8	84.5	7.2
2023-12-05	25.2	22.5	94.8	12.3
2023-12-06	32.1	21.6	83.4	2.3
2023-12-07	32.4	21.9	81.7	5.6
2023-12-08	30.1	22.3	88.5	7.5
2023-12-09	30.8	22.3	88.7	2.8
2023-12-10	33.2	22.6	84.9	0.0
2023-12-11	35	21.5	79.4	11.7
2023-12-12	33.4	23	87.4	33.0
2023-12-13	32.8	22.4	85.0	72.3

Figura 46

Periodo 01-2024

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2024-01

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-01-01	32.2	21.4	84.2	13.9
2024-01-02	29.6	22.2	87.1	37.1
2024-01-03	28.7	22	92.2	19.7
2024-01-04	26.6	22	93.5	5.8
2024-01-05	30.6	21.7	85.8	6.8
2024-01-06	S/D	21.7	86.5	6.3
2024-01-07	33.1	21.5	83.3	0.0
2024-01-08	33.8	22.2	81.2	2.9
2024-01-09	33.5	21.5	84.2	5.1
2024-01-10	30.2	23	85.3	0.0
2024-01-11	34.6	21	82.5	0.4
2024-01-12	32.2	22	84.6	0.0
2024-01-13	35.4	21	75.7	46.6

Figura 47

Periodo 02-2024

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2024-02

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-02-01	33	21.7	84.7	1.4
2024-02-02	33.7	23	85.1	0.4
2024-02-03	33.2	22.2	84.5	0.0
2024-02-04	34	22	83.5	0.0
2024-02-05	34.6	21.2	83.0	0.0
2024-02-06	33.6	19.5	79.3	0.0
2024-02-07	31.6	20	84.2	0.0
2024-02-08	35.6	20.3	79.4	1.5
2024-02-09	35	22.8	81.6	0.9
2024-02-10	32.8	22	84.5	0.9
2024-02-11	33.8	21.6	82.2	4.5
2024-02-12	31.4	22.4	86.2	56.0
2024-02-13	30.9	21.5	87.8	17.6

Figura 48

Periodo 03-2024

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2024-03

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-03-01	30	21.6	85.7	30.3
2024-03-02	32.5	21.3	84.0	18.9
2024-03-03	33	22	83.9	0.1
2024-03-04	32	22.5	84.2	44.5
2024-03-05	31.5	22.1	87.9	34.7
2024-03-06	32.3	21.5	83.8	48.6
2024-03-07	29	21.8	87.7	22.8

Figura 49

Periodo 04-2024

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2024-04

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-04-01	24.7	22.8	95.3	7.5
2024-04-02	33.2	21.1	81.9	2.1
2024-04-03	31	21.6	86.8	0.0
2024-04-04	33	22.2	83.3	0.0
2024-04-05	29.5	22.2	91.3	5.8
2024-04-06	33.5	20.9	86.5	22.1
2024-04-07	32.7	22.2	85.6	2.3
2024-04-08	30	22	89.1	0.3
2024-04-09	33	20.5	82.4	0.2
2024-04-10	34.5	23	77.3	0.0
2024-04-11	32	22	85.2	13.2
2024-04-12	33.8	22.1	82.8	10.9
2024-04-13	33.5	23	82.4	1.2

Figura 50

Periodo 05-2024

Estación : TULUMAYO

Departamento : HUANUCO | Provincia : LEONCIO PRADO | Distrito : JOSE CRESPO Y CASTILLO | Ir : 2024-05

Latitud : 9°8'49.4" S | Longitud : 76°0'33.97" W | Altitud : 612 msnm.

Tipo : Convencional - Meteorológica | Codigo : 109028

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-05-01	34.2	22.4	83.8	47.2
2024-05-02	34	22	84.1	0.4
2024-05-03	33.6	22.6	83.7	39.0
2024-05-04	28.7	22.1	87.5	0.0
2024-05-05	31.6	22.2	87.1	3.4
2024-05-06	32.7	23.2	87.0	9.6
2024-05-07	32	22.2	88.5	0.6
2024-05-08	31.8	22.8	85.8	0.0
2024-05-09	34.3	23.3	85.7	0.7
2024-05-10	32	22.9	87.1	6.6
2024-05-11	33.7	23	84.3	10.2
2024-05-12	32	23.6	86.4	4.4
2024-05-13	32.5	22.7	85.8	1.0
2024-05-14	29	21.9	88.6	2.9
2024-05-15	29	22.4	94.0	17.0
2024-05-16	29.3	20.8	87.9	2.4

Figura 51

Periodo 06-2024

Estación : TULUMAYO

Departamento :	HUANUCO	Provincia :	LEONCIO PRADO	Distrito :	JOSE CRESPO Y CASTILLO	Ir : 2024-06
Latitud :	9°8'49.4" S	Longitud :	76°0'33.97" W	Altitud :	612 msnm.	
Tipo :	Convencional - Meteorológica	Codigo :	109028			

Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-06-01	31.8	19.8	83.0	0.0
2024-06-02	32	20.6	83.7	0.0
2024-06-03	32.5	19.8	80.5	0.0
2024-06-04	31.5	16.4	84.0	0.0
2024-06-05	32	19.4	84.3	0.0
2024-06-06	31.5	20.8	86.3	0.0
2024-06-07	32.5	20.7	82.5	0.0
2024-06-08	32.7	20.1	84.0	0.0
2024-06-09	31.5	20.6	83.5	0.0
2024-06-10	29.3	19.7	87.8	0.0
2024-06-11	30.3	19.6	87.0	0.0
2024-06-12	32.5	20.3	84.4	11.9
2024-06-13	32	22.2	83.8	3.5
2024-06-14	33.1	21.4	85.7	3.1
2024-06-15	28.8	22.2	89.3	3.0
2024-06-16	30.1	21.5	90.9	15.4

Figura 52

Periodo 07-2024

Estación : TULUMAYO

Departamento :	HUANUCO	Provincia :	LEONCIO PRADO	Distrito :	JOSE CRESPO Y CASTILLO	Ir : 2024-07
Latitud :	9°8'49.4" S	Longitud :	76°0'33.97" W	Altitud :	612 msnm.	
Tipo :	Convencional - Meteorológica	Codigo :	109028			

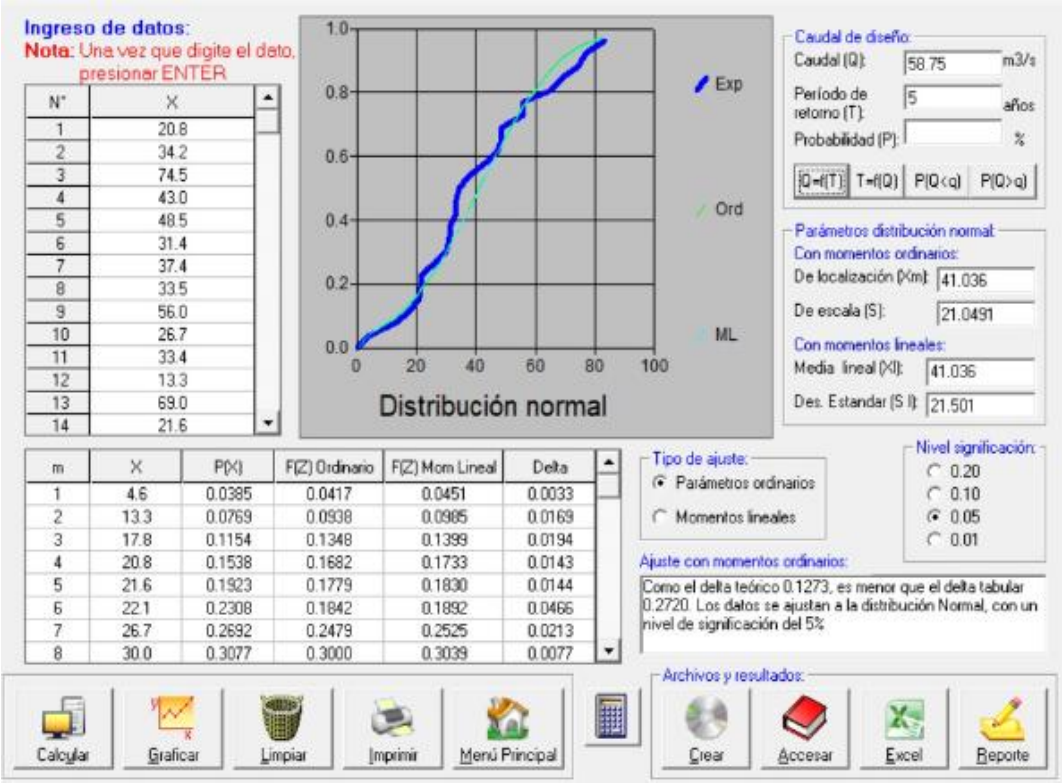
Exportar a Excel | Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
2024-07-01	29.8	21.5	88.4	1.6
2024-07-02	30.9	20.3	86.7	2.0
2024-07-03	31.3	20	86.7	0.0
2024-07-04	32.2	18.4	82.1	0.0
2024-07-05	32.3	19.6	86.3	0.0
2024-07-06	32.5	20.3	82.6	0.0
2024-07-07	31.4	20.4	84.3	2.3
2024-07-08	32.2	19.8	85.7	1.2
2024-07-09	31	21.8	86.8	2.2
2024-07-10	31	21.5	85.9	0.4
2024-07-11	30.8	21.4	83.9	2.5
2024-07-12	30	22	85.3	0.0
2024-07-13	30.1	19.8	80.3	0.6
2024-07-14	29.9	21	84.5	2.0

ANEXO 4

HIDROESTA

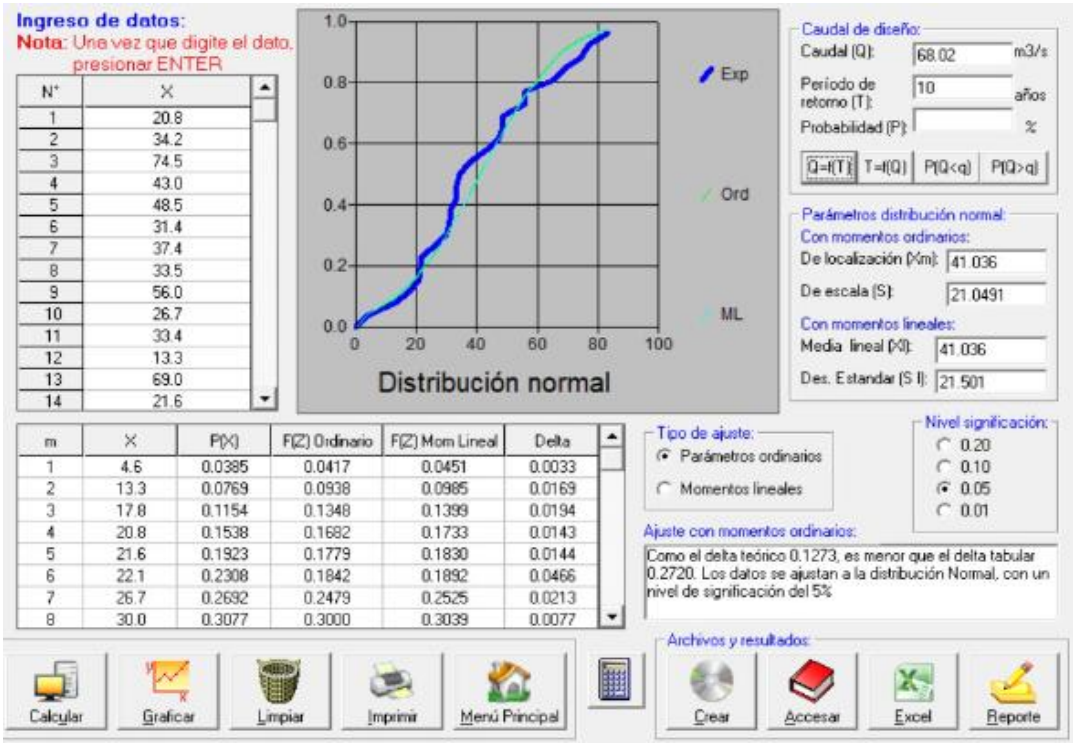
Figura 53
Distribución normal t= 5años



N°	X
1	20.8
2	34.2
3	74.5
4	43.0
5	48.5
6	31.4
7	37.4
8	33.5
9	56.0
10	26.7
11	33.4
12	13.3
13	69.0
14	21.6

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	4.6	0.0385	0.0417	0.0451	0.0033
2	13.3	0.0769	0.0938	0.0985	0.0169
3	17.8	0.1154	0.1348	0.1399	0.0194
4	20.8	0.1538	0.1682	0.1733	0.0143
5	21.6	0.1923	0.1779	0.1830	0.0144
6	22.1	0.2308	0.1842	0.1892	0.0466
7	26.7	0.2692	0.2479	0.2525	0.0213
8	30.0	0.3077	0.3000	0.3039	0.0077

Figura 54
Distribución normal T=10 años



N°	X
1	20.8
2	34.2
3	74.5
4	43.0
5	48.5
6	31.4
7	37.4
8	33.5
9	56.0
10	26.7
11	33.4
12	13.3
13	69.0
14	21.6

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	4.6	0.0385	0.0417	0.0451	0.0033
2	13.3	0.0769	0.0938	0.0985	0.0169
3	17.8	0.1154	0.1348	0.1399	0.0194
4	20.8	0.1538	0.1682	0.1733	0.0143
5	21.6	0.1923	0.1779	0.1830	0.0144
6	22.1	0.2308	0.1842	0.1892	0.0466
7	26.7	0.2692	0.2479	0.2525	0.0213
8	30.0	0.3077	0.3000	0.3039	0.0077

Figura 55

Distribución normal de 50 años

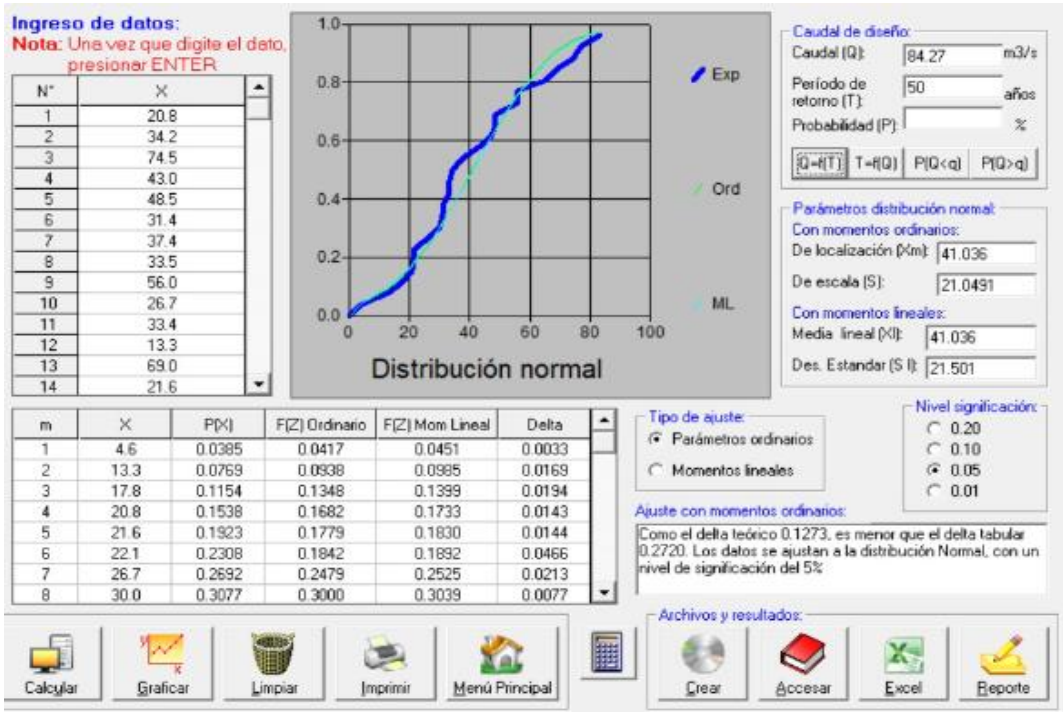


Figura 56

Distribución normal de 100 años

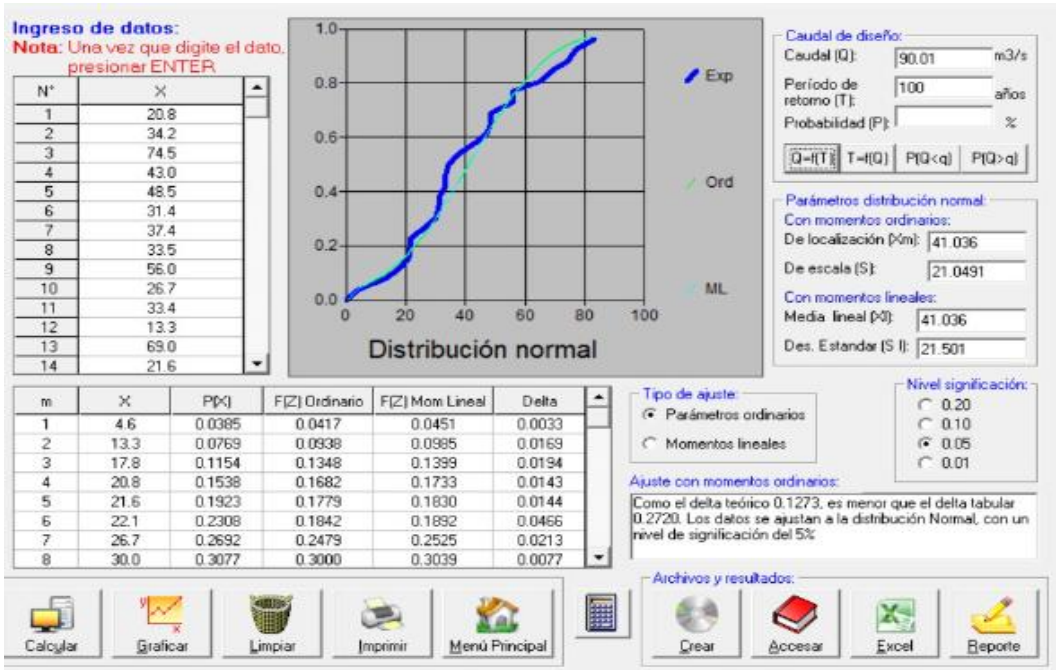
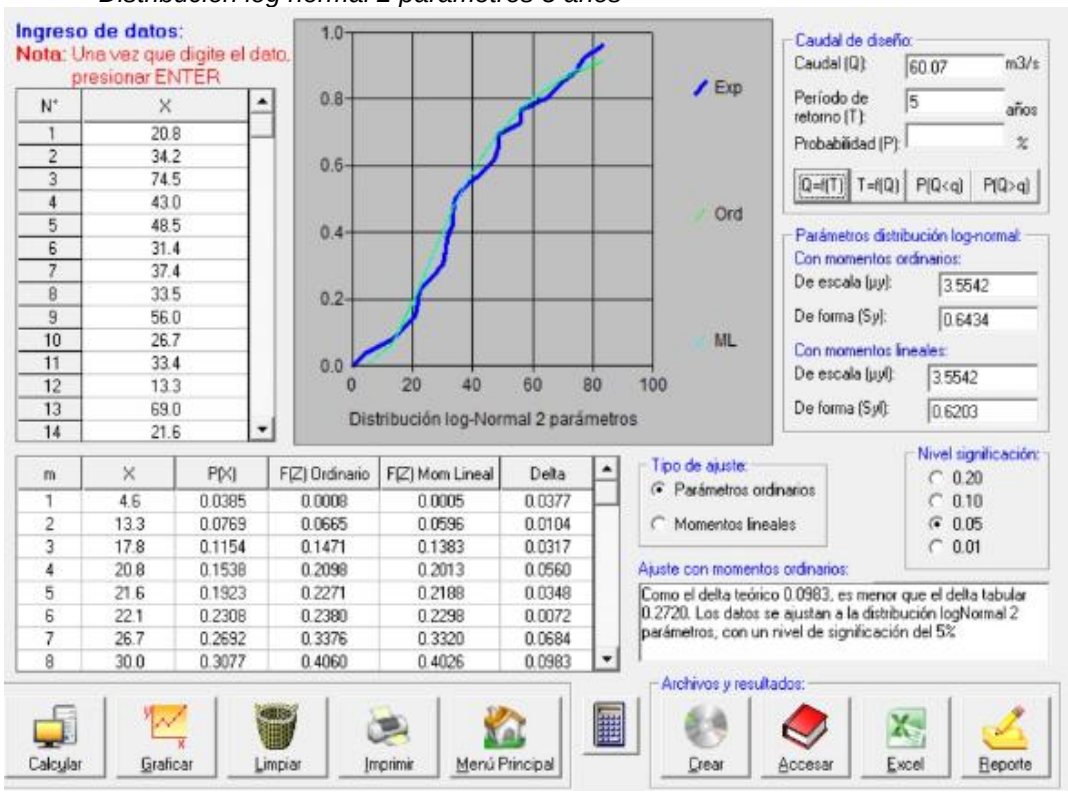


Figura 57

Distribución log normal 2 parámetros 5 años

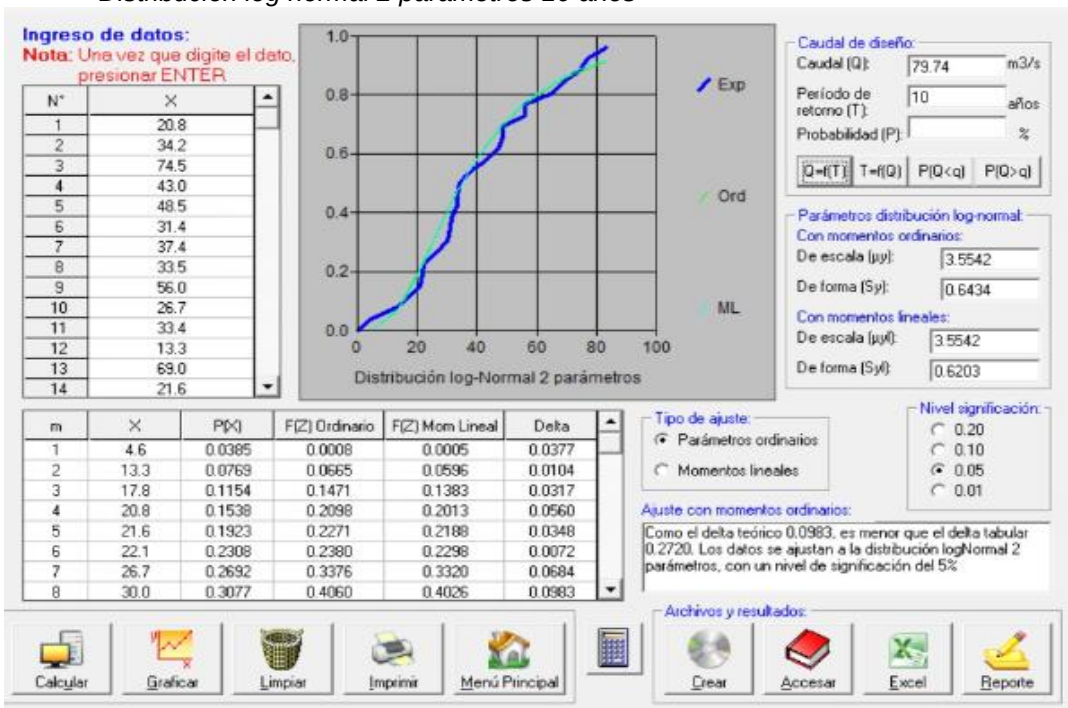


N°	X
1	20.8
2	34.2
3	74.5
4	43.0
5	48.5
6	31.4
7	37.4
8	33.5
9	56.0
10	26.7
11	33.4
12	13.3
13	69.0
14	21.6

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	4.6	0.0385	0.0008	0.0005	0.0377
2	13.3	0.0769	0.0665	0.0596	0.0104
3	17.8	0.1154	0.1471	0.1383	0.0317
4	20.8	0.1538	0.2098	0.2013	0.0560
5	21.6	0.1923	0.2271	0.2188	0.0348
6	22.1	0.2308	0.2380	0.2298	0.0072
7	26.7	0.2692	0.3376	0.3320	0.0684
8	30.0	0.3077	0.4060	0.4026	0.0983

Figura 58

Distribución log normal 2 parámetros 10 años



N°	X
1	20.8
2	34.2
3	74.5
4	43.0
5	48.5
6	31.4
7	37.4
8	33.5
9	56.0
10	26.7
11	33.4
12	13.3
13	69.0
14	21.6

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	4.6	0.0385	0.0008	0.0005	0.0377
2	13.3	0.0769	0.0665	0.0596	0.0104
3	17.8	0.1154	0.1471	0.1383	0.0317
4	20.8	0.1538	0.2098	0.2013	0.0560
5	21.6	0.1923	0.2271	0.2188	0.0348
6	22.1	0.2308	0.2380	0.2298	0.0072
7	26.7	0.2692	0.3376	0.3320	0.0684
8	30.0	0.3077	0.4060	0.4026	0.0983

Figura 59

Distribución log normal 2 parámetros 50 años

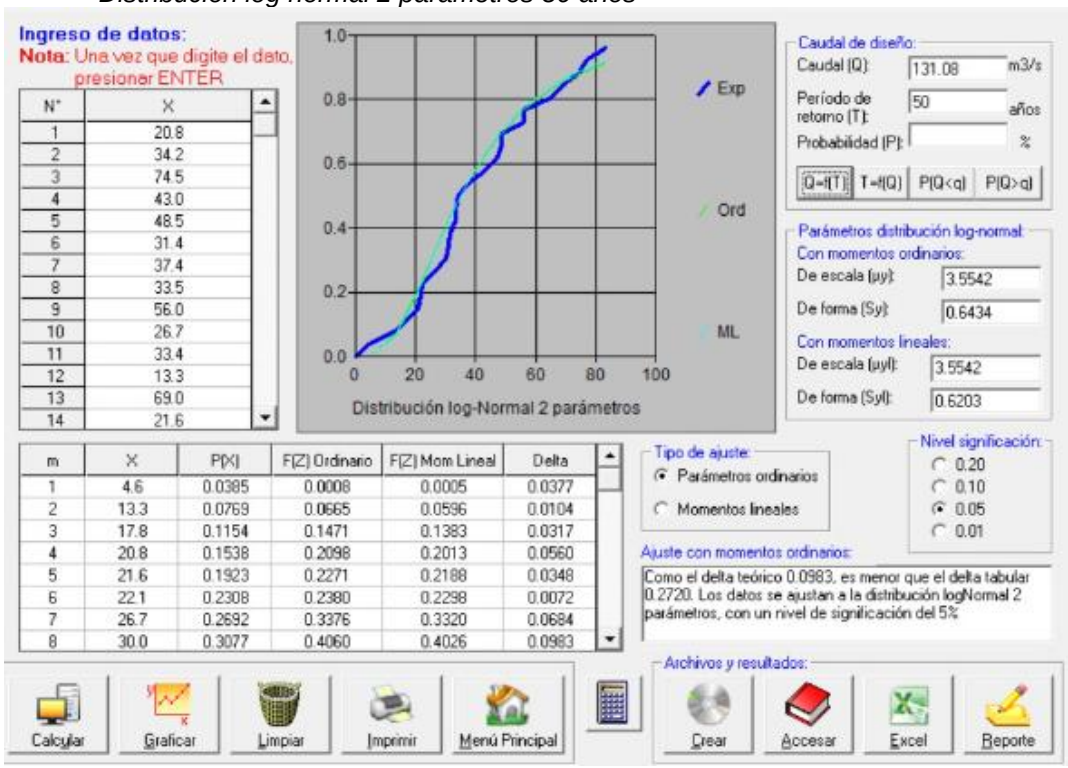


Figura 60

Distribución log normal 3 parámetros 5 años

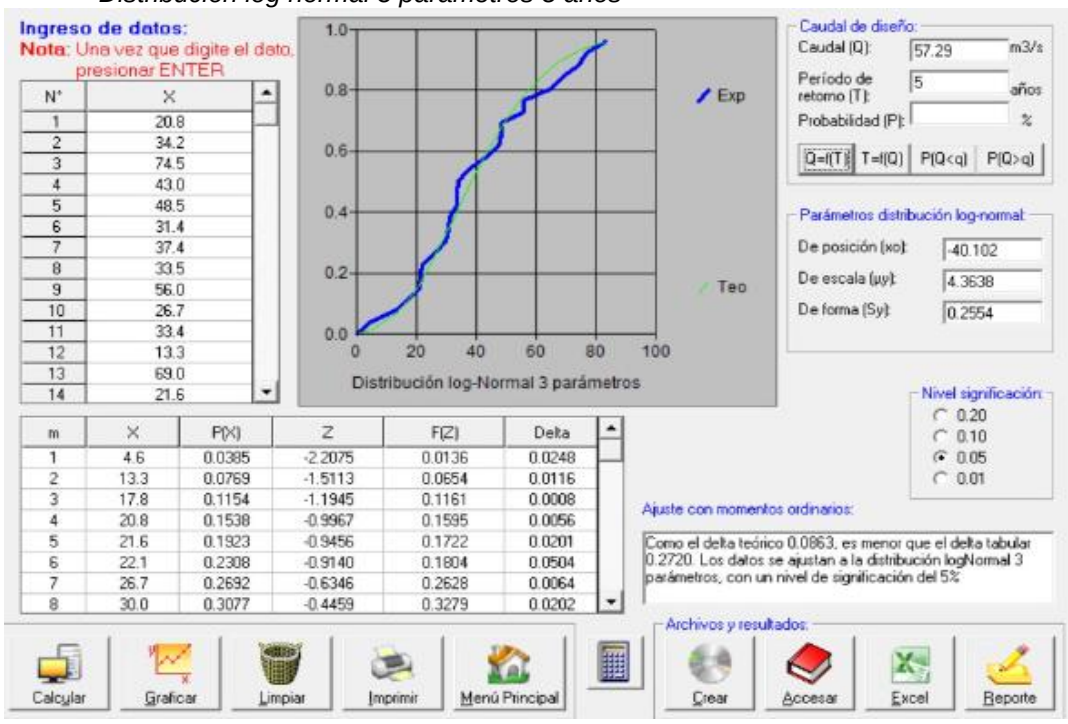


Figura 61

Distribución log normal 3 parámetros 50 años

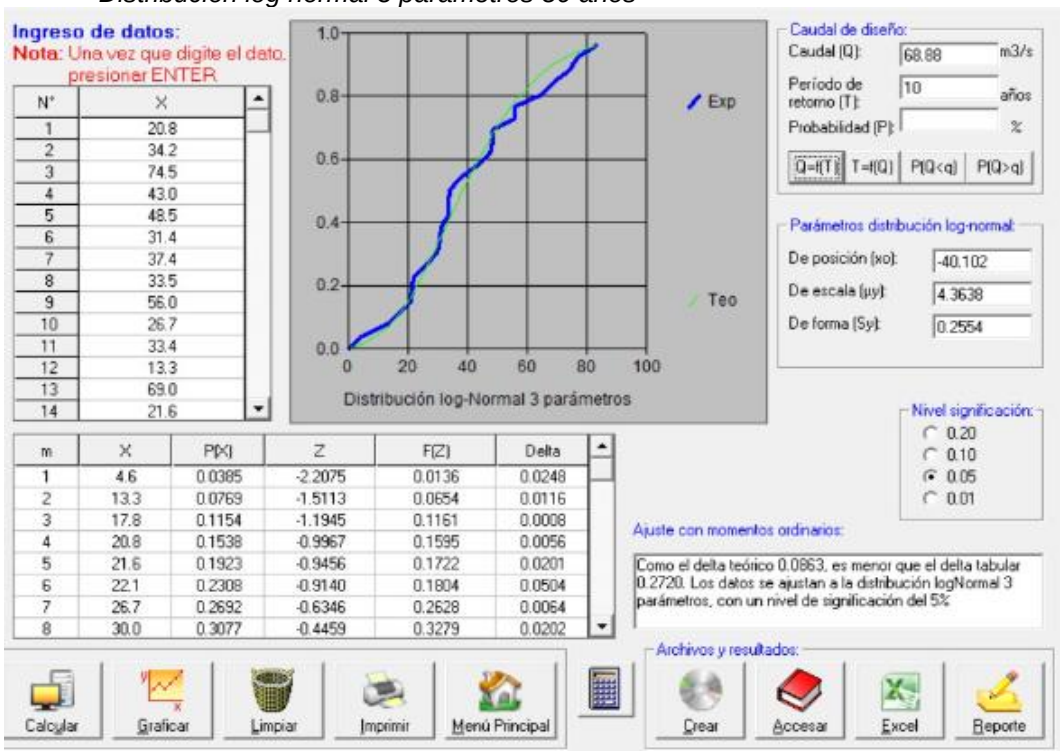


Figura 62

Distribución log normal 3 parámetros 50 años

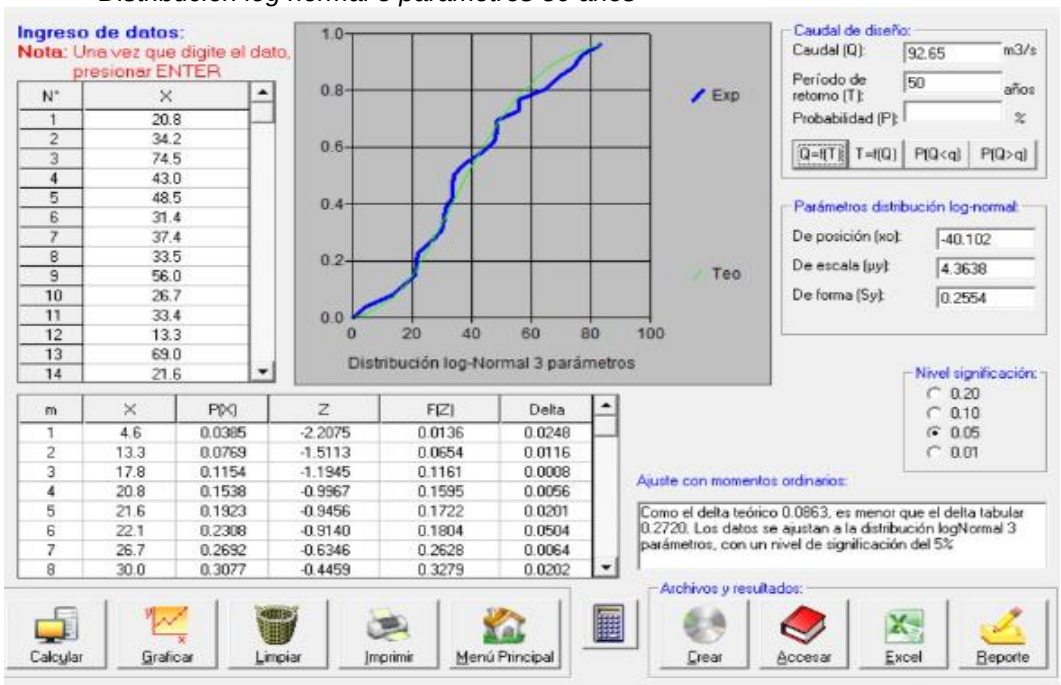


Figura 63
Distribución Gamma 2 parámetros 5 años

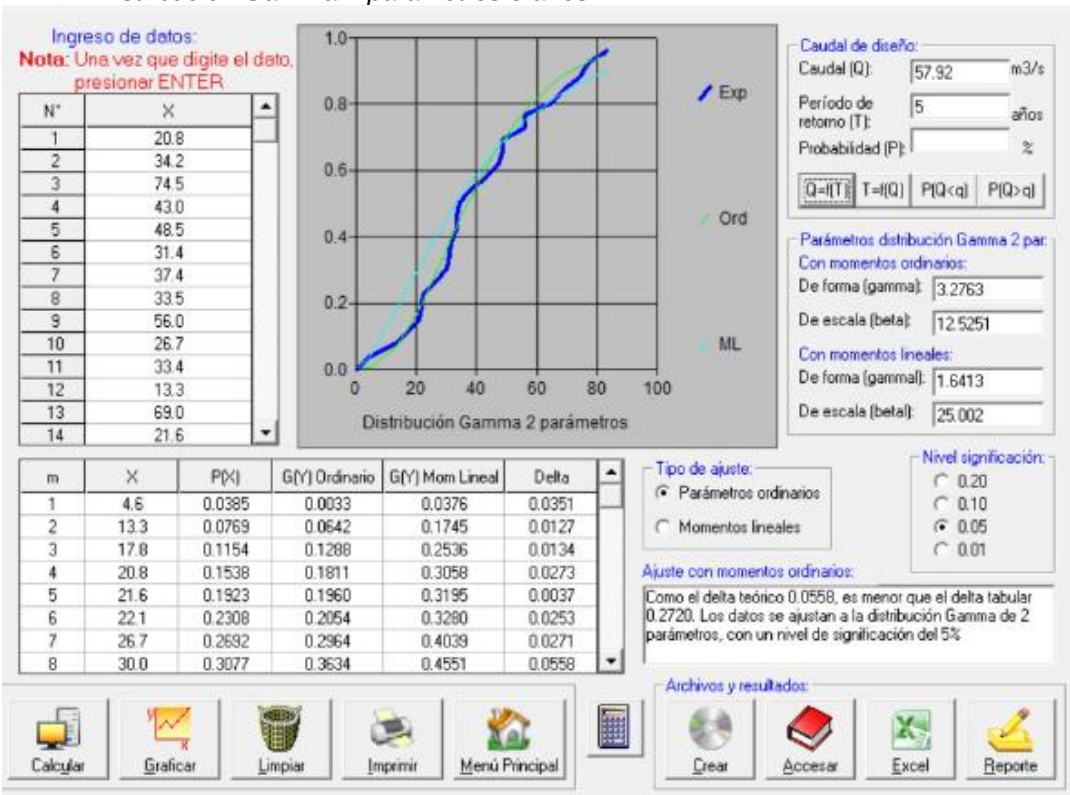


Figura 64
Distribución Gamma 2 parámetros 10 años

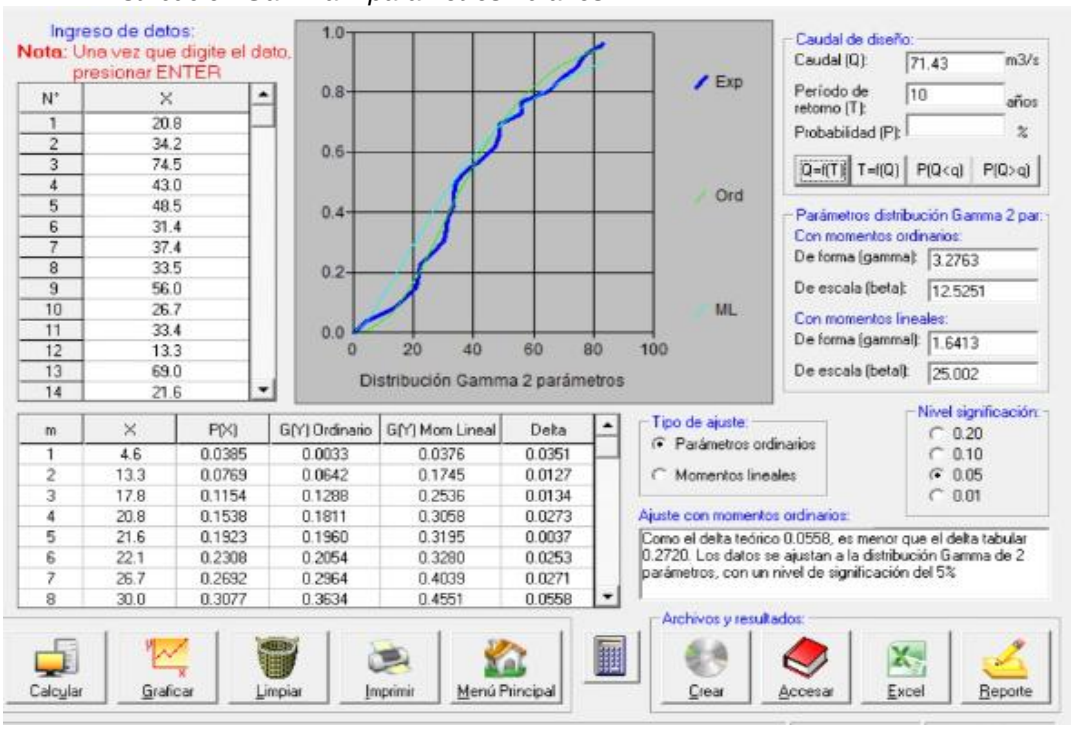


Figura 65

Distribución Gamma 2 parámetros 50 años

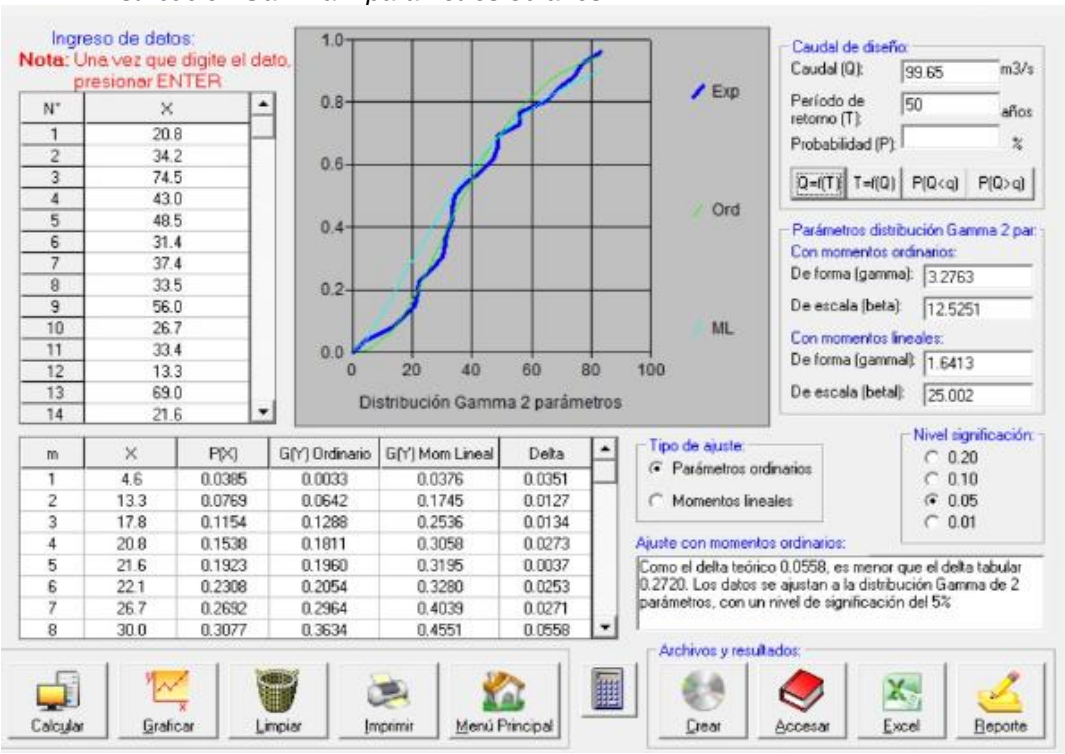


Figura 66

Distribución Gamma 3 parámetros 5 años

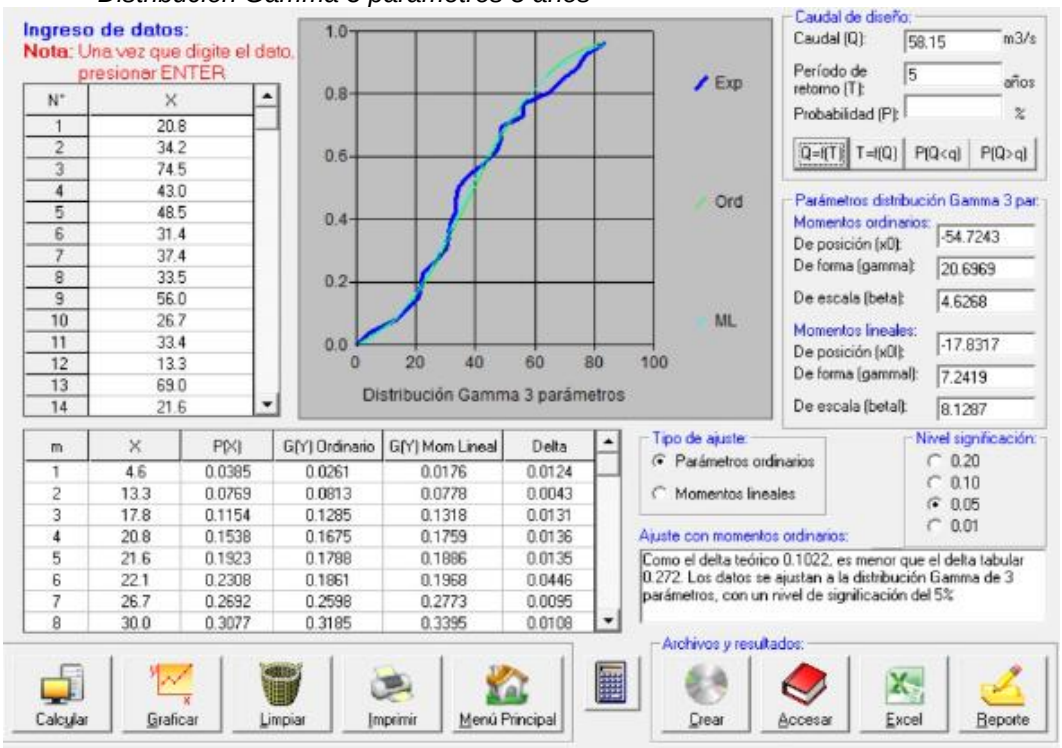
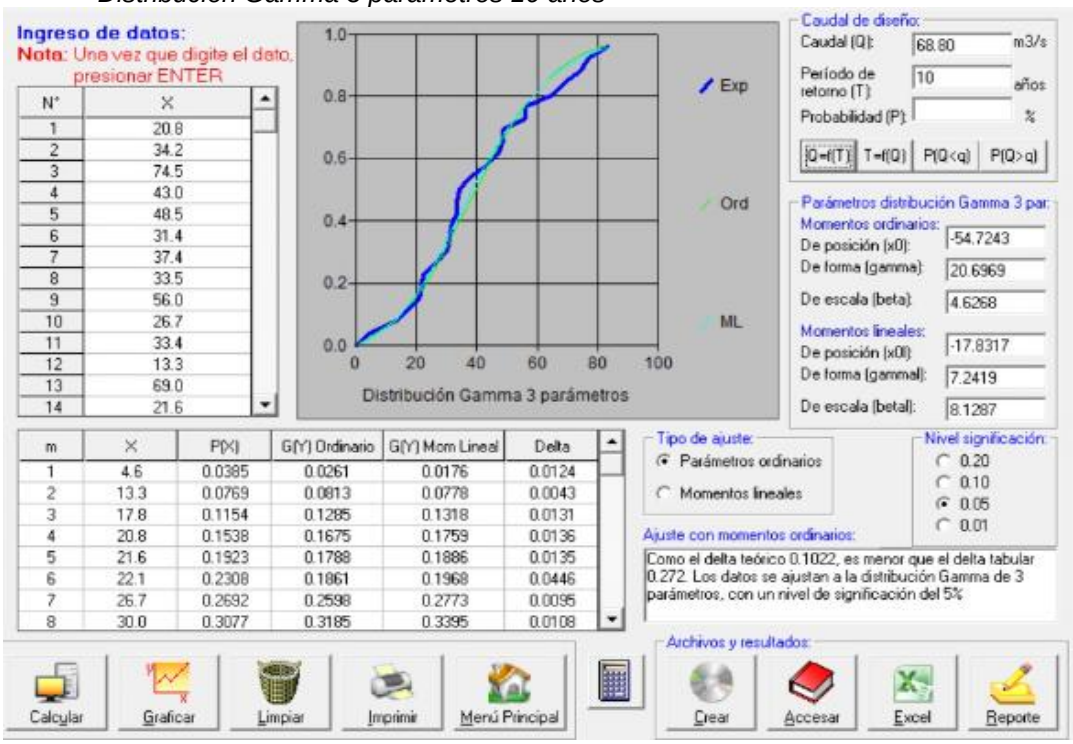


Figura 67

Distribución Gamma 3 parámetros 10 años

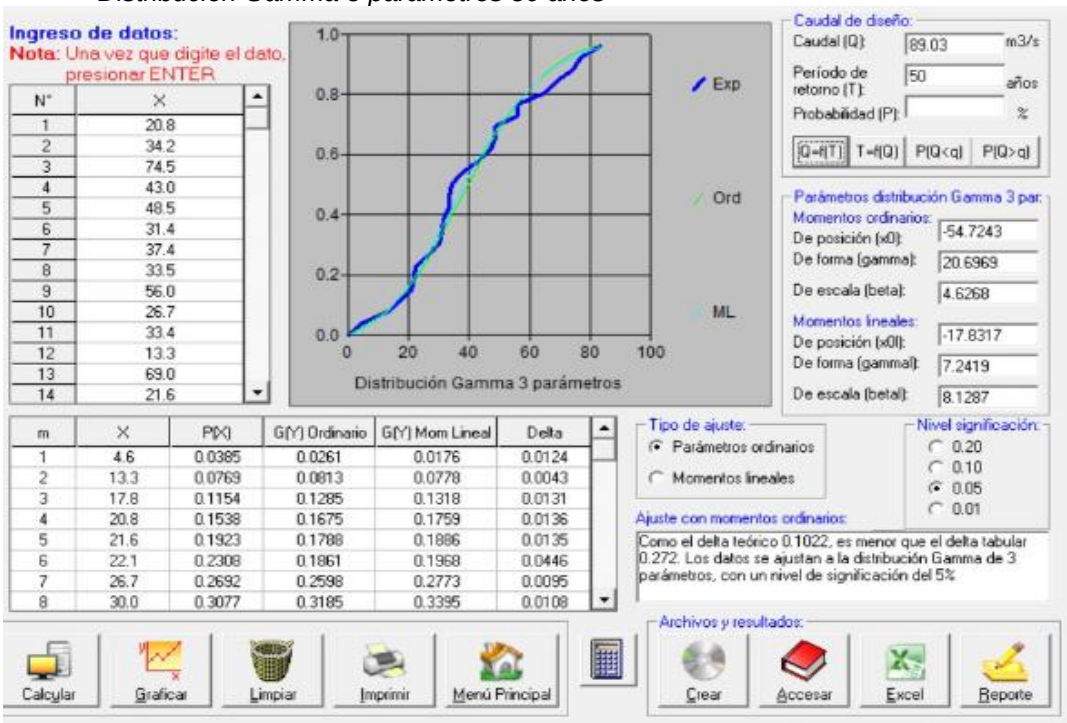


N°	X
1	20.8
2	34.2
3	74.5
4	43.0
5	48.5
6	31.4
7	37.4
8	33.5
9	56.0
10	26.7
11	33.4
12	13.3
13	69.0
14	21.6

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	4.6	0.0385	0.0261	0.0176	0.0124
2	13.3	0.0769	0.0813	0.0778	0.0043
3	17.8	0.1154	0.1285	0.1318	0.0131
4	20.8	0.1538	0.1675	0.1759	0.0136
5	21.6	0.1923	0.1788	0.1886	0.0135
6	22.1	0.2308	0.1861	0.1968	0.0446
7	26.7	0.2692	0.2598	0.2773	0.0095
8	30.0	0.3077	0.3185	0.3395	0.0108

Figura 68

Distribución Gamma 3 parámetros 50 años



N°	X
1	20.8
2	34.2
3	74.5
4	43.0
5	48.5
6	31.4
7	37.4
8	33.5
9	56.0
10	26.7
11	33.4
12	13.3
13	69.0
14	21.6

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	4.6	0.0385	0.0261	0.0176	0.0124
2	13.3	0.0769	0.0813	0.0778	0.0043
3	17.8	0.1154	0.1285	0.1318	0.0131
4	20.8	0.1538	0.1675	0.1759	0.0136
5	21.6	0.1923	0.1788	0.1886	0.0135
6	22.1	0.2308	0.1861	0.1968	0.0446
7	26.7	0.2692	0.2598	0.2773	0.0095
8	30.0	0.3077	0.3185	0.3395	0.0108

Figura 69

Distribución Log Gumbel 5 años

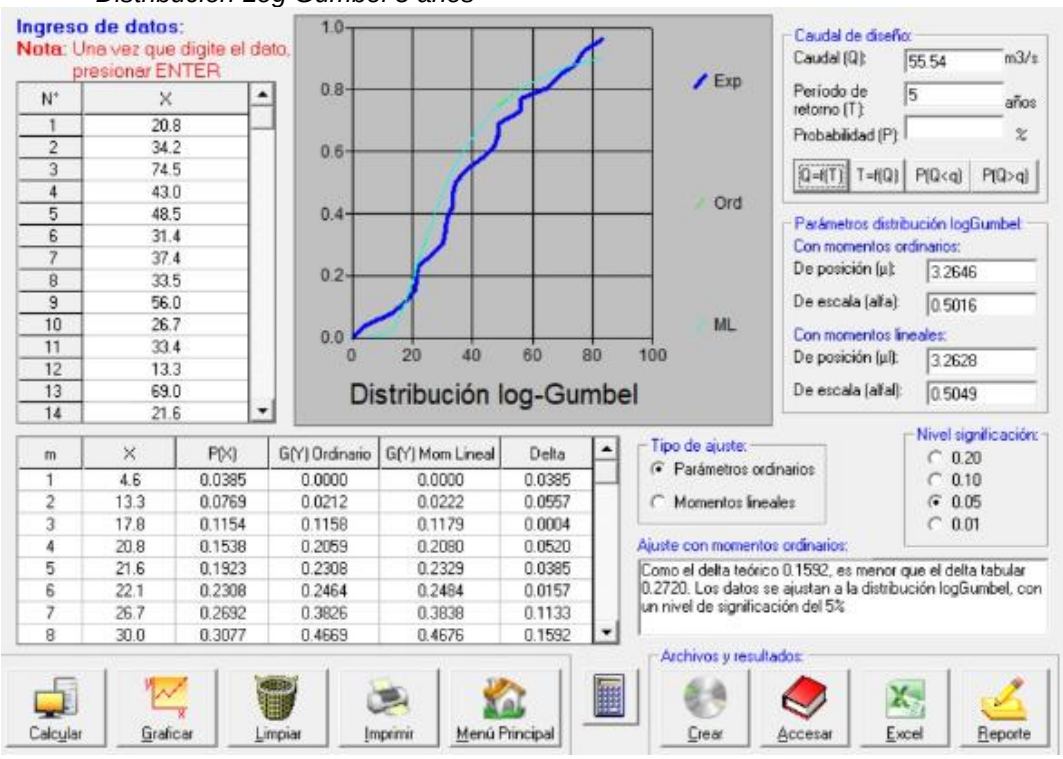


Figura 70

Distribución Log Gumbel 10 años

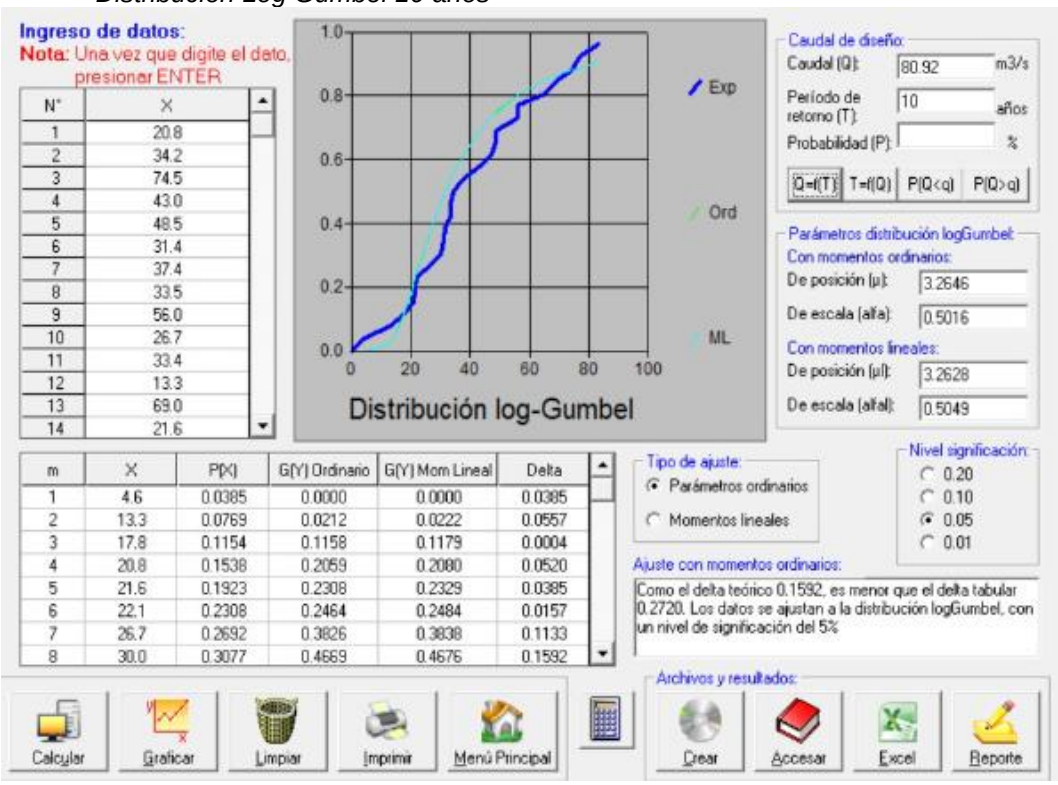
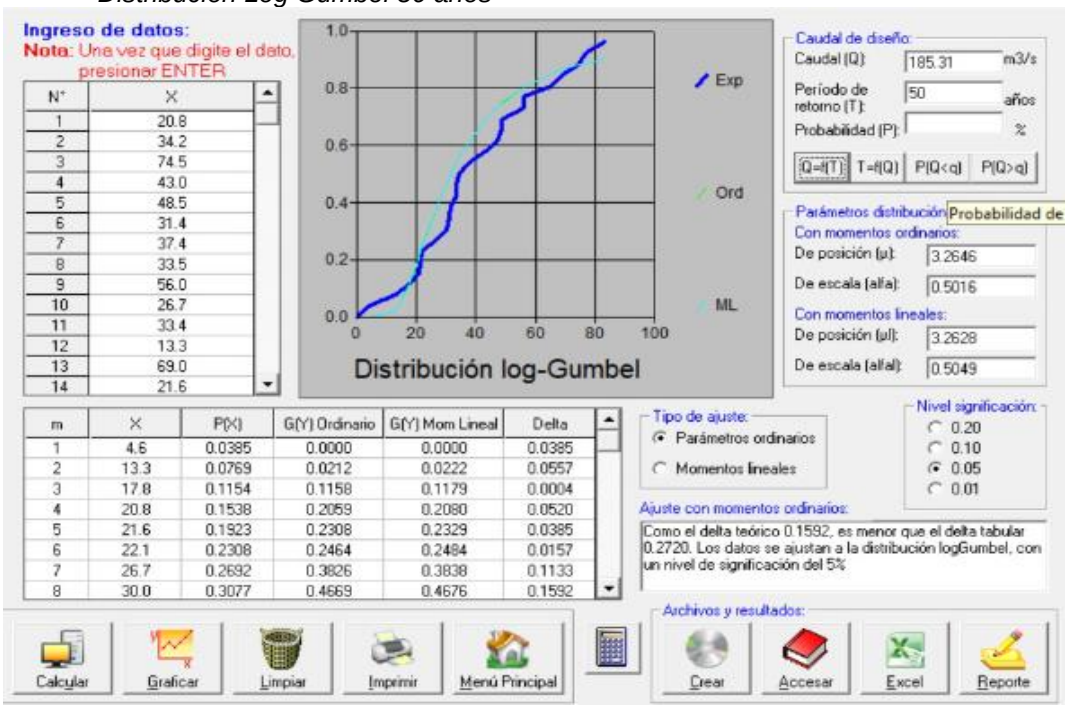


Figura 71

Distribución Log Gumbel 50 años

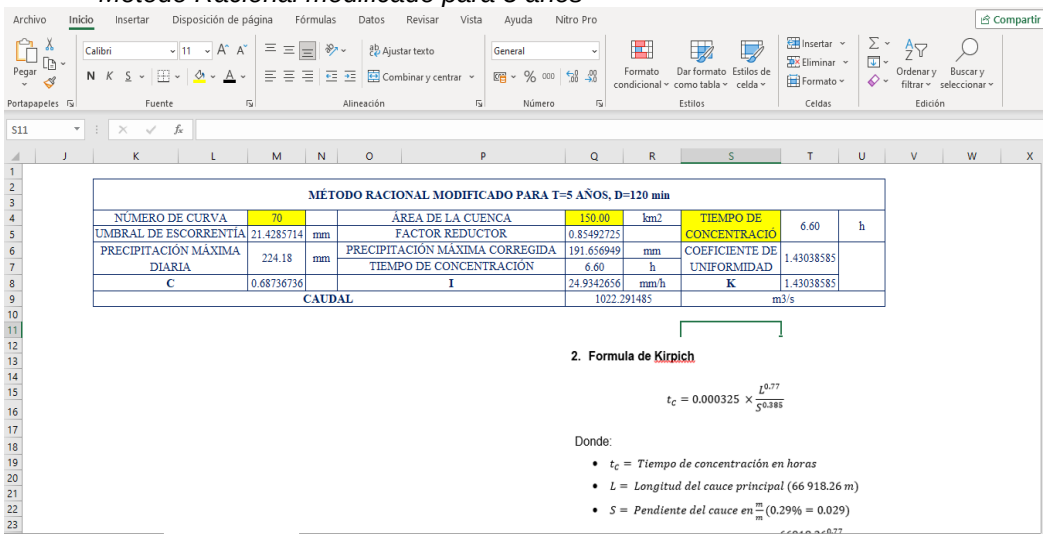


ANEXO 5

METODO RACIONAL MODIFICADO

Figura 72

Método Racional modificado para 5 años



MÉTODO RACIONAL MODIFICADO PARA T=5 AÑOS, D=120 min								
NÚMERO DE CURVA	70		ÁREA DE LA CUENCA	150.00	km2	TIEMPO DE CONCENTRACIÓ	6.60	h
UMBRAL DE ESCORRENTÍA	21.4285714	mm	FACTOR REDUCTOR	0.85492725				
PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA	224.18	mm	PRECIPITACIÓN MÁXIMA CORREGIDA	191.656949	mm	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	1.43038585	
			TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	6.60	h			
C	0.68736736		I	24.9342656	mm/h	K	1.43038585	
CAUDAL				1022.291485		m3/s		

2. Formula de Kirpich

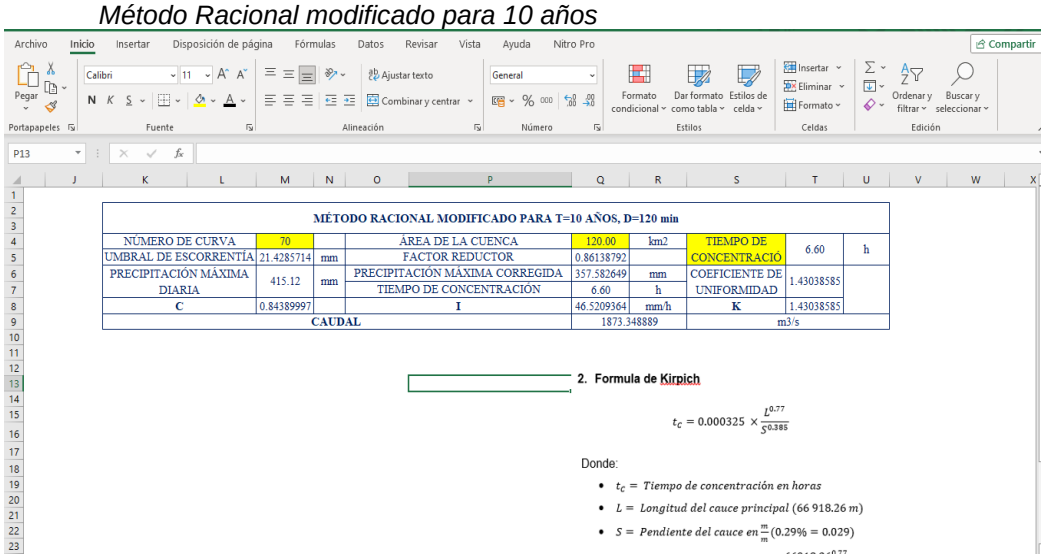
$$t_c = 0.000325 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

- $t_c =$ *Tiempo de concentración en horas*
- $L =$ *Longitud del cauce principal* (66 918.26 m)
- $S =$ *Pendiente del cauce en* $\frac{m}{m}$ (0.29% = 0.029)

Figura 73

Método Racional modificado para 10 años



MÉTODO RACIONAL MODIFICADO PARA T=10 AÑOS, D=120 min								
NÚMERO DE CURVA	70		ÁREA DE LA CUENCA	120.00	km2	TIEMPO DE CONCENTRACIÓ	6.60	h
UMBRAL DE ESCORRENTÍA	21.4285714	mm	FACTOR REDUCTOR	0.86138792				
PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA	415.12	mm	PRECIPITACIÓN MÁXIMA CORREGIDA	357.582649	mm	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	1.43038585	
			TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	6.60	h			
C	0.84389997		I	46.5209364	mm/h	K	1.43038585	
CAUDAL				1873.348889		m3/s		

2. Formula de Kirpich

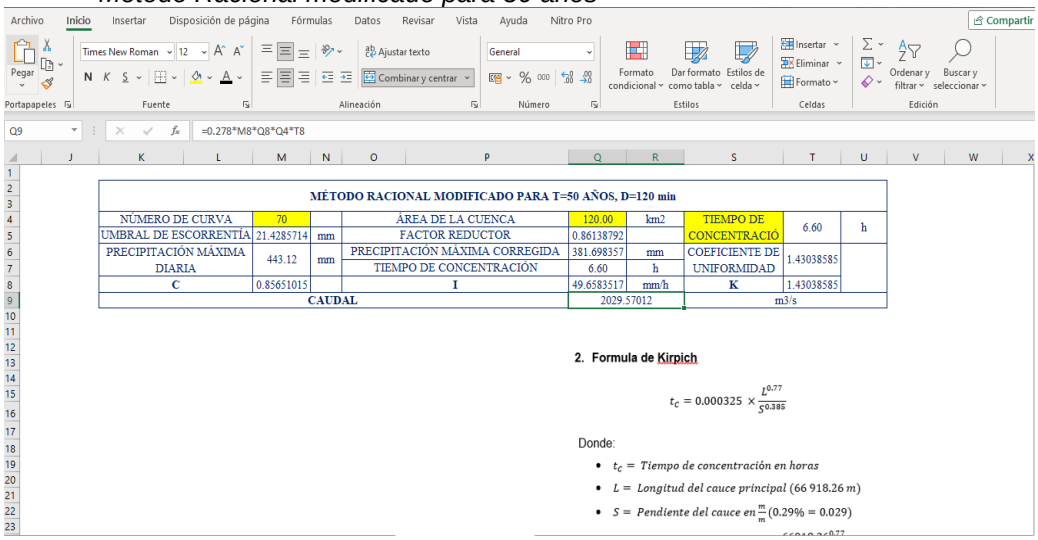
$$t_c = 0.000325 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

- $t_c =$ *Tiempo de concentración en horas*
- $L =$ *Longitud del cauce principal* (66 918.26 m)
- $S =$ *Pendiente del cauce en* $\frac{m}{m}$ (0.29% = 0.029)

Figura 74

Método Racional modificado para 50 años



Q9 =0.278*M8*Q8*Q4*T8

MÉTODO RACIONAL MODIFICADO PARA T=50 AÑOS, D=120 min								
NÚMERO DE CURVA	70		ÁREA DE LA CUENCA	120.00	km2	TIEMPO DE CONCENTRACIÓ	6.60	h
UMBRAL DE ESCORRENTÍA	21.4285714	mm	FACTOR REDUCTOR	0.86138792				
PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA	443.12	mm	PRECIPITACIÓN MÁXIMA CORREGIDA	381.698357	mm	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	1.43038585	
			TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	6.60	h			
C	0.85651015		I	49.6583517	mm/h	K	1.43038585	
CAUDAL				2029.57012		m3/s		

2. Formula de Kirpich

$$t_c = 0.000325 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

- $t_c =$ *Tiempo de concentración en horas*
- $L =$ *Longitud del cauce principal* (66 918.26 m)
- $S =$ *Pendiente del cauce en* $\frac{m}{m}$ (0.29% = 0.029)

ANEXO 6

PANEL FOTOGRAFICO

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realizó el estudio de trabajo.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza la toma de datos de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza la toma de datos de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza la toma de datos de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza la toma de datos de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza la toma de datos de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realizó el estudio de trabajo.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realizó el estudio del trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza la toma de datos de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realizando el estudio de trabajo de investigación.*

Fotografía: *Se visualiza el levantamiento topográfico de la cuenca donde se realiza el estudio de trabajo de investigación*