

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Estudio de precipitaciones para el cálculo de los caudales máximos en la cuenca del Huallaga en el distrito de San Rafael – provincia de Ambo – departamento de Huánuco – 2022”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Mautino Hurtado, Luis

ASESORA: Bastidas Salazar, Karen Vanessa

HUÁNUCO – PERÚ

2023



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

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

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74138234

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 48753085

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

Código ORCID: 0000-0002-7346-9542

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001- 7920-1304
2	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002- 0579-5135
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002- 5650-3745

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:00 horas del día **viernes 29 de setiembre de 2023**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- ❖ MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS PRESIDENTE
- ❖ MG. MARTIN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA SECRETARIO
- ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2086-2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: “ESTUDIO DE PRECIPITACIONES PARA EL CALCULO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS EN LA CUENCA DEL HUALLAGA EN EL DISTRITO DE SAN RAFAEL – PROVINCIA DE AMBO – DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO– 2022”, presentado por el (la) Bachiller. Luis MAUTINO HURTADO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

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

Siendo las *..11:40* horas del día 29 del mes de setiembre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
ORCID: 0000-0001-7920-1304
Presidente

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

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
ORCID: 0000-0002-5650-3745
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, Mg. Karen Vanessa Bastidas Salazar, ingeniero asesor del programa académico de ingeniería civil. Designado mediante RESOLUCIÓN N° 1335-2022-D-FI-UDH, del Bach. **LUIS MAUTINO HURTADO**, de la investigación titulada:

“ESTUDIO DE PRECIPITACIONES PARA EL CÁLCULO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS EN LA CUENCA DEL HUALLAGA EN EL DISTRITO DE SAN RAFAEL- PROVINCIA DE AMBO- DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO-2022”

Se hace de conocimiento también que la tesis **tiene una similitud del 22% verificable** en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin. Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumplen con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

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

Huánuco, 20 de OCTUBRE del 2023

Atentamente

Karen Vanessa Bastidas Salazar
INGENIERA CIVIL
DNI N° 48753085

Mg. KAREN V. BASTIDAS SALAZAR

DNI N° 48753085

Código Orcid N° 0000-0002-7346-9542

TESIS_POST_SUSTENTACION

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	19%	4%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional Hermilio Valdizan Trabajo del estudiante	2%
4	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	vsip.info Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	1%
8	biblioteca.utb.edu.co Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	


Karen V. Bastidas Salazar
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 18941

Mg. KAREN V. BASTIDAS SALAZAR
DNI N° 48753085

Código Orcid N° 0000-0002-7346-9542

DEDICATORIA

Al iniciar esta dedicatoria tengo que mencionar a Dios debido que fue mi motor principal, quien me brindo las capacidades y fuerzas necesarias entre ellas me brindo de buena salud para poder culminar esta tesis y también me brindo las ganas necesarias para cumplir con mis metas. También tengo que tener presente en esta dedicatoria a mi madre, quien fue una guía en toda esta etapa, que con su paciencia y palabras motivadoras que recibí día a día, la cual con su apoyo pude culminar con esta etapa.

AGRADECIMIENTO

Tengo que agradecer de una manera sincera a Dios que me brindo bendición necesaria para lograr este merito en mi vida, de la misma forma fue mi guía que de una manera incondicional se que estará en toda mi vida, de la misma forma no puedo olvidar agradecer a los que fueron mis docentes en la facultad de ingeniería civil, ellos con sus enseñanzas me han dotado de mucho conocimiento lo cual será de gran apoyo en mi vida profesional.

En esta parte no debo olvidar de mi madre que con el apoyo motivacional como económico, me ayudo a que cumpliera y rindiera con todas las metas en toda mi etapa universitaria. También debo agradecer a mis amigos cercanos como también algunos compañeros que me motivaron para continuar en esta etapa.

Sin dejar de mencionar a la Universidad de Huánuco, donde inicié mi carrera, y particularmente a mi escuela profesional de Ingeniería Civil, que me brindó todos los conocimientos que necesitaba, clase a clase, junto con las prácticas que necesitaba para perfeccionar mis habilidades.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	15
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	16
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6.1. VIABILIDAD OPERATIVA	16
1.6.2. VIABILIDAD TÉCNICA.....	17
1.6.3. VIABILIDAD ECONÓMICA-SOCIAL	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	19
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	21

2.2.	BASES TEÓRICAS	22
2.2.1.	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	22
2.2.2.	CUENCA HIDROGRÁFICA.....	23
2.2.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA CUENCA HIDROLÓGICA	26
2.2.4.	PRECIPITACIONES.....	27
2.2.5.	FORMAS DE MEDIR LA PRECIPITACIÓN	30
2.2.6.	ERRORES AL MEDIR LA PRECIPITACIÓN	31
2.2.7.	MÉTODO PARA UN ANÁLISIS DE PLUVIOMETRÍA.....	33
2.2.8.	MÉTODO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICAMENTE.....	36
2.2.9.	FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN.....	38
2.2.10.	PARA EL CÁLCULO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS.....	44
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	49
2.4.	HIPÓTESIS.....	50
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	50
2.5.	VARIABLES.....	50
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	50
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	51
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	51
CAPÍTULO III.....		52
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		52
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	52
3.1.1.	ENFOQUE	52
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	52
3.1.3.	DISEÑO	52
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	53
3.2.1.	POBLACIÓN	53
3.2.2.	MUESTRA.....	53
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS... 53	
3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	53
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	54
3.3.3.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	54
CAPÍTULO IV.....		56

RESULTADOS.....	56
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	56
4.1.1. LUGAR DE ESTUDIO	56
4.1.2. DATOS DE METEREOLOGIA	60
4.1.3. PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD	66
4.1.4. PRUEBA DE AJUSTE PARA LAS DISTRIBUCIONES	72
4.1.5. INTENSIDADES.....	73
4.1.6. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.....	77
4.1.7. CAUDALES	81
4.2. CONSTATACIÓN DE HIPÓTESIS	89
CAPÍTULO V.....	90
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	90
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tamaño en Km ²	25
Tabla 2 Sistema de variables-dimensiones e indicadores	51
Tabla 3 Estación de San Rafael.....	61
Tabla 4 Estación de Huánuco	62
Tabla 5 Promedio de precipitaciones máximas anuales	63
Tabla 6 Log P de las precipitaciones máximas	64
Tabla 7 Datos obtenidos del Log P	65
Tabla 8 Datos para el cálculo de intensidades	73
Tabla 9 Tabulación para las intensidades.....	74
Tabla 10 Intensidades para cada tiempo de una duración de 1440 min.....	75
Tabla 11 Datos para la capacidad de infiltración	77
Tabla 12 Tabulando para obtener el volumen de escurrimiento y caudal superficial.....	78
Tabla 13 Datos para calcular la profundidad de exceso de precipitación	79
Tabla 14 Datos obtenido de la tabulación	79
Tabla 15 Datos del Método Racional	81
Tabla 16 Método Racional modificado para un periodo de retorno de 50 años y una duración de 120 min.....	82
Tabla 17 Método Hidrograma Unitario los datos necesarios	83
Tabla 18 Tabulación para calcular el grafico del hidrograma unitario sintético de SNYDER	84
Tabla 19 Datos para el método triangular unitario	86
Tabla 20 Tabulación para la realización del triángulo unitario	87
Tabla 21 Todos los caudales	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 SIG.....	23
Figura 2 CUENCAS HIDROGRAFICAS	24
Figura 3 Ciclónica	28
Figura 4 OROGRAFICA.....	29
Figura 5 Fórmulas de las medias de dispersión.....	39
Figura 6 Cuenca del Huallaga.....	57
Figura 7 Estaciones cercanas al lugar de estudio.....	60
Figura 8 Ajuste de una serie de datos para la distribución Normal	66
Figura 9 Grafico de la distribución Normal	67
Figura 10 Ajuste de una serie de datos para la distribución Log Normal 2 parametros.....	68
Figura 11 Grafico de la distribución log normal	69
Figura 12 Ajuste de una serie de datos para la distribución Gumbel	70
Figura 13 Grafico de Gumbel.....	71
Figura 14 Grafico de la línea de tendencia de la intensidad	75
Figura 15 Grafico del hidrograma unitario.....	85
Figura 16 Gráfico del triángulo unitario	87
Figura 17 Imagen Satelital	101
Figura 18 Tabulación para el grafico de la curva de capacidad de infiltración	102
Figura 19 Curva de capacidad de infiltración	103
Figura 20 Formulas usadas	103
Figura 21 Hietograma scs tipo III	104
Figura 22 Datos para el cálculo del grafico del hidrograma unitario sintético de SNYDER.....	104
Figura 23 Procedimiento	105

RESUMEN

En la presente investigación se utilizaron dos series de precipitaciones máximas, teniendo en cuenta un tiempo de concentración de 50 años, además que calcula los caudales máximos teniendo en cuenta las metodologías hidrometeorológicas. Los objetivos de la investigación son los siguientes: el objetivo general de la investigación, que es determinar los caudales máximos de la cuenca del Huallaga mediante el examen de datos pluviométricos. A partir de ahí, se obtienen los objetivos específicos, que son los siguientes: Calcular el tiempo de concentración de la cuenca del Huallaga, estimar la intensidad, duración y frecuencia de las curvas de la cuenca, estimar el número de influencias en las curvas que determinan los caudales máximos de la cuenca y conocer el coeficiente de escorrentía para cada periodo de retorno de la cuenca. Los métodos utilizados para desarrollar y cumplir los objetivos de la investigación incluyeron hidrogramas de celdas sintéticas (triángulo y SCS), métodos para determinar el tiempo de concentración de Kirpich, Temmez y Bransby Williams, métodos para determinar el caudal empíricamente y métodos para determinar el caudal máximo por el método racional. La distribución normal de 83,24, la distribución logarítmica normal de 86,79 y la distribución de Gumbel de 89,15 fueron las tres precipitaciones que se obtuvieron en función del método de distribución, teniendo en cuenta el período de retorno de 50 años. Se determinaron utilizando los deltas teóricos de la distribución normal de 0,0706, la distribución log normal de 0,0804 y la distribución de Gumbel de 0,1168. La distribución normal de 83,24, la distribución logarítmica normal de 86,79 y la distribución de Gumbel de 89,15 fueron las tres precipitaciones que se obtuvieron en función del método de distribución, teniendo en cuenta el período de retorno de 50 años. Para determinarlos se utilizaron los deltas teóricos de la distribución de Gumbel (0,1168), la distribución logarítmica normal (0,0804) y la distribución normal (0,0706); estos valores cambian con el tiempo y deben actualizarse para un uso óptimo. Después de obtenido los resultados se procede a sacar las conclusiones: para poder determinar la mejor distribución para calcular la intensidad se optó por realizarlo solo en software HidroEsta, la intensidad sólo se calculó para un periodo de retorno de 50 años, y la distribución Normal

tenía un delta teórico de 0,0706. Su duración fue de dos horas, es decir, 144 minutos.

Palabras clave: caudales máximos, periodo de retorno, periodo de concentración, escorrentía, caudales máximos, precipitaciones máximas.

ABSTRACT

The present investigation carries out a study for two series of maximum precipitations, taking into account a concentration time of 50 years, in addition to calculating the maximum flows taking into account the hydrometeorological methodologies. The following are the goals of this investigation: the accomplishment of the rainfall study to ascertain the Huallaga basin's maximum flows; this goal served as the investigation's overarching goal. From there, we went on to extract the specific goals, which are as follows: estimating the Huallaga basin's intensity, duration, and frequency curves; estimating the curve number that affects the calculation of the basin's maximum flows; computing the basin's concentration time; and figuring out the coefficient of runoff for each return period. To establish and accomplish the goals of the study, a methodology that made use of empirical formulas to ascertain the flow and techniques for it is taken into account that the return period is 50 years, different rainfalls were obtained depending on the distribution method, with the normal distribution being 83.24, the log normal distribution being 86.79 and the Gumbel distribution being 89.15; which through the theoretical deltas of the Normal distribution of 0.0706; the Gumbel distribution (0.1168) and the Log Normal distribution (0.0804). The minor theoretical delta of all the theoretical deltas is 0.0706 of the Normal distribution; this is the distribution that is chosen to be used in the intensities; the intensity is chosen for a 120-minute period; the intensity is 20.14; and finally, the flows are obtained using the various previously suggested methods; these values change over time, so they need to be updated for optimal use. Following the results, we proceed to draw the following conclusions: it was decided to use the HidroEsta software exclusively to determine the best distribution for calculating intensity, and by doing so, the minor theoretical delta was selected as the appropriate distribution. The Normal distribution had

Keywords: maximum flows, return period, concentration period, runoff, maximum flows, maximum precipitation.

INTRODUCCIÓN

Dado que la mayoría de las actividades implican agua, es esencial comprender los flujos dentro de una cuenca porque el agua es un recurso necesario para la vida y desempeña un papel importante en el sector productivo. Así pues, este formulario funcionó como base de este estudio.:

En el primer capítulo se describe el problema, las cuestiones generales y específicas y los objetivos que las acompañan. El objetivo principal es analizar las precipitaciones pluviales para determinar los caudales máximos de la cuenca del río Huallaga en la provincia de Ambo del departamento de Huánuco. El marco teórico de este estudio se presenta en el segundo capítulo, junto con una hipótesis que sugiere estudiar las precipitaciones para obtener caudales máximos. Toda la parte metodológica del estudio se aborda en el tercer capítulo, en el que también se incluyen los resultados. En este capítulo se toma en consideración el periodo de regresión de 50 años. En función del método de distribución se han obtenido diversas precipitaciones, entre las que destacan la distribución normal de 83,24, la log normal de 86,79 y la distribución de Gumbel de 89,15, que se han determinado utilizando los deltas teóricos de la distribución normal de 0,0706, la log normal de 0,0804 y la de Gumbel de 0,1168. De todos los deltas teóricos, el delta teórico menor es de 0.0706 de la distribución Normal siendo ese la distribución seleccionada emplear en las intensidades seleccionando la intensidad una duración de 120 min siendo esta 20.14 y por ultimo obtener los caudales por los diferentes métodos propuestos previamente; estos valores oscilan con el factor tiempo por lo que deben actualizarse con regularidad para su optima aplicación.

Gracias a ello, es posible obtener información sobre la gestión del agua en cuanto a usos: forestal, energético, doméstico, hidrotécnico, edificación, etc.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Existen centros dedicados al estudio de las intensidades máximas de lluvia en EEUU, Colombia y Chile, lo cual es muy útil para investigar y analizar los caudales máximos de los ríos en esos países, pero en Perú se sabe que solo cuenta con estudios en ciertos lugares de la parte urbana del país y menor son los estudios que se tiene en áreas rurales, esto mismo genera cierta preocupación en la población cercana y también genera problemas cuando se desea realizar estudios donde los caudales máximos son la base principal para los demás estudios de hidrología como también para el diseño de algunas infraestructura hidráulica.

Los métodos más usados para determinar los caudales máximos en el país son basados en ecuaciones o en los coeficientes empíricos las cuales están desarrollados para ciertos puntos geográficos las cuales tienen características especiales las cuales son distintas a las del país. Para poder seleccionar las metodologías adecuadas que serán aplicadas para diferentes regiones se tendrá como resultado una investigación o un estudio en la cual sea solvente para todas las necesidades y cumplir con todas ellas de una manera óptima.

Si se conoce previamente el caudal máximo nos ayudara a prevenir y reducir los daños generados por las grandes crecidas que afecta a la población y de la misma forma preservar y protegerlo.

En el departamento de Huánuco solo se tiene poca información pluviográfica para el estudio de precipitaciones, debido a que cuenta 3 estaciones hidrográficas, para realizar un estudio de precipitaciones o de caudales máximos se tiene que conocer su distribución temporal la cual es importante para diversos fines, las cuales permite estimar mejor la información que se tiene, Para alcanzar este objetivo, es necesario examinar y analizar las precipitaciones máximas y los caudales máximos de cada periodo de retorno..

Los estudios realizados en la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo para los caudales máximos no son muchos y los estudios que se tienen son de precipitaciones tomadas del año 2018 lo cual genera cierta preocupación en la población dado que es necesario tener una actualización reciente de las estaciones hidrométricas e meteorológicas y con ello poder estimar los parámetros hidrológicos los que son muy importantes al momento de estudiar e investigar las lluvias y así poder establecer los caudales máximos, los métodos para realizarlos pueden ser de forma empírica como también mediante uso de ciertos programas para su facilidad.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo realizar el estudio de las precipitaciones para la determinación de los caudales máximos de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo estimar las curvas Intensidad, Duración, Frecuencia en la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo – departamento de Huánuco?
- ¿En qué medida la estimación del número de curva influye en la determinación de los caudales máximos en la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco?
- ¿Cuál es el cálculo del tiempo de concentración de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco?
- ¿Cómo determinar el coeficiente de escurrimiento para cada periodo de retorno de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de las precipitaciones para la determinación de los caudales máximos de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar las curvas Intensidad, Duración, Frecuencia en la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.
- Estimar del número de curva influye en la determinación de los caudales máximos en la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.
- Calcular del tiempo de concentración de la cuenca del Huallaga en el distrito de San Rafael - provincia de Ambo - departamento de Huánuco.
- Determinar el coeficiente de escurrimiento para cada periodo de retorno de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Para este proyecto tuvo como finalidad el conocer los caudales máximos del río Huallaga además se tuvo el conocimiento que en Ambo las lluvias con mayor intensidad se dan a fines e inicio del año lo que genera un incremento en sus precipitaciones, y esto nos generó un cambio en los caudales, lo cual generó cierta incertidumbre en la población cercana, así como también para los estudios o proyectos que se realicen se tuvo que tener en cuenta los caudales máximos.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Este proyecto generó información necesaria en la hidrología de los ríos de la región Huánuco, específicamente en la provincia de Ambo, tomando, así como base en investigaciones o estudios hidrológicos donde el caudal máximo es sumamente importante y finalmente se empleó diferentes métodos para el cálculo del caudal máximo y así poder definir cuál de ellos fue el mejor método o cuando se puede usar cada método.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para desarrollar los objetivos del proyecto hubo que recurrir a varios métodos empíricos como también programas para así determinar los caudales máximos en las diferentes situaciones.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La principal limitación del estudio es que los datos proceden de la estación más cercana. Como el año pasado no había ninguna estación en el mismo río, sólo se recogieron los datos de este año. Debido a las variaciones climáticas, los datos de años posteriores pueden diferir.

La siguiente lista incluye otras limitaciones de los estudios de investigación.:

- Es imposible localizar suficiente información contextual relacionada con los proyectos a nivel regional.
- El costo está totalmente costado por el tesista.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD OPERATIVA

Desde un punto de vista operativo, es posible obtener un estudio pluviométrico para determinar los caudales máximos, utilizar las distintas

herramientas y programas informáticos disponibles, teniendo en cuenta su uso correcto y adecuado

Del mismo modo, esta investigación se desarrolla en consulta con un asesor experto en la materia que supervisa el curso del proyecto y está disponible para resolver cualquier duda que pueda surgir.

1.6.2. VIABILIDAD TÉCNICA

Dado que no hay muchos estudios comparables a éste, que ofrece los datos necesarios para el control y el análisis del estudio previsto y contribuye a ampliar los conocimientos, el proyecto de investigación es técnicamente viable.

El estudio puede realizarse utilizando los datos hidráulicos recopilados y los recursos técnicamente accesibles en Excel.

Si nos centramos en los recursos humanos, este estudio se creó con la orientación del consultor responsable para determinar los objetivos del proyecto de investigación.

1.6.3. VIABILIDAD ECONÓMICA-SOCIAL

Por la misma razón por la que este estudio no reporta beneficio económico alguno, todo el proyecto -desde el principio hasta el final- se financia íntegramente con los propios recursos del estudiante.

Este estudio, que se centra en el sector social, puede ser muy útil para las empresas, los estudiantes y el público en general porque aporta datos importantes sobre los flujos máximos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Gamba & González, (2018) en su tesis denominada “*Curvas De Rendimiento De Caudales Máximos Instantáneos Asociados A Diferentes Periodos De Retorno En Colombia.*” Tesis (Ingeniero civil). Universidad Tecnológica De Bolívar. Encontrar las curvas de rendimiento para el caudal instantáneo máximo en diferentes periodos de retorno en el río Magdalena fue el objetivo principal de esta tesis. (pág. 25). Siendo algunas de las conclusiones; 1) El análisis se creó a partir de la comparación entre los resultados del estudio y los datos morfológicos de la cuenca procedentes de la bibliografía autorizada, así como de los resultados de la prueba de bondad de ajuste chi-cuadrado. 2) El caudal específico máximo y el caudal unitario se calcularon dividiendo el caudal máximo ajustado estadísticamente entre los diferentes períodos de regresión, la zona de captación de entrada de cada estación y la distancia de la fuente a la misma, respectivamente. (págs. 59,60). Este antecedente sirve como ayuda a para el test de bondad en la cual se hizo mediante el método de chi cuadrado, de la misma forma el método para ajustar estadísticamente los caudales máximos las cuales mediante el Excel y las regresiones realizadas se pudo observar las curvas del rendimiento de forma hídrica del río.

Aguilera, (2018) en su investigación titulada “*Estimación de funciones de probabilidad, para caudales máximos, en la región del Maule.*” Su objetivo es aplicar cuatro modelos probabilísticos -teniendo en cuenta los principales ríos y cuencas hidrográficas (las cuencas de los ríos Mataquito y Maule) a la hidrología de la región del Maule en Chile, y su objetivo es aplicar cuatro modelos probabilísticos -teniendo en cuenta los principales ríos y cuencas hidrográficas (las cuencas de

los ríos Mataquito y Maule)- a la hidrología de la región del Maule en Chile. Tras la utilización del modelo probabilístico, se obtuvieron las siguientes deducciones: Entre 1998 y 2006, la función de la distribución de Pearson tipo III, que mostró el peor ajuste a la estación, no arrojó muchos valores atípicos. Dado que la función de probabilidad de Goodrich está en buena concordancia con el data, Gumbel y Goodrich La función exhibe la mayor flexibilidad en la aplicación para obtener el caudal máximo en la región del Maule y, en general, la función Gumbel es el ajuste más confiable para lograr el caudal máximo en diferentes periodos de recuperación debido a su velocidad y facilidad de cálculo.

Los tesisistas en ingeniería civil: Ramos & Julio,(2017), en su trabajo de investigación titulado: “*Regionalización de Distribuciones Hidrológicas de Caudales Máximos Instantáneos en Colombia*”, Ante la pregunta de cuál es la distribución hidrológica regional de la descarga máxima instantánea en Colombia, comenzaron a pretender recopilar datos de estaciones de medición de todo el país, aplicando una prueba estadística de chi-cuadrado a cada estación para usar una distribución de probabilidad. (Gumbel, Gev, Log Pearson Tipo III, Normal) Aplicar la técnica de ajuste necesaria. Los resultados indican que la distribución de probabilidad hidrológica GEV (momentos ponderados de los momentos) es aconsejable para Colombia porque puede utilizarse con la distribución de probabilidad Gumbel y Pearson III y produjo los mejores resultados de la prueba QI cuadrado en todas las regiones, con un promedio de 5,594.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Según Garcia & Infante, (2018) en su tesis “*Determinación Del Caudal Máximo Para Diseño De Defensas Ribereñas Del Sector Tamarindo – Rio Tumbes*”. La tesis plantea que el objetivo general de caudal máximo debe ser tomado en cuenta al diseñar las defensas fluviales en el distrito de Tamarindo, ubicado en la margen izquierda del río Tumbes (pág 20). Con un periodo de regreso de 50 años utilizando Gumbel Tipo I y Pearson Tipo III, su metodología -que se centró en el

uso de software como HEC RAS y River- fue capaz de determinar un caudal máximo de 3592,66 m³/s. Esta información es significativa para la modelización hidráulica y el diseño de defensas. En base a la información hidrológica analizada, el caudal máximo es cíclico. En base a la tensión hidráulica calculada, se diseña la defensa ribereña con una altura de 6 m y un caudal máximo de 3000 m³/s, protegiendo así el sector de riego El Tamarindo en el margen izquierdo del río.

Según Callañaupa, (2019) en su tesis: “*Medición de caudales máximos en los ríos Chancay y Piura y, su influencia en el dimensionamiento de estructuras hidráulicas.*” Esta tesis tiene como objeto de estudio los métodos para medir caudales extremos y los métodos para determinar caudales a partir de curvas de nivel versus caudal. Este estudio se centra en los periodos de crecida, o momentos en los que los canales secundarios de la sección de medición están ocupados y el área de aumento del caudal se destruye al mismo nivel de agua, factores ambos que impiden que los puntos produzcan una curva de tendencia predecible. El caudal por unidad de nivel de agua aumenta proporcionalmente al nivel de agua. En contraste con cómo se comportan las cosas cuando el flujo se produce en el canal principal, este aumento puede ser significativamente mayor. Como resultado, los datos de tráfico y los datos reales pueden no coincidir. De este modo, es posible sobreestimar o subestimar el proceso de diseño. La existencia de la presa de los Ejidos permite medir el caudal máximo instantáneo del río Piura.

Según Lujano, (2019) en su tesis denominada “*Análisis regional de frecuencia para la estimación de caudales máximos en la cuenca amazónica del Perú*” Su objetivo es utilizar un conjunto de datos de mediciones diarias de caudales máximos recogidos en diez estaciones hidrográficas estimar el caudal punta en la cuenca del Amazonas mediante la realización de un análisis de frecuencias de área dentro de la zona de estudio. Para estimar el cuantil del caudal punta instantáneo, el método del trabajo consiste en regionalizar la curva de crecimiento.

Esto demuestra que el índice de inundación es una función de la cuenca, y puesto que la variable independiente principal es la transferencia de datos hidrológicos, puede concluirse que el índice de inundación y la curva de crecimiento regional pueden utilizarse para estimar con precisión los valores instantáneos de caudal punta para los distintos periodos de retorno necesarios en la cuenca.

Según Tantalean, (2016) en su tesis "*Determinación de caudales máximos para la cuenca del río Chancay en la zona de la Bocatoma Racarrumi aguas abajo empleando el método del número de curva*" Utilizando los datos de entrada iniciales obtenidos por el método del número de curva, el trabajo nos proporciona una clara comprensión de cómo estimar la escorrentía que se producirá en la porción aguas abajo del Boca Racarrumi en la cuenca del Chancay cuando ocurra una cantidad específica de precipitación. Para este enfoque es necesario conocer los tipos y usos del suelo, así como los registros pluviométricos de la cuenca estudiada. El uso del suelo y la zonificación de la vegetación en la cuenca de Chancay y Hec-Hms se analizaron utilizando el procesamiento de imágenes del programa New-Loc Clim V. 1.10. Los resultados obtenidos al determinar el caudal unitario en cada subcuenca desde el momento de la concentración nos brindan diferentes tipos de suelos a, b, c y d. Además, en el documento elegimos la región comprendida entre la desembocadura del mar y la ensenada de Racarrumi, y la escorrentía se determina mediante el método del número de curva, en el que el parámetro principal es el total de precipitaciones.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Según Esteban, (2017) en su tesis para obtener el título profesional: "*Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la microcuenca de Yarumayo – Huánuco*" su tesis resalta como finalidad principal la evaluación de los recursos hídricos superficiales de la microcuenca del Yarumayo mediante el análisis de su disponibilidad hídrica y de sus características morfométricas meteorológicas de su uso potencial del agua para la realización de esta tesis y cumplir con los

objetivos propuestos el tesista propuso un método de caudal Máximo en la cual se realizó generando un promedio las precipitaciones generadas más estables y así obteniendo el mayor caudal de cada mes de la misma forma logró conseguir la mayor demanda de agua en la cual se enfocó en el cultivo del Maíz y con eso realizar un balance hídrico que pueda demostrar que existe un déficit hídrico gracias al caudal calculado por lo cual se recomienda q ciertos almacenamientos en los espejos de agua.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

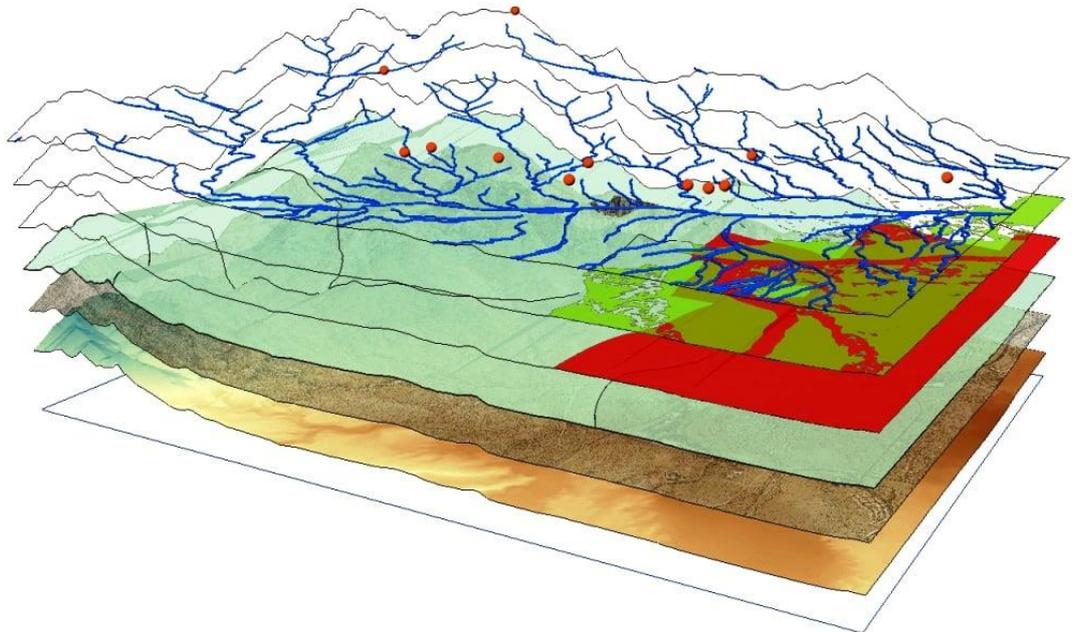
SIG, también conocido como sistema de información geográfica, ha experimentado recientemente una revolución tecnológica que ha propiciado el desarrollo de nuevas herramientas que permiten utilizar gran parte del material de referencia disponible en teledetección y sistemas de información geográfica. Esto ha creado una optativa esencial en lugar de los métodos más convencionales de recopilación y tratamiento de los datos disponibles. Esta técnica nos ayuda a poder abordar toda la integración entre una o varias variables de cada componente espacial y de la misma forma dar múltiples aplicaciones de las mismas. Referente a la teledetección la cual nos genera una evaluación eficiente y rápida de todos los fenómenos que se encuentren ya sean medioambientales en un periodo de cobertura desde los problemas de contaminación ambiental cómo también la detección de incendios forestales o yacimientos. (Chuvienco, 1992)

El SIG se define como un sistema o programa de Software Hardware y ciertos procesos de manera analítica la cual Integra técnicas actuales y modernas para un mapeo informático en las cuales se tiene operadores analíticos como una base de datos geográficos, estás mismas son dignos de poder desarrollar sugerencias y ciertas evoluciones debido a los datos geográficos las cuales contribuyen como una herramienta muy versátil y debidamente eficiente para un planeamiento de manera regional, urbano o rural; la función del SIG se

puede resumir en una entrada, un manejo adecuado, análisis correcto y una salida adecuada de los datos.

Figura 1

Sistema de Información Geográfica en capas y su red



Fuente: (ALLPE, 2022) sistema de obtención cartográfica del SIG

2.2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA

Es la zona que delimitan las crestas en la que una corriente se divide de las cuencas adyacentes a lo largo de una línea que puede trazarse en mapas topográficos y cartográficos. (Linsley, 1974)

El drenaje del cauce se delimita por el alrededor con la cual el fondo del h₂O es recogido y concentrado para una dádiva de mayor dren, a esta definición se puede definir como un tren en un punto previamente a la entrega la cual es muy usada para los estudios hidráulicos. (Reyes, Hidrología Básica, 1992)

También se puede definir a una cuenca como el lugar de la superficie en la cual una gota de lluvia encima de ella puede ser drenada por un sistema de corrientes hasta un lugar de salida.

Otros autores definen a una cuenca como un área de terreno en la cual es drenado hasta una corriente en un cierto lugar en otras palabras se puede definir como el área donde se puede captar el h2o del lago. (Chow, 1994)

Una cuenca hidrográfica también se conoce como zona de captación o zona de la que procede el agua de un río. la superficie de tierra de la que nace un río o arroyo. (Forest Service, 2022)

Figura 2

CUENCAS HIDROGRAFICAS



Fuente: (Escenarios Hidricos 2030, 2021)

➤ **Cuenca, Sub cuenca y Microcuenca**

CUENCA: Se le conoce como al área tributaria que va de un. de sobre una corriente también se le conoce como un área de terreno en la cual se encuentran todas las caídas que se dan mediante la precipitación y todas ellas en conjunto se conjuntan para formular un solo bloque de agua.

SUB CUENCA: Se define como un área que se encuentra en función a un nivel de ramificación referente a ciertos cursores, responde conjuntivamente, sub cuenca en la cual los cursores de agua se pueden encontrar de cuarto o quinto orden.

MICROCUENCA: Se define al área la cual está en función de los cursores de agua a las que corresponden al primer segundo y tercer orden.

Tabla 1

Tamaño de la cuenca y su clasificación Km²

TAMAÑO DE LA CUENCA km ²	CLASIFICACIÓN
Si es Menor a 25	Muy pequeña
Si esta entre 25 a 250	Pequeña
Si esta entre 250 a 500	Intermedia pequeña
Si esta entre 500 a 2500	Intermedia grande
Si esta entre 2500 a 5000 a más	Grande
Si está más que 5000	Muy grande

Fuente: (Horton, 2010)

➤ **Parámetros de la cuenca**

Para un estudio de manera sistemática se tiene que tener en cuenta los parámetros fisiográficos y geomorfológicos, la cual es de Gran utilidad en la práctica referente a la hidrología debido a que son una base con la cual se puede lograr la transferencia de la información para lugares que solo cuenta con poca información; esto puede ser dado un error en los datos o la carencia de los mismos referente a la información de los registros hidrológicos o la información hidrológica pero siempre y cuando exista una similitud climática o geomorfológica entre las zonas en estudio.

Para ello se cuenta con varios parámetros fisiográficos las cuales permiten una descripción adecuada de la Cuenca entre ellos los más significativos son:

1. Dado que el área de la cuenca (A) es una proyección horizontal del área de la cuenca con un sistema de escurrimiento dirigido al mismo emisario, se considera el parámetro más significativo para un estudio hidrológico.
2. Perímetro (P), se define como la longitud del contorno de la cuenca esta medida es crucial porque establece una relación basada en la superficie y permite conocer las dimensiones de la cuenca.
3. Longitud mayor (L), se define como una longitud del curso de agua con mayor longitud y mayoritario empezando del inicio de una cuenca llegando a la desembocadura, final de la misma.
4. El área y la longitud mayor de la cuenca son exactamente proporcionales al parámetro de anchura media (A).
5. La velocidad de escurrimiento del agua superficial concentrada en el lecho del río, o pendiente media del cauce (Sc), está directamente correlacionada con la pendiente; a mayor pendiente, mayor velocidad de escurrimiento. De esta forma para la construcción de obras como puentes, reservorios, reservorios de captación, hidroeléctricas, etc.

Para obtener la pendiente del cauce sería uso de la siguiente fórmula:

$$Sc = (H_{max} - H_{min})/L$$

Donde:

Sc: Pendiente media del cauce, m/Km.

Hmin: Altura Maxima, m. s. n. m

Hmax: Altura minima, m. s. n. m

L: Longitud mayor del rio, Km

2.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA CUENCA HIDROLÓGICA

Según (Horton, 2010), Según parámetros fisiográficos y geomorfológicos para poder obtener la morfología de la Cuenca depende de la misma forma únicamente como el relieve, el SD. Se

considera a la Cuenca: una parte dinámica y también natural la que muestra ciertas faenas que son similares en relación a una variedad de los tipos de suelos como también los factores de la geología, cuenta el h₂O y las áreas verdes en la agronomía. Ciertos elementos físicos nos brindan una mayor posibilidad para poder conocer una cierta variación en los diferentes espacios que se puede regir hidrológicamente de los elementos.

Para determinar estos parámetros, que de alguna manera están relacionados con Es fundamental tener en cuenta las normas de los parámetros fisiográficos que pueden obtenerse a partir de la cartografía de una cuenca hidrográfica a una escala previamente estudiada a la hora de evaluar la capacidad de la cuenca para responder a las precipitaciones, incluida la escorrentía correcta para esta investigación. alternativamente, los parámetros fisiográficos se pueden obtener de las cartas nacionales a una escala previamente seleccionada.

Distinguiendo entre la información geográfica y la información sobre parámetros que se puede obtener principalmente de la cuenca hidrológica, se puede encontrar la siguiente información: Algunos de los atributos físicos de la cuenca son su anchura, superficie, perímetro y longitud del cauce principal.

2.2.4. PRECIPITACIONES

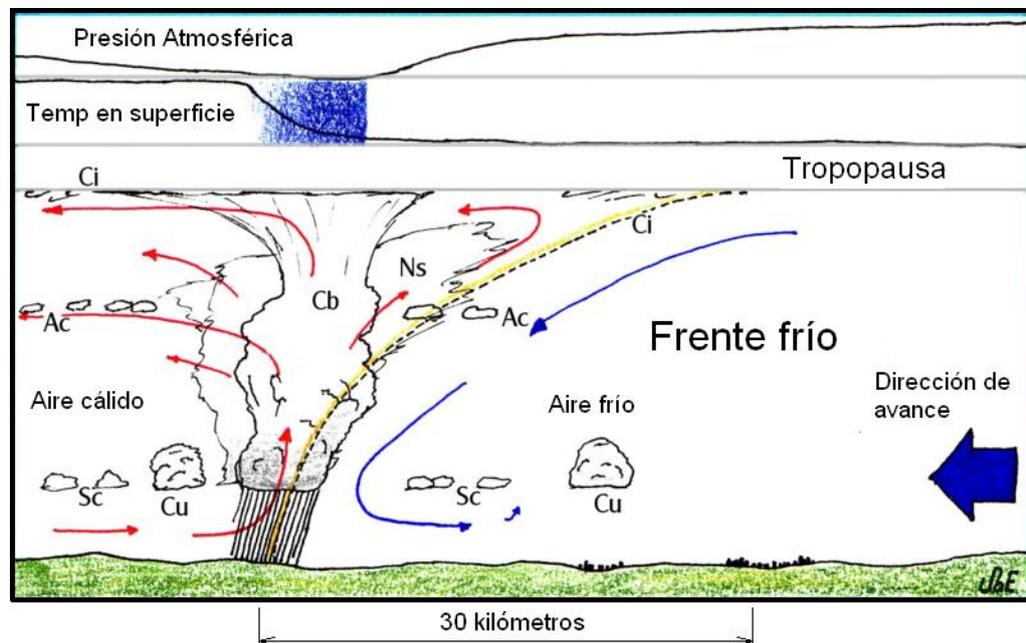
Para las precipitaciones que son consideradas como una condensación masiva la que resuelve en la lluvia se puede constituir como un fenómeno hidrológico de suma importancia. Porque esto se genera cuando el aire de la humedad la cual no está saturado y se encuentra cercano a cierta superficie de la Tierra es elevado muy rápido a grandes alturas esto sea Por cierta convención o por otro mecanismo que pueda producir un resultado similar, la cual genera en consecuencia una expansión que por reducción de la presión puede generar la condensación, en precipitación; por ello se puede encontrar varios tipos de precipitaciones como las que se muestran a continuación:

➤ **Ciclónica**

La precipitación ciclónica es el tipo de precipitación en la que se presenta una gran cantidad de masa de agua la que gira en grandes velocidades y por consecuencia se forma fuertes temperaturas en ciertos estratos atmosféricos. Tiene una característica especial la cual se puede observar en ella un vortice En dónde se le va todo el aire caliente para que después pueda condensarse y producir las precipitaciones; a estos fenómenos que se generan en la mayor parte en zonas tropicales como el Caribe, en América del centro o también en lugares como china específicamente al sur de ese país. Si nos enfocamos en el Perú no es común que se presenta este tipo de precipitación, pero es bueno saber cómo son las precipitaciones ciclónicas.

Figura 3

Precipitación Ciclónica



Fuente: (LLuvia_Ciclonica estudio, 2022)

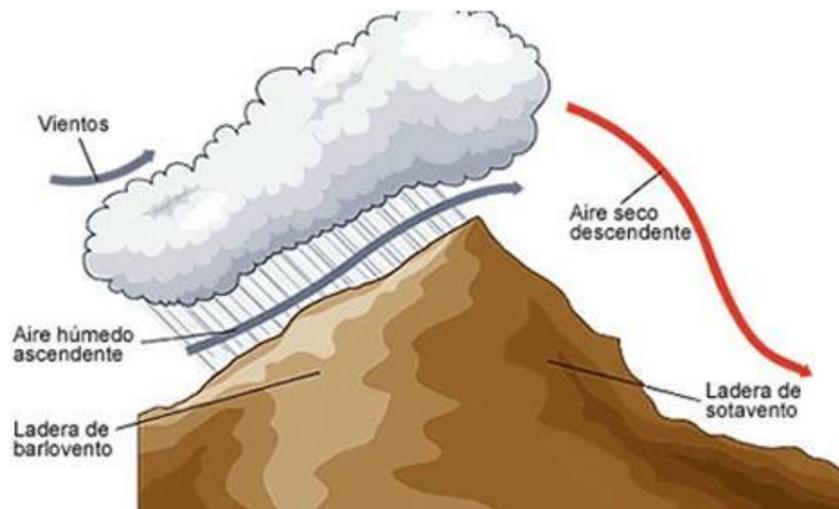
En la Figura 3 se aprecia el desarrollo de la lluvia ciclónica desde su precipitación y como el aire cálido como el frente frío influyen en la creación de la misma.

➤ Orográfica

La precipitación orográfica es causada típicamente por accidentes geográficos como montañas y cordilleras, que actúan como una pantalla para dirigir y obstruir los movimientos específicos de las nubes y crear condiciones favorables para que la precipitación ocurra en esa región. Debido a que el país suele experimentar precipitaciones orográficas cerca de la sierra peruana, puede clasificarse como un tipo moderado de precipitación que es algo persistente.

Figura 4

PRECIPITACION OROGRAFICA



Fuente: (LIFEDER, 2022)

En la figura se muestra la descripción de la lluvia orográfica donde una vez producida la precipitación el aire húmedo llega a ser ascendente y el seco desciende por influencia de los vientos y así produciéndose el tipo orográfico.

➤ **Conectiva**

La precipitación conectiva es un tipo de precipitación que sólo puede crearse cuando el aire caliente entra en una zona específica de estudio o en la superficie del agua. Este aire caliente, que tiene una cierta humedad, se observa también porque tiene una densidad menor. Como consecuencia, cuando desarrolla un proceso adiabático, se produce la condensación y el vapor resultante se convierte en lluvia. Este tipo de precipitación se da sobre todo a lo largo de la costa del país y en los mares.

2.2.5. FORMAS DE MEDIR LA PRECIPITACIÓN

La mayoría de las formas para poder medir la precipitación en la cual se define sobre una base que tiene una altura vertical de agua y la cual podría acumularse superficialmente, si en caso la precipitación permaneciera o se ubicará dónde se cayó inicialmente. En Latinoamérica las precipitaciones son medidas en mm y de cierta forma en décimas, pero en EE UU la precipitación se mide en pulg y centésimas; consideraciones la precipitación se pueden medir de las siguientes 2 formas:

- **Pluviómetros**

Para la medición por pluviómetro la cual es un aparato muy simple que tiene como fin esencial mente ser un depósito dónde se deposita agua de la lluvia. En este depósito se aprecia un embudo en la parte superior en la cual ingresa en las gotas de la misma, al interior de ese depósito se puede encontrar una regla previamente graduada la cual nos ayuda la medición del agua que se ha ingresado y a su vez poder determinar la observación time. Para una correcta lectura es sumamente necesario que el dimensionamiento y la disposición sean adecuadas.

- **Pluviógrafos**

En particular, algunos inter qué se consideran pequeños pueden medirse con pluviómetros, que son dispositivos que se cree que pueden registrar las precipitaciones de forma continua y automática. lo que tiene

un beneficio mucho mayor porque muestra el nivel de precipitaciones, que es una información crucial para algunos estudios hidrológicos.

2.2.6. ERRORES AL MEDIR LA PRECIPITACIÓN

Después de conocer los tipos de forma en la cual se pueda medir la precipitación se puede obtener datos los cuales no siempre están con un grado correcto de certeza o de exactitud, debido estimación del mismo se puede ver afectado por los siguientes de errores:

- Error en la medida puntal.
- Error en la evaluación de la precipitación caída sobre una gransuperficie, a partir de los valores puntuales obtenidos en los pluviómetros.

➤ Error de medida puntual

Se podría decir que la precipitación la cual es mía con pluviómetros es sumamente menor a la que realmente se tiene, esto se debe a que como fin principal el pluviómetro genera una cierta modificación aerodinámico la cual cambia el campo de precipitaciones en ciertas inmediaciones, forma crea turbulencias las cuales afecta de una manera la cantidad de lluvia que debería captarse.

Voy a considerar otro factor que podría provocar un error en la medición de la precipitación. Se trata del viento, que provoca algunas turbulencias que desvían la dirección de las gotas de lluvia y hacen que parezcan mayores porque una mayor velocidad del viento podría interpretarse como una menor velocidad de caída.

Pero también hay factores de error adicionales, como los que se enumeran a continuación:

- Los errores debidos a una combinación de factores meteorológicos e instrumentales pueden ser:

o Durante la evaporación (o condensación) del pluviómetro.

o Efectos aerodinámicos en las trayectorias de las partículas
o Salpicaduras desde o hacia el instrumento.

- Error puro de instrumento, que puede ser:

o Correcciones anticuadas porque la construcción del instrumento está en mal estado.

o Colocación inadecuada del instrumento, efectos de la interceptación, topografía inapropiada, etc.

- Error de funcionamiento, que puede ser:

o Errores de lectura, cometidos por los observadores. o Errores por imprevistos.

➤ **Error en la evaluación**

Para evaluar la cantidad de precipitaciones que caen sobre una superficie terrestre, debemos completar con éxito todas las mediciones puntuales requeridas por los diversos y únicos instrumentos que componen una red pluviométrica.

Es bien sabido que la densidad y la calidad del instrumento, junto con las instalaciones y los observadores presentes, son los principales puntos de defensa para garantizar la precisión inequívoca de la evaluación. La calidad y la zona de estudio deben ser los únicos factores que influyan en la calidad del instrumento y la densidad de la red.

La densidad de la red:

- Es la primera esta función del origen con las que están la precipitación de cada zona. Si en caso se produce de origen frontal la cual abarca una gran cantidad de extensión sobre la superficie, puede ser menos densa en relación al origen conectivo como que usual son las que más se encuentran que las anteriores localmente.

- La segunda está en función del relieve que se puede tener de la ciudad de estudio o el lugar de estudio. Lugar se puede encontrar una zona plana en la cual se necesite una red con una densidad mucho menor y esto se debe al efecto orográfico.

2.2.7. MÉTODO PARA UN ANÁLISIS DE PLUVIOMETRÍA

Para un análisis pluviométrico, en el que interviene el máximo número de años con datos pluviométricos estáticos y estadísticos, es crucial. Para ello se muestra a continuación que la metodología para estudiar evaluar rellenar y corregir informaciones pluviométricas y de la misma manera tener un máximo número de años en la obtención de información. La cual está conformada previamente por una gran cantidad de análisis lo que se puede mostrar ahora:

➤ Por Una Análisis De Consistencia

Las series a analizar deben ser homogéneas, fiables y de alguna forma consistentes para poder realizar un estudio preciso si nos centramos en el análisis de consistencia, técnica que ayuda a la detección, corrección y eliminación de algunos errores del sistema de forma aleatoria que pueden darse en algunas series hidrometeorológicas. (Aliaga, 1985)

Si no se cuenta con la homogeneidad y de cierta forma se presenta una inconsistencia en la serie hidrólogo hidrológica, estos pueden causar algunos errores de manera aleatoria y sistemática.

Estos errores son:

- Los errores aleatorios se pueden mostrar debido a una exactitud en la medición como una mala lectura y un funcionamiento erróneo del instrumento, así como también errores al copiar , etc.
- Los errores con forma sistemática se pueden considerar como error de mayor importancia debido a qué es

consecuencia de la misma, que se puede dar un incremento o reducirse significativamente y esto puede ser de forma natural como artificial Y de cierta forma ocasionado por el hombre.

De cierta forma la homogeneidad y de forma relativa la inconsistencia en una serie hidrológica nos genera unos errores muy grandes qué en cierta forma Al momento de analizar futuramente se puede obtener resultados no tan buenos y sesgados, por lo cual se tiene que tener en cuenta que puede presentar en forma de saltos y/o tendencias.

Previamente al realizar el procesamiento de un modelado matemático de una cantidad diferente de tipo de serie de método hidrológico siendo sumamente obligado el poder efectuar un análisis de consistencia, cuál tiene una finalidad de la obtención de una serie consistente confiable y ciertamente homogéneo.

➤ **Por Una Análisis De Visión en Hidrogramas**

Este enfoque implica un examen visual de los datos históricos de un hidrograma. Para poder analizar visualmente este gráfico la cual permite una observación de cierta manera de su distribución de las de todas las precipitaciones con respecto al tiempo o de cierta forma nos muestra el período o los periodos dos os que se puedan obtener los Cuáles no son confiables, la forma se puede mostrar como saltos o unas tendencias para poder hacer un estudio mucho mejor.

Para poder estudiar y analizar en caso que se tenga un periodo confiable o dudoso se puede hacer de las siguientes maneras:

- En caso de tener estaciones cercanas se puede comparar sus hidrogramas Y de esa forma a ver cuál es el período que varía de una manera notoria con respecto al otro.
- Sí solo se tiene una estación está se puede dividir en varios periodos Y de cierta manera comparar toda la información que se puede obtener en el campo, de esta manera se puede se puede

mostrar un salto con una forma prolongada de ciertos años y de no confundir estos datos o de otra forma ver la cantidad de veces en la cual se tiene los periodos de humedad.

- Si se presentan datos de precipitación y escurrimiento, datos se pueden comparar en los hidrogramas mediante la cual se debe de tener una similitud en su comportamiento.
- Recomendable que para los casos que se puedan estudiar se debe mantener como un fin principal el periodo más extenso la cual se considera confiable con grado óptimo.

➤ **Por Una Análisis De Doble Masa**

Este método es llamado de otra forma como un análisis de doble acumulación, de cierta forma una inconsistencia en la información hidrometeorológica la cual nos muestra unos puntos de riego y estos mostrarlo en los diagramas. Para hacer este análisis se tiene que realizar con una serie de datos recomendable de 2 a más este procedimiento se puede hacer de la siguiente manera:

- Elaborar una información anual y acumulada de cada estación y su promedio anual y acumulado para la información obtenidas de las estaciones en estudio.
- Se tiene que seleccionar una estación en la cual presente una menor cantidad de quiebres como la más confiable Y de cierta forma a ser está una estación de base para realizar el estudio. ○ Si nos enfocamos en la información acumulada anualmente de la estación de base está se tiene que mostrar en gráficos las cuales definan sus quiebres y se consideren de forma significativa o no para para posteriormente hacer un análisis de forma estadística.
- Si se tiene un análisis de doble masa y la información está incompleta se le puede completar con el promedio mensual solo si el análisis es mensual.

- Elaborar una información anual y acumulada de cada estación y su promedio anual y acumulado para la información obtenidas de las estaciones en estudio.
- Se tiene que seleccionar una estación en la cual presente una menor cantidad de quiebres como la más confiable Y de cierta forma a ser está una estación de base para realizar el estudio.
- Si nos enfocamos en la información acumulada anualmente de la estación de base está se tiene que mostrar en gráficos las cuales definan sus quiebres y se consideren de forma significativa o no para para posteriormente hacer un análisis de forma estadística.
- Si se tiene un análisis de doble masa y la información está incompleta se le puede completar con el promedio mensual solo si el análisis es mensual.

2.2.8. MÉTODO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICAMENTE

Una vez que se obtenga los resultados de los hidrogramas de forma original y en caso de la doble masa que puedan ser posibles para una corrección y en caso de periodos de los datos que se pueden mantener con sus datos original y en este caso los que se modificaran, tiene que proceder a analizar, como la desviación estándar:

➤ Análisis de Saltos

Para un análisis de salto de una manera determinada y transitoria la cual permite que la serie hidrológica de forma periódica y pueda de un, como una forma de estos cambios las cuales están realizadas ciertos recursos hídricos que se pueda tener en la Cuenca o en el lugar de estudio estos cambios naturales pueden ser continuas y los cuales pueden ocurrir una vez después de la toma de datos.

Estos tipos de saltos se pueden presentar generalmente en los parámetros de media y en caso en la desviación estándar.

El objetivo es establecer la presencia de la misma e investigar sus posibles causas, independientemente de si la causa primaria procede de fenómenos naturales o de la actividad humana.

- Evaluación del Salto

Para realizar este estudio se utiliza una investigación o análisis estadístico, ya sea de forma inferencial para las medias y en caso de la desviación estándar o de estos dos períodos mediante una prueba de T y F de manera respectiva.

- Corrección de la Información

De cierta manera se aconseja corregir los datos en un primer periodo En otras palabras no se puede dejar inalterado debido a que de cierta manera saber en la cual se puede operar y conservar el mismo.

En caso que se tenga un parámetro de media y el de la desviación estándar puede resultar de cierta manera estáticamente similar, qué se tiene original no se puede corregir debido a que no es consistente con un 95% o mayor de probabilidades.

- Tendencia en la Media

Si se tiene los parámetros de regresión en la cual estás ecuaciones nos muestran un estimado por el método de los mínimos cuadrados o por el método regresión lineal se puede decir cualquiera de ellos para poder hacer un estudio muy efectivo. (Villón, Hidrología Estadística, 2002)

- Tendencia en la Media

Está tendencia de la desviación estándar de cierta forma se presenta en datos mensuales o semanales a pesar de eso es difícil que se encuentra en los datos anuales debido a que cuando se trabaja datos anuales no hay necesidad real de que los análisis de tendencia se pueden mostrar en la desviación estándar. (Reyes, 1992)

2.2.9. FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN

La persona que realiza el estudio o investiga el tema suele tener acceso a una gran cantidad de datos hidrometeorológicos. Por ejemplo, temperaturas, evapotranspiración, precipitaciones y caudales. Con el uso de estos conocimientos, se puede seleccionar un modelo probabilístico que capte adecuadamente el comportamiento de la variable para el problema físico. (Villón, Hidrología Estadística, 2002)

La realización de un análisis de frecuencia tiene por objeto estimar la cantidad de precipitaciones, su intensidad y sus caudales máximos en función de varios periodos de retorno. Utilizando modelos probabilísticos, este análisis puede ser discreto o continuo.

En estadística se dispone de muchas más funciones teóricas de distribución de probabilidad, algunas de las cuales son útiles para utilizar, que se muestran a continuación.:

- Distribución normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gamma 3 parámetros
- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel

1. Parámetros de una muestra de forma estadística

➤ La tendencia central

Estos datos se encuentran al centro de la distribución de los datos.

Media Aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde:

- \bar{X} : Media muestral
- $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$
- X_1 : valor iesimo de la muestra
- n : la muestra

Mediana:

$$Med = \frac{X_{n+1}}{2}, \text{ para } n \text{ impar}$$

$$Med = \frac{X_{\frac{n}{2}} + X_{\frac{n}{2}+1}}{2}, \text{ para } n \text{ par}$$

➤ Medidas de dispersión

Esto indica la separación entre los datos y la dispersión desde el centro de datos.

Figura 5

Fórmulas de las medias de dispersión

MEDIDAS DE DISPERSIÓN

VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
$\sigma^2 = \frac{\sum_1^N (x_i - \bar{X})^2}{N}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (x_i - \bar{X})^2}{N}}$

- **X** → Variable sobre la que se pretenden calcular la varianza.
- **x_i** → Observación número i de la variable X. i puede tomará valores entre 1 y n.
- **N** → Número de observaciones.
- **\bar{x}** → Es la media de la variable X.

RANGO ESTADÍSTICO	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
$R = Máx_x - Mín_x$	$CV = \frac{\sigma_x}{ \bar{X} }$
<ul style="list-style-type: none"> • R → Es el rango. • Máx → Es el valor máximo de la muestra o población. • Mín → Es el valor mínimo de la muestra o población estadística. • x → Es la variable sobre la que se pretende calcular esta medida. 	<ul style="list-style-type: none"> • X → Variable sobre la que se pretenden calcular la varianza. • σ_x → Desviación típica de la variable X. • \bar{x} → Es la media de la variable X en valor absoluto con $\bar{x} \neq 0$.

Fuente: (economipedia.com, 2022)

2. Log Normal II parámetros

Tiene la siguiente formula:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * \frac{1}{x\beta} e^{-0.5 * \left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2}$$

Donde:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \frac{\ln x_i}{n}$$

3. Log Normal III parámetros

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Solo es válido si:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Siendo:

x_0 : *parámetro de posición*

γ : *parámetro de forma*

β : *parámetro de escala*

4. Log Pearson tipo 3

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Donde:

$$k = \frac{c_s}{6}$$

$z =$, a la ecuación anterior de log normal de 2 parámetros

Para hallar K_T por un procedimiento directo se pueden usar tablas.

Luego de aplicar la ecuación general nos da lo siguiente:

$$Y_T = \bar{\mu} + K_T * \sigma$$

Y luego de aplicar la inversa nos da lo siguiente:

$$X_T = \exp(Y_T) = \exp(\bar{\mu} + K_T * \sigma)$$

➤ FORMAS DE SELECCIONAR UNA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN

Se puede mostrar que se tiene una diferencia respecto a una función con la otra y está puede ser sumamente apreciable como en la mayoría de estos casos estas diferencias pueden ser mayores a las que deberían ser; qué otras palabras se podrían decir que cualquiera de las funciones se puede traducir como una estructura en la cual está muy sobre diseñar o también costosa y en otras palabras su diseñada como peligrosa. Para ese caso se debe seleccionar una de ellas se muere con mucha rigurosidad. (Aparicio, 1998)

a) Análisis gráfico

El análisis gráfico consiste en la comparación de forma gráfica del histograma o llaman otras palabras de la función densidad de forma empírica, teniendo en cuenta una gran cantidad de datos en esta función de densidad de forma teórica y de cierta manera visual, si no hay una forma lógica de explicar en qué se diferencian o en qué se parecen. (Villón, 2011)

Se aborda simplemente observando un gráfico y contando los puntos medios, donde cada función se representa gráficamente de forma diferente.

Por lo general, la función de distribución que puede elegirse debe ser similar en cierto sentido a los datos medidos.

Si nos enfocamos en este método la cual es usado en ciertas ocasiones para poder ajustar o corregir las funciones previamente de los datos medidos, se puede escoger una función para la cual la totalidad de los puntos de forma semejante a una línea recta y como último pasó trazar una línea recta para poder hacer la extrapolación la población necesaria.

Si nos enfocamos en este método se tiene que tener un alto grado de subjetividad Y de forma aislada se puede usar la cual puedo hacer ciertamente peligrosa. Dicho de otro modo, sin embargo, se recomienda encarecidamente emplear métodos ilustrativos si es posible; si un ingeniero experimentado los aplica, pueden acabar siendo el medio más eficaz de corrección de datos.

b) Método del error cuadrático mínimo

Con la condición al derivar de forma parcial la función de cada variable. (Villón, 2011)

Tiene la siguiente formula:

$$C = \left[\sum_{i=1}^n (Xe_i - Xo_i)^2 \right]^{1/2}$$

donde:

Xe_i = el *iesimo* dato estimado

Xo_i = *iesimo* dato calculado

c) Prueba Kolmogorov – Smirnov

En esta prueba se comparan las diferencias entre una probabilidad muestral teórica y una probabilidad muestral empírica, o compara bien el desviado del valor máximo y el valor absoluto, bien la diferencia entre el valor observado y la línea teórica del modelo.(Villón, 2011)

Este enfoque, que nos permite evaluar la bondad de ajuste de cada distribución, nos permite seleccionar la opción más adecuada para el escenario dado.

Para conocer la variación entre la función de distribución de probabilidad puede observarse como un máximo absoluto y que la función puede observarse como un mínimo absoluto, la prueba compara el valor absoluto máximo. $F_0(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$:

Donde:

$$\Delta = \max |F(z) - P(x)|$$

Δ : estadístico de Smirnov, la cual tiene un valor que es la diferencia max que se tiene de la probabilidad ajustada y la empírica

$F(x)$: probabilidad de la distrib. teorica

$P(x)$: probabilidad experimental

Si se tiene que el valor critico para cada nivel es significativo se puede dar lo siguiente:

$$P[\max |F(z) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha$$

o

$$P[\Delta \geq \Delta_0] = \alpha, P[\Delta < \Delta_0] = 1 - \alpha$$

2.2.10. PARA EL CÁLCULO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS

Investigación meteorológica aplicada a los parámetros del agua se denomina hidrometeorología. Abarca la observación, el tratamiento y el análisis de elementos hídricos específicos que pueden darse esencialmente en las descargas fluviales o en los volúmenes almacenados en los embalses; estos elementos meteorológicos son esencialmente los mismos que las precipitaciones pluviales. (Monsalve, 1999)

Se tiene que enfocar en la estimación del caudal máximo para que en estos casos se pueda dar los caudales máximos. (Villón, 2002)

Si nos enfocamos en la magnitud para el caudal de diseño en la cual se encuentra en función directamente con el período de retorno que se pueda seleccionar para su estudio, qué para depender de cierta importancia de la obra o de la cual se el objeto de estudio de esta o su tiempo de vida útil.

Si nos concentramos en la teoría de esta metodología de cálculo del caudal punta, se podría tener en cuenta lo siguiente: Con el enfoque racional, sólo puede concentrarse en los cálculos del coeficiente de escorrentía, las curvas de intensidad, la duración de la frecuencia y el tiempo de concentración; los hidrogramas unitarios son una técnica adicional. Este método consta de dos partes: el triángulo de snyder y el scs.

También Existen algunas otras metodologías de forma estadística para poder determinar el caudal máximo estas metodologías puede tomarse en cuenta en este estudio las cuáles son: Mito racional, programas sintético triangular y scs; después de usar esa metodología podemos validar la para obtener los caudales máximos Y de cierta forma mejorar así la comprensión Además de que nos pueda servir como guía para los estudios que se tengan a futuro referente a esta cuenca o referente a este trabajo de investigación.

Método racional

El caudal máximo al que se producirá la escorrentía en una sección específica se determina utilizando el método racional, ya que especifica la intensidad máxima de lluvia continua o uniforme que se producirá durante una duración igual al tiempo de concentración de la sección estudiada.

En los siguientes párrafos se puede mostrar los fundamentos teóricos con las cuales se tiene que tener en consideración para cada variable mencionada previamente:

a) “Determinación del Coeficiente de Escurrimiento C”

El porcentaje de lluvia que escurre directamente se conoce como coeficiente de escorrentía y, dependiendo de los niveles de humedad iniciales de cada cuenca, puede adoptar una serie de valores, desde uno hasta cero. Otras palabras es como un tomar los valores de C como valores representativos, esto la forma nos muestra algunas características de la cuenca, incluida la vegetación, las pendientes y el uso del suelo. (Monsalve, 1999)

b) Cálculo de curvas de Intensidad-Frecuencia-Duración.

LA INTENSIDAD (I)

Se puede definir como la cantidad de líquido enfocada en una caída por una unidad de tiempo. bloque partícula nos puede mostrar qué es la toma de cada tormenta en otras palabras la intensidad máxima que se pueda presentar, esto se puede presentar a una altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. (Villón, 2002)

DURACIÓN

esto se puede definir como el tiempo en el cual transcurre entre un comienzo y otro este comienzo y fin puede ser de una tormenta. La duración puede ser tomado en minutos u horas dentro del total en el cual pueda durar la tormenta, esto tiene estancia para poder determinar las intensidades máximas. (Villón, 2002)

FRECUENCIA

De cierta forma la frecuencia se puede considerar como la cantidad de veces en las cuales pueda repetir esa tormenta. Como estas características pueden ayudar a la intensidad y la duración para poder ser definida en un cierto periodo de tiempo en la cual pueda ser más largo o menos esto se puede tomar de forma general. (Villón, 2002)

c) Determinación de Tiempos de Concentración.

Para completar el Tc o la duración del recorrido de una gota desde su punto de partida hasta el chorro de agua. Para calcular el Tc pueden utilizarse las siguientes características físicas, como la longitud, la elevación y la superficie de la cuenca hidrográfica. (Villón, 2002)

Se tiene la fórmula de:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

C: coeficiente de escorrentia

A: área de la cuenca

I: Intensidad

Método Racional Modificado

Es una propuesta que tiene en cuenta el clima de una nación en particular en este caso Perú. Es útil para estimar rápidamente los caudales en áreas menores de 770 kilómetros, periodos de concentración y cuencas con drenaje natural (T_c) que van de 0,25 a 24 horas.

Se define:

$$Q = 0.278CIAK$$

Donde:

C: coeficiente de escorrentía

A: área de la cuenca

I: Intensidad

K: coeficiente de uniformidad

De estas se pueden obtener las siguientes formulas:

Tiempo de concentración

$$T_c = 0.3\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Donde:

L: longitudo del cauce mayor

S: pendiente promedio del cauce mayor

Coeficiente de uniformidad

$$K = 1 + (T_c^{1.25} / T_c^{1.25} + 14)$$

donde:

T_c: tiempo de contracion en horas

Método del hidrograma unitario

Es un gráfico que muestra información hidrológica a lo largo del tiempo; como nivel freático simple de una cuenca, el nivel freático de la

escorrentía directa que, en caso de que la cuenca experimentara una unidad de precipitación neta durante un periodo de tiempo específico, emergería a la salida de la cuenca.

“Estimación de Hidrogramas - Unitarios”

Estimar el caudal máximo utilizando una línea de flotación unitaria, siempre es necesario medir al menos una línea de flotación a la salida de la cuenca, un registro de precipitación proveniente de esa línea de flotación.

La mayoría de las cuencas de la Tierra carecen de estaciones hidrométricas y de los registros de precipitaciones necesarios. Por ello, es conveniente obtener hidrogramas unitarios sólo con las características generales de la cuenca. Un compuesto es el hidrograma unitario que se obtiene de este modo. A continuación, se presentan los hidrogramas elementales sintéticos que deben examinarse: SCS y Triángulo.

a) Base teórica para el calculo de la línea de canal de agua de la unidad de triangulación.

Desarrollado por Mockus en 1957. en función de la base temporal (horas) y de la superficie de la cuenca (km²), se obtiene el caudal pico Q_p A través del análisis de varios hidrogramas, Mockus llega a la conclusión de que el tiempo base y el tiempo pico calculan el hidrograma unitario triangular de esta manera.

Se tiene:

$$Q_p = \frac{0.555A}{t_b}$$

se concluye que el tiempo base es:

$$t_b = 2.67 t_p$$

y el tiempo pico es de:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

Se calcula el tiempo de retraso:

$$t_r = 0.6t_c$$

Dónde:

t_c : Tiempo de concentración.

Además la duración:

$$\text{Para cuencas grandes } d_e = 2\sqrt{t_c}$$

$$\text{Para cuencas pequeñas } d_e = t_c$$

Y de esta forma calcular el hidrograma unitario triangular

b) Línea de acueducto triangular sintético para SCS

El volumen creado al dividir la lluvia en redes y extractos se esparce a través del río usando líneas de agua unitarias.

Donde:

$$t_T = 1.67 T$$

Desarrollando el área debajo

$$q_p = \frac{2.08A}{T_p}$$

Adicionalmente, se muestra que:

$$t_p = 0.6 T_c$$

El tiempo de ocurrencia del pico, T_p , puede expresarse como:

$$T_p = \frac{D}{2} + t_p$$

Donde:

D: duración de la lluvia (h)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Hidrología: "estudio de las características, distribución y movimiento del agua en el suelo, las rocas y la atmósfera de la Tierra en relación con la

evaporación y la precipitación", tal y como la definieron Merian y Webster en 1961. Mejía (2012)

Precipitación: Cualquier tipo de agua que cae sobre la superficie terrestre se denomina precipitación. La precipitación puede adoptar muchas formas diferentes, como granizo, llovizna, lluvia, nieve y lluvia helada. Robayo (2014).

Cuenca: la región de la superficie terrestre donde según el sistema actual las precipitaciones tienden a fluir hacia un lugar. Robayo (2014).

Hidrometría: En los levantamientos hidrográficos, el volumen de agua que fluye por la sección transversal de un río, canal o tubería se mide, anota, calcula y examina por unidad de tiempo. Ergueta (2016).

Caudal: Para la hidrología, la hidrografía y la geografía física en general, la cantidad de agua que fluye por el lecho de un río o canal en un lugar y momento concretos se denomina caudal. Ergueta (2016).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H1: Al realizar un estudio de precipitaciones se puede obtener los caudales máximos de la cuenca del Huallaga, en el distrito de San Rafael, en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Caudales máximos.

Indicadores

- Secciones Transversales (Pendiente).
- Lluvias de gran intensidad.
- Área de cuenca.
- Coeficiente de escorrentía.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Precipitaciones.

Indicadores

- Cuenca
- Duración

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Sistema de variables-dimensiones e indicadores

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. dependiente Caudales máximos	<ul style="list-style-type: none"> • Topografía • Factor climatológico • Fenómenos demográficos de localización • Estudio Hidráulico 	<ul style="list-style-type: none"> • Secciones Transversales (Pendiente) • Lluvias de gran intensidad • Área de cuenca • Coeficiente de escorrentía. 	Cuantitativa.	Discreta
V. independientes Precipitaciones.	Estaciones hidrológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Cuenca • Duración 	Cuantitativa.	Discreta.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

De acuerdo con Hernández (2014), los resultados de los métodos utilizados para recolectar datos y obtener los máximos flujos apegados a los mínimos parámetros fueron el enfoque principal de este trabajo. Podemos referirnos a la definición de este tipo de concepto como investigación cuantitativa.

De forma similar, la presente tesis adopta un enfoque cuantitativo, recopilando datos y utilizando el análisis estadístico para probar la hipótesis.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Según Hernandez (2014). Su intención descriptiva, en nuestra opinión, se refiere al valor de ilustrar con precisión un fenómeno, evento, comunidad, contexto o circunstancia desde un ángulo o dimensión particular. Los conceptos, variables, componentes, etc. que se medirán deben ser definidos, o al menos representados visualmente, por los tesisistas que realicen este tipo de investigación. También deben conocer los tipos de datos que se recopilarán y quién los recopilará, como individuos, organizaciones, comunidades, cosas, animales, etc. (pág. 92).

Esta tesis, como se ha demostrado, es de carácter descriptivo, ya que ha intentado ilustrar las propiedades hidráulicas e hidrológicas para conocer los caudales máximos y las precipitaciones correspondientes.

3.1.3. DISEÑO

Como dice Hernández (2014). Es bien sabido que "si una investigación tiene un diseño no experimental, hay ciertos requisitos que

deben cumplirse", entre ellos que "en el desarrollo no debe haber manipulación ni experimentación", además de que "la interacción que tienen los sujetos entre sí se proporcione de la forma habitual y se analicen de tal manera que se presenten los casos". Página 152.

Como se mencionó anteriormente, el diseño del trabajo de investigación es no experimental porque los datos del estudio no fueron modificados ni alterados de ninguna manera.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

"La población tiene como dimensión todos aquellos elementos que ostentan una gran variedad de características similares, estos pueden estar compuestos por objetos, individuos o dimensiones que se presentan." Hernandez (2014).

En consecuencia, la cuenca del río Huallaga, en el distrito de Ambo de la región de Huánuco, me sirvió de población de estudio.

3.2.2. MUESTRA

Según Tamayo (2004). "La muestra consiste en un pequeño conjunto de individuos extraídos de la población total para ser posteriormente investigados y estudiados de forma continuada". (p. 38). En base al texto anterior, podemos deducir que el objetivo de la muestra es identificar las características particulares de la población en base a atributos predeterminados. La población de la cuenca del Huallaga en el distrito de San Rafael de la provincia de Ambo en la región Huánuco proporciona los datos utilizados para este fin, la cual es muestreada.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos utilizada en esta investigación se denomina "proceso de obtención de información de manera no experimental, que

permite medir cambios en las unidades de estudio, con el objetivo de obtener los datos indispensables para el análisis del problema en el aspecto de la verdad social, base de la indagación". Hernandez (2014).

En este estudio se utilizaron tanto métodos de análisis de contenido como de observación. El objetivo de este estudio era ayudar a recopilar la información necesaria para iniciar la investigación utilizando y examinando fuentes de datos, recopilación de datos y hojas de datos. Es bien sabido que se requería la recopilación de datos para la investigación, y que los datos se obtuvieron utilizando adecuadamente el SENAMHI en el momento de la recopilación de datos.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Según Hernández (2014), "Las herramientas o instrumentos para un Los cuestionarios en papel y los dispositivos mecánicos y electrónicos utilizados para la recogida de datos o información sobre un problema o fenómeno definido son ejemplos de los recursos en los que puede basarse un investigador para abordar problemas, fenómenos y extraer información de ellos.

Los instrumentos que se utilizaron son:

- Fichas de medición (obtenidos del SENAMHI)
- Hojas de Excel en las cuales se puedan mostrar los datos.

3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

➤ Procesamiento de datos

Los datos relativos al diseño de la cuenca se recopilarán mediante imágenes por satélite.

Se utilizarán estaciones cercanas para recoger datos sobre precipitaciones.

Los datos se procesaron empíricamente introducir las fórmulas necesarias para cada etapa del procedimiento en hojas de cálculo Excel formateadas en esta aplicación de Microsoft.

➤ **Análisis de Datos**

Tras el tratamiento de los datos, se utilizarán programas y métodos empíricos para determinar los caudales máximos utilizando todas las técnicas viables. Este proceso se repetirá para cada escenario con el fin de determinar qué enfoque es el más apropiado y en qué se diferencia cada uno de los demás.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

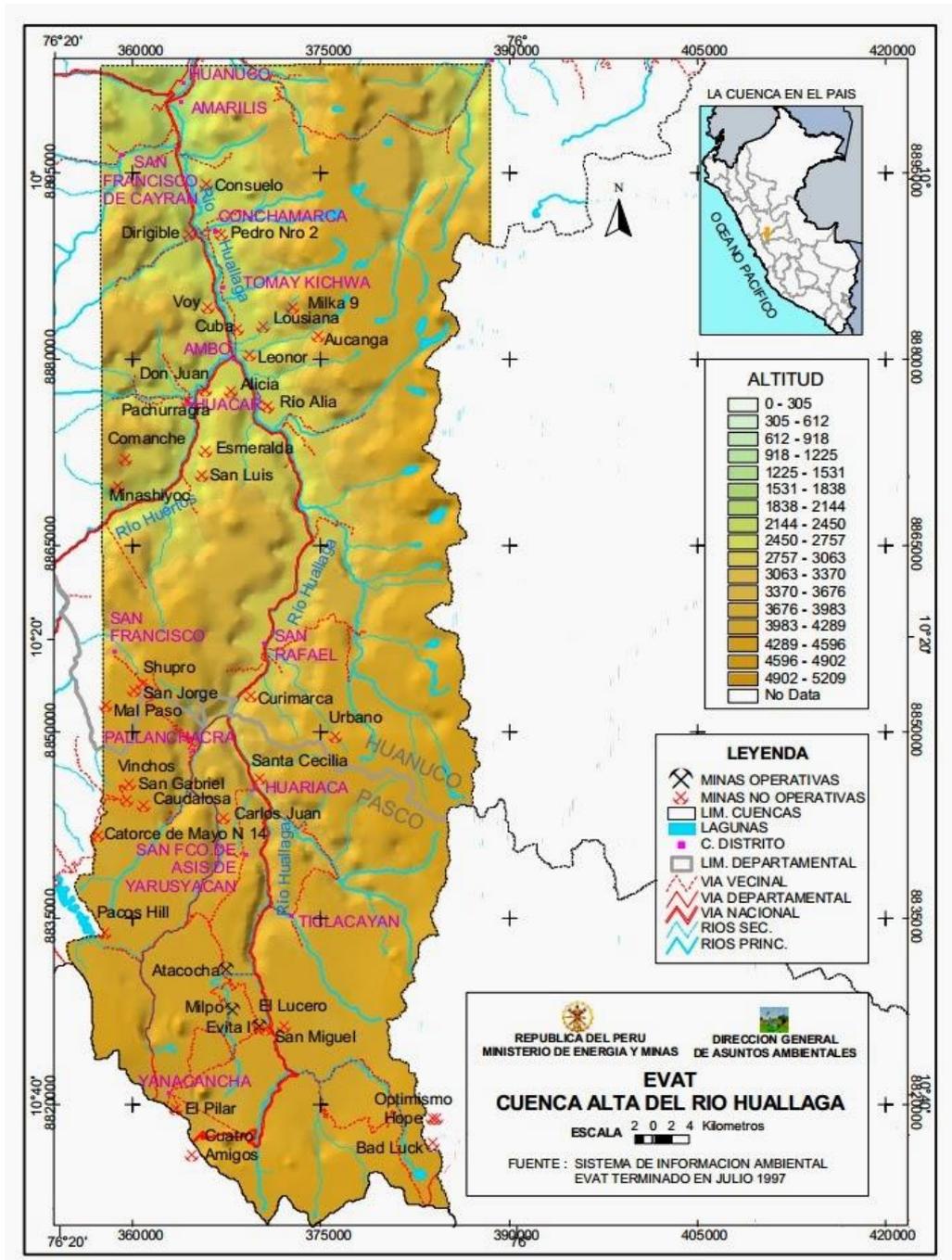
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. LUGAR DE ESTUDIO

Para el lugar de estudio de forma política se encuentra ubicado en la región de Huánuco, Los ríos Ticlayán, Pariamarca y Pucurhuay confluyen en la cima del cerro de Pasco, donde se inicia la cuenca del río Huallaga. Uno de los afluentes principales y más caudalosos del río Huallaga es el río Huertas. El río Huallaga atraviesa los departamentos de Cerro de Pasco y Huánuco antes de ensancharse en Huánuco. Fluye hacia el norte y el noreste a través de estos departamentos. Los ríos Huancachupa, Higuera, Garbanza, Chinobamba y Acomayo, que nacen en las alturas de Huánuco, son los principales afluentes del río Huallaga. Las quebradas Chicuy, Pumarini, Olijmayo y Yanamayú, que nacen en las lagunas situadas al sureste de Huánuco, desembocan en el río por su margen derecha.

Figura 6

Cuenca del Huallaga



Fuente: (DePerú.com, s.f.)

SUBCUENCAS EN EL RÍO ALTO HUALLAGA

La cuenca del Alto Huallaga, que abarca unos 4.789,4 kilómetros cuadrados desde su nacimiento en la sierra de Cerro de Pasco hasta el puente Taruca, en Huánuco, se puede apreciar en toda su extensión.

La mayoría coincide en que se trata de una cuenca húmeda con muchas precipitaciones. Tiene cuatro subcuencas en el Alto Huallaga, tres en el río Huertas y una subcuenca lateral en el río Higuera. Tiene dos subcuencas, una principal y otra secundaria.

La subcuenca del Alto Huallaga abarca 83 km de cauce y tiene una superficie de 1.582,3 km², llegando hasta la localidad de Ambo. Los ríos Tingo, Ticlacayan, Pucurhuay y Blanco son las cuatro subcuencas secundarias. La línea máxima de la subcuenca es de aproximadamente 4800 metros más alto que el mar. En su punto más bajo, desciende hasta los 3.200 metros sobre el nivel del mar. Entre 200 y 1.200 metros separan la base del puerto de la cumbre. La elevación desciende de 4.400 metros a 2.850 metros a través del estrecho, con una pendiente media del 2,8%.

La extensión de la subcuenca del río Tingo tiene 306,6 kilómetros cuadrados, con un curso fluvial que abarca 41,5 kilómetros, una pendiente del 2,5% y un desnivel que va de los 4.350 metros a los 2.170 metros. La línea de cumbres varía entre los 4.400 y los 3.800 metros sobre el nivel del mar.

Con una longitud de canal de 12,5 km y una pendiente del 6,4%, la subcuenca de Tiklayan abarca una superficie de 81,8 km² y desciende desde los 4.200 m sobre el nivel del mar hasta los 3.450 m. A partir de los 4.200 m sobre el nivel del mar se encuentra la línea de cumbre.

Con una superficie de 257,8 kilómetros cuadrados, una longitud de cauce de 36,5 kilómetros y una pendiente media del 5,3%, la subcuenca del río Blanco desciende desde los 4.400 metros hasta los 2.450 metros. La línea de cumbres oscila entre los 4.800 metros y los 3.600 metros sobre el nivel del mar.

El río Huertas tiene una pendiente media de 2,5%, una longitud de 93,5 kilómetros y un área de drenaje principal de 2083,4 kilómetros cuadrados. Es posible distinguir las subcuencas del río Yanacocha, del río Chauphuranga y del río Quio. La línea máxima de la subcuenca es de aproximadamente 4.500 metros sobre el nivel del mar, y su extremo inferior desciende a los 3.200 m.s.n.m. El fondo del canal desciende desde los 4.400 metros hasta los 2.050 metros de altitud. Por debajo de la línea de cumbres se encuentran entre 800 y 1100 metros.

Con una superficie de 298,8 kilómetros cuadrados, una longitud de cauce de 38,5 kilómetros y una pendiente del 3,2 por ciento, la subcuenca del río Yanacocha desciende desde los 4.400 metros hasta los 400 metros. Hay una variación en la línea de cumbre entre los 4.500 y los 4.250 metros sobre el nivel del mar.

El río Keo desemboca en la ciudad de Ambo dentro de su subcuenca. El río recorre 24,5 kilómetros con una pendiente del 0,98% y un desnivel de 2.400 a 2.050 metros, lo que crea un cauce sinuoso.

La subcuenca lateral del río Higueras, que desemboca en el río Huallaga cerca de Huánuco, tiene una extensión de 738,1 km², una longitud de cauce de 88 km y una pendiente de 2,8% por debajo de los 3.900 msnm. Sus cauces son de tamaño moderado. La cordillera en esta sección se eleva a una altura de 3.200 a 3.000 metros sobre el nivel del mar.

La selección de la zona de estudio es crucial para la recogida de datos, y hemos optado por la cuenca del Hualga, que es una subcuenca de flujo lateral del río Higueras que desemboca en el río Hualga.

Datos:

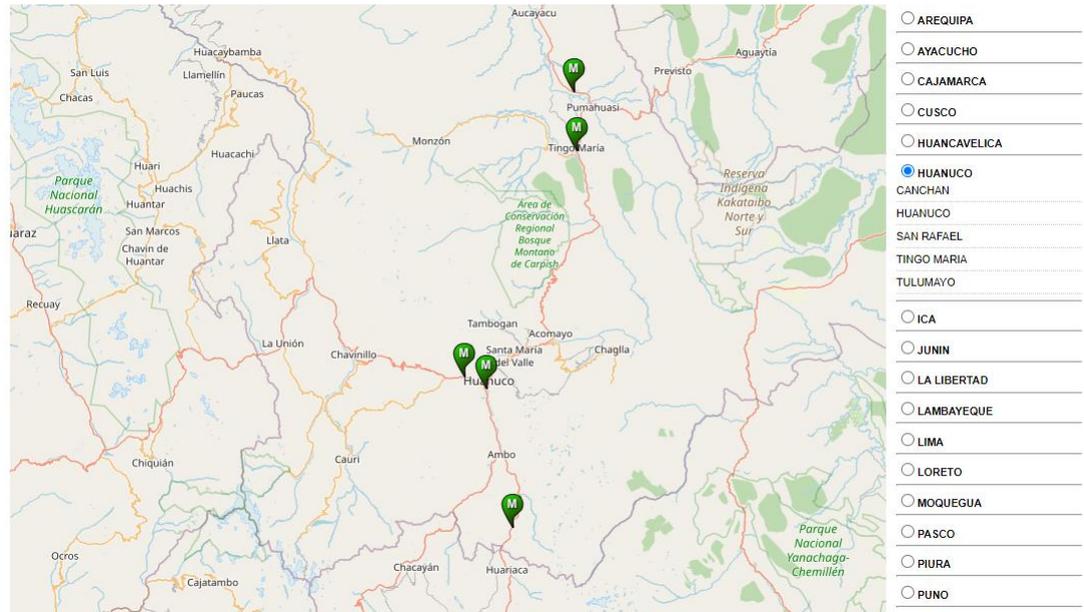
- Área de 738.1 km²
- Longitud de cauce de 88 kms
- Pendiente de 2.8% la que baja de los 3900 msnm

4.1.2. DATOS DE METEREOLOGIA

En esta sección para poder tomar los datos de metereologia se procede a ingresar a las estaciones del senamhi y buscar las estaciones cercanas a la ciudad de huanuco.

Figura 7

Estaciones cercanas al lugar de estudio



Fuente: SENAMHI

Como se puede observar se encuentran 5 estaciones, cada una en Chanchan, Huanuco, San Rafael, Tingo Maria y Tulumayo.

Por eso se seleccionó las estaciones más cercanas a nuestro lugar de estudio y estas estaciones son:

LA ESTACIÓN DE SAN RAFAEL

Tabla 3

Estación de San Rafael

ESTACIÓN	ANO	Pmáx (mm)
SAN RAFAEL	1996	21.6
SAN RAFAEL	1997	25.1
SAN RAFAEL	1998	41.8
SAN RAFAEL	1999	29.9
SAN RAFAEL	2000	52.9
SAN RAFAEL	2001	41.6
SAN RAFAEL	2002	32
SAN RAFAEL	2003	28.8
SAN RAFAEL	2004	31.9
SAN RAFAEL	2005	42.1
SAN RAFAEL	2006	25.5
SAN RAFAEL	2007	25.1
SAN RAFAEL	2008	21.8
SAN RAFAEL	2009	33.5
SAN RAFAEL	2010	41.1
SAN RAFAEL	2011	25.7
SAN RAFAEL	2012	16.4
SAN RAFAEL	2013	28.2
SAN RAFAEL	2014	28.6
SAN RAFAEL	2015	14.1
SAN RAFAEL	2016	18
SAN RAFAEL	2017	21.1
SAN RAFAEL	2018	17.5
SAN RAFAEL	2019	19.5
SAN RAFAEL	2020	83.6

Fuente: Estación meteorológica San Rafael – Huánuco - SENAMHI

LA ESTACIÓN DE HUÁNUCO

Tabla 4

Estación de Huánuco

ESTACIÓN	AÑO	Pmáx (mm)
HUANUCO	1996	113.41
HUANUCO	1997	65.01
HUANUCO	1998	88.9
HUANUCO	1999	98.2
HUANUCO	2000	86.8
HUANUCO	2001	93.4
HUANUCO	2002	97.4
HUANUCO	2003	94.1
HUANUCO	2004	64.4
HUANUCO	2005	59
HUANUCO	2006	69.3
HUANUCO	2007	54.6
HUANUCO	2008	93.5
HUANUCO	2009	109.3
HUANUCO	2010	125.32
HUANUCO	2011	85.2
HUANUCO	2012	109.8
HUANUCO	2013	83.14
HUANUCO	2014	104.62
HUANUCO	2015	106.95
HUANUCO	2016	112.71
HUANUCO	2017	83.1
HUANUCO	2018	91.34
HUANUCO	2019	87.91
HUANUCO	2020	88.63

Fuente: Estación meteorológica Huánuco – Huánuco - SENAMHI

Una vez obtenida las dos estaciones más cercanas, se procede con hacer un promedio de las precipitaciones máximas.

Tabla 5

Promedio de precipitaciones máximas anuales

ESTACION	ANO	Pmáx (mm)
HUANUCO-SAN RAFAEL	1996	67.505
HUANUCO-SAN RAFAEL	1997	45.055
HUANUCO-SAN RAFAEL	1998	65.35
HUANUCO-SAN RAFAEL	1999	64.05
HUANUCO-SAN RAFAEL	2000	69.85
HUANUCO-SAN RAFAEL	2001	67.5
HUANUCO-SAN RAFAEL	2002	64.7
HUANUCO-SAN RAFAEL	2003	61.45
HUANUCO-SAN RAFAEL	2004	48.15
HUANUCO-SAN RAFAEL	2005	50.55
HUANUCO-SAN RAFAEL	2006	47.4
HUANUCO-SAN RAFAEL	2007	39.85
HUANUCO-SAN RAFAEL	2008	57.65
HUANUCO-SAN RAFAEL	2009	71.4
HUANUCO-SAN RAFAEL	2010	83.21
HUANUCO-SAN RAFAEL	2011	55.45
HUANUCO-SAN RAFAEL	2012	63.1
HUANUCO-SAN RAFAEL	2013	55.67
HUANUCO-SAN RAFAEL	2014	66.61
HUANUCO-SAN RAFAEL	2015	60.525
HUANUCO-SAN RAFAEL	2016	65.355
HUANUCO-SAN RAFAEL	2017	52.1
HUANUCO-SAN RAFAEL	2018	54.42
HUANUCO-SAN RAFAEL	2019	53.705
HUANUCO-SAN RAFAEL	2020	86.115

Después de obtener el promedio de las dos estaciones se procede a sacar Log P, lo cual es necesario para usarlo en los siguientes procesos.

Tabla 6

Log P de las precipitaciones máximas

ESTACIÓN	AÑO	Pmáx (mm)	Log P
HUANUCO-SAN RAFAEL	1996	67.505	1.829335942
HUANUCO-SAN RAFAEL	1997	45.055	1.653742994
HUANUCO-SAN RAFAEL	1998	65.35	1.815245592
HUANUCO-SAN RAFAEL	1999	64.05	1.806519134
HUANUCO-SAN RAFAEL	2000	69.85	1.84416641
HUANUCO-SAN RAFAEL	2001	67.5	1.829303773
HUANUCO-SAN RAFAEL	2002	64.7	1.810904281
HUANUCO-SAN RAFAEL	2003	61.45	1.788521887
HUANUCO-SAN RAFAEL	2004	48.15	1.682596291
HUANUCO-SAN RAFAEL	2005	50.55	1.70372116
HUANUCO-SAN RAFAEL	2006	47.4	1.675778342
HUANUCO-SAN RAFAEL	2007	39.85	1.600428326
HUANUCO-SAN RAFAEL	2008	57.65	1.760799312
HUANUCO-SAN RAFAEL	2009	71.4	1.853698212
HUANUCO-SAN RAFAEL	2010	83.21	1.920175522
HUANUCO-SAN RAFAEL	2011	55.45	1.74390155
HUANUCO-SAN RAFAEL	2012	63.1	1.800029359
HUANUCO-SAN RAFAEL	2013	55.67	1.745621221
HUANUCO-SAN RAFAEL	2014	66.61	1.823539434
HUANUCO-SAN RAFAEL	2015	60.525	1.781934798
HUANUCO-SAN RAFAEL	2016	65.355	1.815278819
HUANUCO-SAN RAFAEL	2017	52.1	1.716837723
HUANUCO-SAN RAFAEL	2018	54.42	1.735758537
HUANUCO-SAN RAFAEL	2019	53.705	1.730014721
HUANUCO-SAN RAFAEL	2020	86.115	1.935078806

Nota: Log P de las precipitaciones máximas.

La precipitación media de las dos estaciones, junto con la desviación típica, el coeficiente de variación, el coeficiente de asimetría y K/6, se obtienen una vez obtenido el log p.

Por último, el N° que es la cantidad de datos.

Tabla 7

Datos obtenidos del Log P

PROMEDIO (mm)	60.669
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	10.986
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V.)	0.18
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	0.39
K/6	0.065144112
N°	25

Nota: Con los datos obtenidos mediante las fórmulas se procede a realizar la corroboración en la prueba de bondad que se muestra más adelante usando también los datos del HIDROESTA y comparándolos.

4.1.3. PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Para este proceso solo se usó el software HIDRO-ESTA para calcular todas las distribuciones para un periodo de 50 años que es el tiempo seleccionado para este estudio.

Distribución Normal

Figura 8

Utilización de la distribución Normal para ajustar una serie de datos

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	67.505
2	45.055
3	65.35
4	64.05
5	69.85
6	67.5
7	64.7
8	61.45
9	48.15
10	50.55
11	47.4
12	39.85
13	57.65
14	71.4

Parámetros distribución normal:
 Con momentos ordinarios:
 De localización (X_m): 60.6688
 De escala (S): 11.0353
 Con momentos lineales:
 Media lineal (X_L): 60.6688
 Des. Estandar (S_L): 11.0353

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	39.85	0.0385	0.0290	0.0296	0.0094
2	45.055	0.0769	0.0776	0.0785	0.0007
3	47.4	0.1154	0.1136	0.1146	0.0018
4	48.15	0.1538	0.1272	0.1283	0.0266
5	50.55	0.1923	0.1785	0.1796	0.0138
6	52.1	0.2308	0.2177	0.2187	0.0131
7	53.705	0.2692	0.2631	0.2640	0.0062
8	54.42	0.3077	0.2847	0.2856	0.0229

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.0746, es menor que el delta tabular 0.2720. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Archivos y resultados:
 Calcular, Graficar, Limpiar, Imprimir, Menú Principal, Crear, Accesar, Excel, Reporte

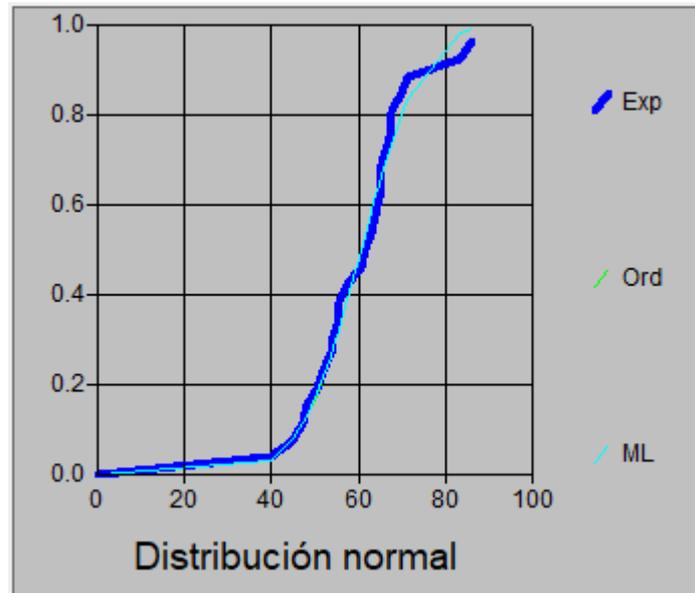
Fuente: HIDROESTA, Software para estadísticas aplicadas a la hidrología y cálculos hidrológicos.

Las observaciones muestran que para un periodo de retorno de 50 años se tiene 83.24. y su delta teórico es de 0.0746.

Para datos con una distribución normal, el 5% es el nivel de significación para el análisis gráfico, como indica la curva próxima a los datos de la figura siguiente:

Figura 9

Curva de la distribución Normal



Nota: El gráfico que se muestra de la distribución normal lo da el HIDROESTA donde se emplea el método exponencial para la elaboración de la línea de tendencia cada gráfico se da de la misma forma solo se diferencia en la distribución y el nivel de significación que se señala antes del gráfico.

Distribución log normal de 2 parámetros

Figura 10

Ajuste de una serie de datos para la distribución Log Normal 2 parametros

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	67.505
2	45.055
3	65.35
4	64.05
5	69.95
6	67.5
7	64.7
8	61.45
9	48.15
10	50.55
11	47.4
12	39.85
13	57.65
14	71.4

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 86.79 m³/s
 Período de retorno (T): 50 años
 Probabilidad (P): %

Parámetros distribución log-normal:
 Con momentos ordinarios:
 De escala (μy): 4.0897
 De forma (Sy): 0.182
 Con momentos lineales:
 De escala (μyl): 4.0897
 De forma (Syl): 0.1839

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	39.85	0.0385	0.0131	0.0139	0.0254
2	45.055	0.0769	0.0608	0.0628	0.0162
3	47.4	0.1154	0.1021	0.1046	0.0133
4	48.15	0.1538	0.1183	0.1209	0.0355
5	50.55	0.1923	0.1798	0.1824	0.0125
6	52.1	0.2308	0.2266	0.2290	0.0042
7	53.705	0.2692	0.2798	0.2819	0.0106
8	54.42	0.3077	0.3048	0.3067	0.0029

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.0804, es menor que el delta tabular 0.2720. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Archivos y resultados:
 Calcular, Graficar, Limpiar, Imprimir, Menú Principal, Crear, Accesar, Excel, Reporte

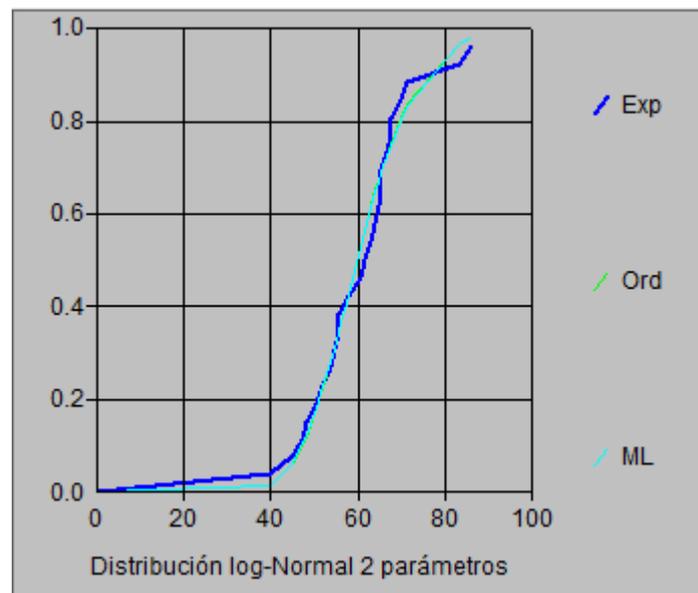
Fuente: HIDROESTA, Software para estadísticas aplicadas a la hidrología y cálculos hidrológicos.

Las observaciones muestran que para un período de retorno de 50 años tiene 86.79. y su delta teórico es de 0.0804.

El análisis gráfico de los datos de la distribución lognormal de 2 parámetros arroja un nivel de significación del 5% y, como puede verse en la figura siguiente, la curva se muestra muy próxima a los datos.

Figura 11

Grafico de la distribución log normal



Nota: Gráfico de distribución log normal

El grafico que se muestra de la distribución normal lo da el programa usado Hidroesta donde se emplea el método exponencial para la elaboración de la línea de tendencia, la cual nos da datos de confiabilidad alta ya que mantiene su estándar en el permitido por la variable.

Distribución Gumbel

Figura 12

ajuste de series de datos a la distribución de Gumbel

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	67.505
2	45.055
3	65.35
4	64.05
5	69.85
6	67.5
7	64.7
8	61.45
9	48.15
10	50.55
11	47.4
12	39.85
13	57.65
14	71.4

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 89.15 m³/s
 Período de retorno (T): 50 años
 Probabilidad (P): %

Parámetros distribución Gumbel:
Con momentos ordinarios:
 De posición (μ): 55.7246
 De escala (alfa): 8.5657
Con momentos lineales:
 De posición (μ_l): 55.4841
 De escala (alfa): 8.9822

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	39.85	0.0385	0.0017	0.0033	0.0368
2	45.055	0.0769	0.0310	0.0410	0.0460
3	47.4	0.1154	0.0712	0.0855	0.0442
4	48.15	0.1538	0.0888	0.1041	0.0650
5	50.55	0.1923	0.1605	0.1769	0.0318
6	52.1	0.2308	0.2172	0.2328	0.0135
7	53.705	0.2692	0.2820	0.2955	0.0128
8	54.42	0.3077	0.3121	0.3244	0.0044

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1168, es menor que el delta tabular 0.2720. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

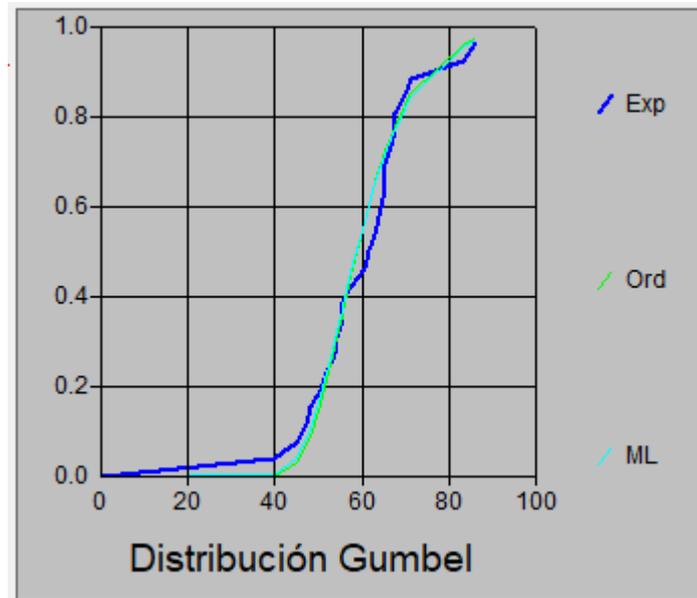
Archivos y resultados:
 Calcular, Graficar, Limpiar, Imprimir, Menú Principal, Crear, Accesar, Excel, Reporte

Fuente: HIDROESTA, Software para estadísticas aplicadas a la hidrología y cálculos hidrológicos.

Se puede observar que para un tiempo de retorno de 50 años se tiene 89.15. y su delta teórico es de 0.1168.

Figura 13

Gráfico de Gumbel



Fuente: programa HIDROESTA (Gráfico de Gumbel)

Como puede verse en la figura anterior, la curva del análisis gráfico se aproxima mucho a los datos, con un nivel de significación del 5% para los datos de la distribución de Gumbel.

4.1.4. PRUEBA DE AJUSTE PARA LAS DISTRIBUCIONES

En esta sección se realizó una prueba de ajuste a todas las distribuciones, la cual nos ayudó a la selección de la distribución adecuada para el estudio.

Para esta sección se tiene dos formas de realizar la prueba de ajuste para seleccionar la mejor distribución y con eso poder seguir con las siguientes secciones.

El primer método es el realizado con el delta teórico, con el método de PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV – SMIRNOV y el segundo es con el delta teórico obtenido del HidroEsta, este delta teórico es uno que el mismo programa nos da por defecto.

Para fines prácticos se optó por el segundo método y de esa forma solo elegir el delta teórico de forma automática que nos brinda el HidroEsta.

Para la distribución normal: su delta teórico es de 0.0746

Para la distribución de log normal: el delta teórico es de 0.0804

Para la distribución Gumbel: su delta teórico es de 0.1168

Siendo el menor de la distribución normal con 0.0746, seleccionando así esta distribución para los siguientes procesos.

4.1.5. INTENSIDADES

SOLO DE 50 AÑOS

Tabla 8

Datos para el cálculo de intensidades

DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIONES PARA 24 HORAS TIPO III E INTENSIDADES DE DISEÑO

Datos:

Per.Retorno	:	50	
P _{máx24h}	:	83.24	Normal

Datos para el cálculo de intensidades

Los datos iniciales, después de ello se procede a tabular y así obtener las intensidades en 24 horas.

Tabla 9

Tabulación para las intensidades

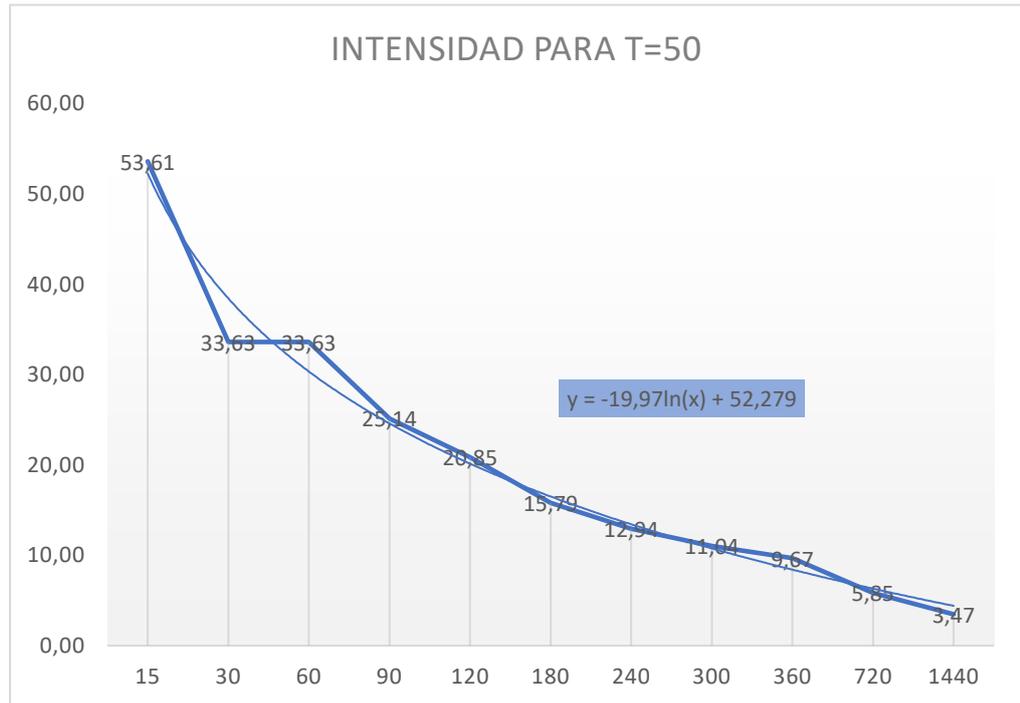
Para 15 minutos (0.25 horas)	Para 30 minutos (0.5 horas)	Para 60 minutos (1 hora)	Para 90 minutos (1.5 horas)	Para 120 minutos (2 horas)	Para 180 minutos (3 horas)	Para 240 minutos (4 horas)	Para 300 minutos (5 horas)	Para 360 minutos (6 horas)	Para 720 minutos (12 horas)	Para 1440 minutos (24 horas)
3.66	2.50	1.42	2.28	0.83	1.28	0.89	1.15	1.00	3.47	3.47
3.66	3.00	2.16	2.89	0.96	2.11	1.08	1.75	1.32	5.49	
13.65	3.16	2.75	3.27	1.21	2.77	1.50	2.96	2.03	5.85	
53.61	3.66	3.41	3.77	3.58	3.75	2.43	6.84	5.94	5.84	
	4.49	5.08	4.61	3.08	4.66	3.35	10.59	9.18	3.47	
	5.66	20.81	6.05	3.58	9.77	8.01	11.04	9.66		
	7.99	20.89	15.76	4.25	14.84	11.90	10.90	9.67		
	33.63	4.99	25.08	5.45	15.59	12.55	10.59	2.03		
	33.63	3.08	25.14	6.70	15.79	12.86				
	8.16	4.08	15.82	12.94	15.57	12.94				
	5.66	6.83	6.05	20.23	3.75	8.03				
	4.33	33.63		20.85		1.48				
		6.91		20.27		0.89				
53.61	33.63	33.63	25.14	20.85	15.79	12.94	11.04	9.67	5.85	3.47

Nota: Tabulación para las intensidades

Con estos datos se procede a realizar una línea de tendencia la cual nos ayudara a poder corregir algunos datos que se pueda tener para las intensidades de diseño. Con la ecuación que la línea de tendencia.

Figura 14

Grafico de la línea de tendencia de la intensidad



Nota: Gráfico de la línea de tendencia de la intensidad

Luego con los coeficientes de la ecuación la cual es -19.97 y de 52.279 se procede a reajustar los datos para los tiempos intermedios obteniendo lo siguiente:

Tabla 10

Tiempo e intensidad de una duración de 1440 min.

TIEMPOS	INTENSIDADES
5.00	74.22
20.00	46.53
40.00	35.36
60.00	30.34

90.00	24.59
120.00	20.14
180.00	16.50
240.00	13.42
300.00	10.75
360.00	8.40
720.00	6.30
1440.00	4.39

Nota: Intensidades para cada tiempo

En el cuadro se aprecia el tiempo de la duración y las intensidades obtenidas por estas mismas, tomando un espacio de 1 440 minutos, en los cuales se pueden apreciar la disminución de las intensidades a medida que esta se aleja en el tiempo.

4.1.6. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN

Para obtener la capacidad de infiltración se optó por realizarlo por dos métodos:

Cálculo De La Infiltración Y Precipitación Neta Usando El Método De La Natural Resources Conservation Service (Nracs-Ex Scs) Para T=50 Años.

Tabla 11

Datos para la capacidad de infiltración

DATOS:				
Período de Retorno (T)	50	años		
Duración de Lluvia (D)	120	mín.	2.000	horas
Intensidad (i)	20.139	mm./hr		
Precipitación acum. (P)	40.277	mm.		
Intervalos de lluvia (Δt)	20	min.	0.333	horas
Número de Intervalos		6		
Precipitación por $c/\Delta t$	6.713	mm.		
Número de Curva (CN)	70			
Abstracción Máxima (S)	108.857	mm.		$S = \frac{25400}{CN} - 254$
Abstracción Inicial (I_a)	21.771	mm.		$I_a = 0.20 S$
ÁREA DE LA CUENCA	738.100	Km2		738100000 m2

Nota: Datos para la capacidad de infiltración

De los datos anteriores se obtiene lo siguiente:

Tabla 12*Tabulando para obtener el volumen de escurrimiento y caudal superficial*

N°	Tiempo		Pérdidas acumuladas					VOLUMEN ESCURRIDO (m3)	CAUDAL SUPERFICIAL (m3/s)
	minutos	horas	P (mm.)	la (mm.)	Fa (mm.)	Pe (mm.)	Pe (cm.)		
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
2	20	0.333	6.713	6.713	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
3	40	0.667	13.426	13.426	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
4	60	1.000	20.139	20.139	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
5	80	1.333	26.851	21.771	4.853	0.226	0.023	167173.31	34.83
6	100	1.667	33.564	21.771	10.640	1.153	0.115	850786.36	141.80
7	120	2.000	40.277	21.771	15.817	2.689	0.269	1984632.35	275.64

Nota: Tabulando para obtener el volumen de escurrimiento y caudal superficial.

Siendo el volumen de escurrimiento de 1984632.35 m3 y el caudal superficial m3/s.

La profundidad de la escorrentía directa o del exceso de precipitación se determina utilizando estos y otros datos:

Tabla 13

Datos para calcular la profundidad de exceso de precipitación

DATOS:				
Período de Retorno (T)	50	años		
Duración de lluvia (D)	120	mín.	2.000	horas
Intensidad (i)	20.139	mm./hr		
Precipitación acum. (P)	40.277	mm.		
Intervalos de lluvia (Δt)	s/dist. Tipo III	horas	indicado	horas
Número de Intervalos	indicado	horas		
Precipitación por $c/\Delta t$	indicado	horas		
Número de Curva (CN)	70			
Abstracción Máxima (S)	108.857	mm.	$S = \frac{25400}{CN} - 254$	
Abstracción Inicial (I_a)	21.771	mm.	$I_a = 0.20 S$	

Nota: Datos para calcular la profundidad de exceso de precipitación

Obteniendo lo siguiente con la tabulación:

Tabla 14

Datos obtenido de la tabulación

Tiempo		Pérdidas acumuladas				
minutos	horas	P (mm.)	I_a (mm.)	F_a (mm.)	P_e (mm.)	P_e (cm.)
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120	2.000	40.277	21.771	15.817	2.689	0.269
240	4.000	80.554	21.771	38.171	20.612	2.061
360	6.000	120.831	21.771	51.864	47.196	4.720
420	7.000	140.970	21.771	56.897	62.302	6.230
480	8.000	161.108	21.771	61.113	78.224	7.822

510	8.500	171.177	21.771	62.974	86.432	8.643
540	9.000	181.247	21.771	64.696	94.779	9.478
570	9.500	191.316	21.771	66.293	103.251	10.325
585	9.750	196.351	21.771	67.049	107.530	10.753
600	10.000	201.385	21.771	67.779	111.835	11.183
630	10.500	211.455	21.771	69.164	120.519	12.052
660	11.000	221.524	21.771	70.459	129.293	12.929
690	11.500	231.593	21.771	71.673	138.149	13.815
705	11.750	236.628	21.771	72.251	142.605	14.261
720	12.000	241.662	21.771	72.812	147.079	14.708
750	12.500	251.732	21.771	73.883	156.077	15.608
780	13.000	261.801	21.771	74.892	165.137	16.514
810	13.500	271.870	21.771	75.845	174.254	17.425
840	14.000	281.939	21.771	76.746	183.422	18.342
960	16.000	322.216	21.771	79.906	220.539	22.054
1200	20.000	402.770	21.771	84.667	296.332	29.633
1440	24.000	483.325	21.771	88.083	373.470	37.347

Nota: Datos obtenidos de la tabulación

4.1.7. CAUDALES

MÉTODO RACIONAL

Tabla 15

Datos del Método Racional

APLICACIÓN TEÓRICA:			
C=	0.1	a	0.7
I=	20.1385248886910	mm/h	
A=	738.10	Km2	
Obtenemos resultados valores entre:			
Q (m3/s)=	412.896	-	2890.270
Q=	825.7914011	m3/s	

Fuente: Método Racional

Se puede apreciar que teniendo una intensidad hídrica de 20.13852488 mm/h en un área de 738.10 km² se obtuvo un caudal de 825.79140011 m³/s.

MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

Tabla 16

Método Racional Modificado para una duración de 120 minutos con un período de retorno de 50 minutos

MÉTODO RACIONAL MODIFICADO PARA T=50 AÑOS, D=120 min							
NÚMERO DE CURVA	70		ÁREA DE LA CUENCA	738.10	km ²	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	6.60 h
UMBRAL DE ESCORRENTÍA	21.428571	mm	FACTOR REDUCTOR	0.8087923			
PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA	83.24	mm	PRECIPITACIÓN MÁXIMA CORREGIDA	67.323873	mm	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	1.4303858
			TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	6.60	h		
C	0.3500319		I	8.7587292	mm/h	K	1.4303858
			CAUDAL	899.8330155		m ³ /s	

MÉTODO HIDROGRAMA UNITARIO

Tabla 17

Método Hidrograma Unitario los datos necesarios

DATOS				
Longitud del curso principal (L)	88.000	km	Dato	
Longitud del curso del CG de salida Lc	5.000	km	Dato	
Cota máxima		msnm		
Cota mínima		msnm		
Área	738.100	km ²	Dato	
Constante1 que depende de S. Unid. (C1)	0.750		Dato	
Parámetro 1 de la cuenca (Ct)	1.500	Usé promedio	Dato	
Constante 2 Que depende de S.Unid (C2)	2.750		Dato	
Parámetro 2 de la cuenca (Cp)	0.625		Dato	
Constante 3 que depende de S. Unid (C3)	5.560		Dato	
Constante Cw para el 50% de la descarga pico (Cw50)	2.140		Dato	
Constante Cw para el 75% de la descarga pico (Cw75)	1.220		Dato	
Intensidad (i)	20.139	mm/hr		
Duración	2.000	horas	120	min
Precipitacion efectiva	373.470	mm	37.34703305	cm
Caudal base	0.000	m3/s	0	m3/s
CHARACTERIZACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA (CN):				
Número de curva (CN) para pastizal regular	70			

Tras ordenar los datos y añadir otros procedentes de procedimientos anteriores, tabulamos los resultados y los utilizamos para calcular el gráfico del HUS SNYDER.

Tabla 18

Tabulación para calcular el gráfico del hidrograma unitario sintético de SNYDER

Tiempo (h)	PeXcm. De lluvia (m2/s/cm)	Qe(m3/s)	Caudal base (m3/s)	Qe final (m3/s)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.377	90.805	3391.296	0.000	3391.296
5.771	136.207	5086.927	0.000	5086.927
7.620	181.610	6782.592	0.000	6782.592
11.318	136.207	5086.927	0.000	5086.927
14.107	90.805	3391.297	0.000	3391.297
22.597	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Hidrograma de Snayder.

Obteniendo el siguiente gráfico:

Figura 15

Grafico del hidrograma unitario



Nota: Grafico del hidrograma unitario

De acuerdo a lo anterior se obtiene que su caudal de escurrimiento final es de 6782.592 m³/s.

MÉTODO TRIANGULAR UNITARIO

Tabla 19

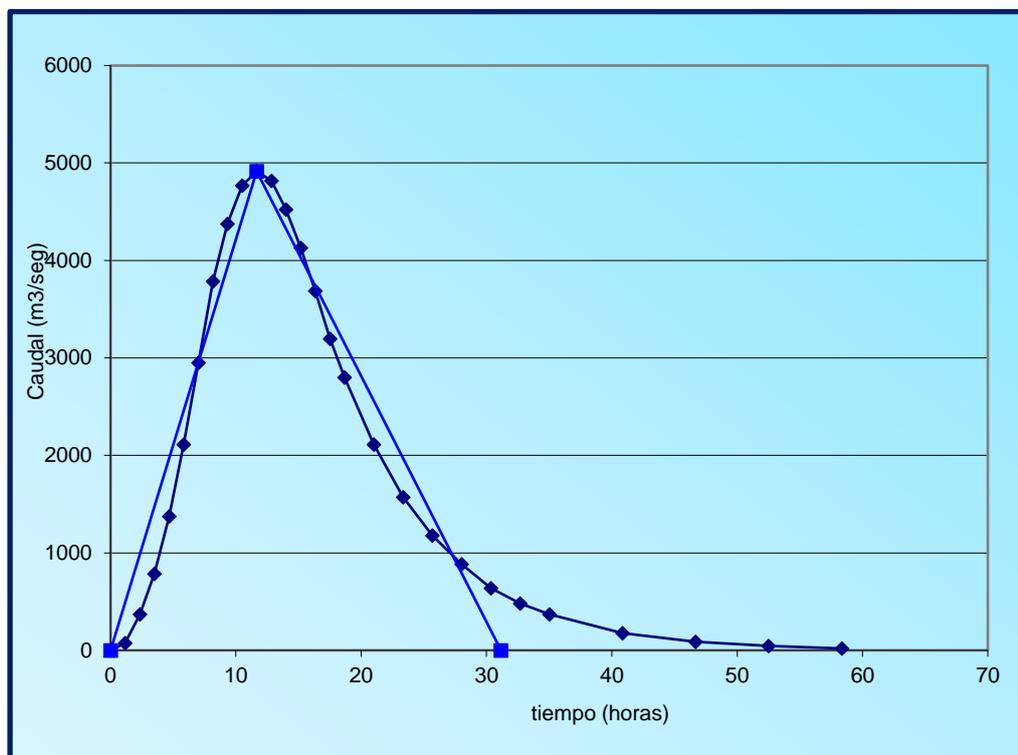
Datos para el método triangular unitario

Long cauce=	88	km.	Pendiente=	0.028	m/m
Cota max=		m	Kirpich		
Cota min=		m	tc=	17.781	horas
Área de la cuenca=	738.10	km ²	tiempo punta=	11.669	horas
Precipitación efectiva =	373.47	mm	tiempo base=	31.156	horas
Duración P neta (D)=	2	horas	Caudal de la punta=	4915.389	m ³ /s

Después de realizar los cálculos se procede con el grafico, el caudal que se obtiene en la punta es de 4915.389 m³/s, el cual sería el caudal máximo en todo el tramo del lugar de estudio.

Figura 16

Gráfico del triángulo unitario



En el gráfico se observa una cantidad de puntos estos fueron tabulados como se muestra en la siguiente parte:

Tabla 20

Tabulación para la realización del triángulo unitario

SUAVIZACIÓN DEL HIDROGRAMA TRIANGULAR POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA ADIMENSIONAL

t / t_p	Q / Q_p	t	Q
0	0	0.00	0.00
0.1	0.015	1.17	73.73
0.2	0.075	2.33	368.65
0.3	0.16	3.50	786.46
0.4	0.28	4.67	1376.31
0.5	0.43	5.83	2113.62
0.6	0.6	7.00	2949.23
0.7	0.77	8.17	3784.85
0.8	0.89	9.34	4374.70
0.9	0.97	10.50	4767.93

1	1	11.67	4915.39
1.1	0.98	12.84	4817.08
1.2	0.92	14.00	4522.16
1.3	0.84	15.17	4128.93
1.4	0.75	16.34	3686.54
1.5	0.65	17.50	3195.00
1.6	0.57	18.67	2801.77
1.8	0.43	21.00	2113.62
2	0.32	23.34	1572.92
2.2	0.24	25.67	1179.69
2.4	0.18	28.01	884.77
2.6	0.13	30.34	639.00
2.8	0.098	32.67	481.71
3	0.075	35.01	368.65
3.5	0.036	40.84	176.95
4	0.018	46.68	88.48
4.5	0.009	52.51	44.24
5	0.004	58.34	19.66

4.2. CONSTATACIÓN DE HIPÓTESIS

H1: Al realizar un estudio de precipitaciones se puede obtener los caudales máximos.

Para poder verificar si la hipótesis es correcta o no, debemos ver en el capítulo 4.7 en la cual menciona que se puede apreciar que teniendo las intensidades en un área definida se obtiene un caudal que es el resultado de los diversos métodos usados y así datar los caudales obtenidos del estudio:

Tabla 21

Todos los caudales

MÉTODOS	CAUDALES
MÉTODO RACIONAL	825.7914011
MÉTODO RACIONAL MODIFICADO	899.8330155
MÉTODO HIDROGRAMA UNITARIO	6782.592
MÉTODO TRIANGULAR UNITARIO	4915.389

Una vez revisado podemos definir si los datos usados son obtenidos de un estudio de precipitaciones, como se muestra en la parte de capítulos primero con fórmulas y después con datos pluviométricos de Senamhi. mostradas en el marco teórico se puede validar que al realizar un estudio completo obtenemos los datos necesarios para calcular el caudal máximo, ahora dependiendo de los datos que se tenga o se logre obtener del estudio podemos elegir el mejor método necesario para realizar el estudio de caudales y de la misma forma obtener el caudal máximo.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Empezando con el lugar de estudio, la cuenca del Huallaga se divide en varias partes siendo, la subcuenca lateral del río Higuera el lugar de estudio de esta investigación siendo los datos geomorfológicos del de 738,1 km³, con un cauce de 88 km de longitud y una pendiente del 2,8% que desciende hasta los 3900 metros sobre el nivel del mar. Según Coaquira en su trabajo de investigación obtuvo un área de 1350km, una longitud de cauce de 100kms y una pendiente de 2.9 % , lo que podemos observar es que como la cuenca de ese estudio tiene un área mayor, la longitud de cauce como la pendiente también se incrementa.

Referente a los datos de la distribución para esta tesis se optó por usar dos estaciones pero para Coaquira (2015) se enfocó en usar todas las estaciones disponibles y realizar un estudio de doble masa de las 5 estaciones que encontró en su lugar de estudio obteniendo una variación es de 1.9 para la mediana y 2,0 desviación estándar, y para este estudio se obtuvo la desviación estándar es de 10.986, el coeficiente de variación de 0.18 y el coeficiente de asimetría de 0.39.

Según Esteban (2017) en su tesis de investigación realizado en la microcuenca de Yarumayo, los datos de caudales que se obtuvo El método Racional Modificado produce 46,23 m³ para un periodo de retorno de 50 años; el método Triangular Unitario produce 100,25 m³; y el método del Hidrograma Unitario produce 46,94 m³. En este estudio de investigación se obtuvo siendo estos el método Racional obteniendo para un periodo de 50 años un caudal máximo de 825.791, el método Racional Modificado para el mismo periodo de retorno nos brinda un caudal máximo de 899.83, método del Hidrograma unitario lo cual tienen un periodo de retorno de 50 años siendo el caudal de 6782.592 y finalmente el método Triangular Unitario que para el mismo periodo de retorno nos brinda un caudal de 49153.389.

Según Esteban (2017) en la microcuenca de Yarumayo se obtuvo una intensidad de 20.67 y un número de curva de 77.66; para este trabajo de investigación se obtuvo una intensidad de 20.14 y un número de curva de 70 siendo de suma importancia para poder calcular y estimar los caudales para los métodos del Hidrograma Unitario y Triangular Unitario. Para el tiempo de concentración se consideró 6.69 siendo este valor el mismo para la investigación de Esteban, porque se consideró como un dato no modificable.

CONCLUSIONES

Para este trabajo se emplearon 4 métodos para poder calcular los caudales máximos, siendo estos.

- Método Racional obteniendo para un periodo de retorno de 50 años un caudal máximo de 825.79 m³/s.
- Método Racional Modificado para el mismo periodo de retorno nos brinda un caudal máximo de 899.83 m³/s.
- Método del Hidrograma unitario lo cual tienen un periodo de retorno de 50 años siendo el caudal de 6782.592 m³/s.
- Método Triangular Unitario que para el mismo periodo de retorno nos brinda un caudal de 49153.389 m³/s siendo este último su caudal mayor.

Para la intensidad la cual se calculó y para un periodo de retorno de 50 años la cual su duración fue de veinticuatro horas o 1440 min, obteniendo el siguiente resultado para cada tiempo con sus respectivas intensidades.

De todas ellas solo se eligió la de 120 m, siendo la intensidad de 20.14.

Se determina que los valores obtenidos de las estaciones de San Rafael y Huánuco para la precipitación máxima en un periodo de 24 horas (tiempo de concentración) diariamente son consistentes, la cuales cuentan con cierta homogeneidad, pero teniendo en cuenta que solo se tomó datos sacados de la página principal del Senamhi, luego del promedio de los valores para obtener unas precipitaciones máximas promedias y así evitar errores estadísticos, se obtuvo luego del análisis estadístico que la desviación estándar es de 10.986 , el coeficiente de variación de 0.18 y el coeficiente de asimetría de 0.39, estos datos son necesarios para poder realizar un estudio de la intensidad, los caudales y los gráficos para ciertos métodos para obtener los caudales.

Para poder determinar la mejor distribución (coeficiente de escurrimiento) para calcular la intensidad se optó por realizarlo solo en software HidroEsta, mediante la cual se eligió el delta teórico menor siendo

ese la distribución adecuada, la distribución Normal tuvo un delta teórico de 0.0706; la distribución Log Normal tuvo un delta teórico de 0.0804 y para la distribución de Gumbel la cual tuvo un delta teórico de 0.1168. De todos los deltas teóricos, el delta teórico menor es de 0.0706 de la distribución Normal siendo ese la distribución seleccionada para calcular la intensidad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que los datos tomados de las estaciones sean actualizados dado que solo se tienen de años pasados en la base de datos del Senamhi, se podría tomar las precipitaciones de otras fuentes que actualice las precipitaciones.

Tener en cuenta que los caudales calculados son ponderados y con los datos necesarios para este estudio si se toma como base actualizar los datos como coeficiente escurrimiento C, numero de curva CN, dado que estos datos son variables con el paso del tiempo.

Para realizar el promedio de precipitaciones se puede optar por un análisis de doble masa, el cual ayuda a reducir los errores que se pueda tener, pero para este trabajo solo se procedió con el promedio básico.

Para los métodos de distribución se puede optar por el uso de un programa como también hacerlo de forma empírica, mediante fórmulas y tablas de Excel, pero tener en cuenta que si se opta por las formulas hay ciertos métodos que no se puede emplear debido a que los datos iniciales no son suficientes, por ello es preferible el uso de un programa si se tiene en cuenta los datos iniciales y que se use correctamente el programa.

Solo se hizo empleo de un tiempo de retorno de 50 años por fines prácticos se recomienda realizarlo de dos periodos a más para poder ver la diferencia entre ellos, a menos que se quiera estimar y ver los metodos siendo esto el fin de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Alegria, A. G. (2010). *Modelación hidrológica de crecidas en la cuenca del río Machángara en la ciudad de Quito*. Quito, Ecuador.
- Aguilera, N. M. (2018). . *Estimación de funciones de probabilidad, para caudales máximos, en la región del Maule*. Talca - Chile.
- Aliaga, V. (1985). *Hidrología Estadística*. Lima.
- ALLPE. (17 de 06 de 2022). *ALLPE.COM*. Obtenido de ALLPE.COM: <https://www.allpe.com/topografia/cartografos/sistemas-de-informacion-geografica/>
- Aparicio, F. (1998). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México.
- Callañaupa, T. O. (2019). *Medición de caudales máximos en los ríos Chancay y Piura y, su influencia en el dimensionamiento de estructuras hidráulicas*. LIMA.
- Chagua, C. J. (2018). *Estudio de inundación de la zona correspondiente al distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, Mediante el uso de los modelos matemáticos HEC-HMS Y HEC-RAS*. Lima.
- Chereque, W. (1987). *Mecánica de Fluidos I*. Lima-Perú.
- Chow, V. (1994). *HIDROLOGIA APLICADA*.
- Chuvieco, E. (1992). *II Curso Avanzado sobre Sistemas de Información Geográfica - Sistema de Información Geográfica*. Santiago de Chile.
- Coaquira, C. R. (2015). *ANALISIS DE PRECIPITACIONES PARA DETERMINAR CAUDALES MAXIMOS EN LA MICRO CUENCA MILLI MILLI - MOHO*. PUNO.
- Contreras, L. (2005). *Vulnerabilidades mediante presipitaciones*.
- DePerú.com*. (s.f.). Obtenido de DePerú.com: <https://www.deperu.com/sitios-naturales/cuencas-y-rios/cuenca-del-rio-huallaga-204>
- economipedia.com*. (18 de 06 de 2022). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/medidas-de-dispersion.html>

- Escenarios Hidricos 2030*. (25 de 05 de 2021). Obtenido de <https://escenarioshidricos.cl/noticia/cuenca-hidrografica-la-unidad-territorial-optima-para-gestionar-recursos-hidricos/>
- Forest Service. (18 de 02 de 2022). Obtenido de https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5338930.pdf
- GAMBA, M. J., & GONZÁLEZ, H. J. (2018). *CURVAS DE RENDIMIENTO DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ASOCIADOS A DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN COLOMBIA, CASO DE ESTUDIO RÍO MAGDALENA*. COLOMBIA.
- GARCIA, C. A., & INFANTE, A. F. (2018). *DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO PARA DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS DEL SECTOR TAMARINDO RIO TUMBES*. TUMBES.
- Garcia, R. L. (2020). *Propuesta y análisis de metodologías para la evaluación de recursos mediante modelos precipitación-escorrentía*. Valencia - España.
- Hernandez, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Hernandez, R., Barrios, H., & Ramires, A. (2017). *Análisis de riesgo por inundación: Metodología y Aplicación a la cuenca Atemajac*. Mexico.
- Hernández, S. R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Horton, R. (2010). *Cuencas- Características Fisiográficas*.
- LIFEDER. (08 de 06 de 2022). Obtenido de <https://www.lifeder.com/lluvia-orografica/>
- Linsley, R. (1974). *Ingeniería de los recursos hidráulicos*. MEXICO.
- Londoño, C. (1995). *La geomorfometría aplicada a las cuencas hidrográficas*. Colombia.
- LUJANO LAURA, E. (2019). *Análisis regional de frecuencia para la estimación de caudales máximos en la cuenca amazónica del Perú*. PUNO-PERÚ.

Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*.

Ramos, U. J., & Julio, A. L. (2017). *Regionalización de Distribuciones Hidrológicas de Caudales Máximos Instantáneos en Colombia*. colombia

Reyes, L. (1992). *Hidrología Básica*. Lima – PE.

Reyes, L. (1992). *Hidrología Básica*. Lima.

Villón, M. (2002). *Hidrología Estadística*. Costa Rica.

Villón, M. (2011). *Hidrología*. LIMA.

WIKIPEDIA. (17 de 06 de 2022). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia_ciclonal

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mautino Hurtado, L. (2024). *Estudio de precipitaciones para el cálculo de los caudales máximos en la cuenca del Huallaga en el distrito de San Rafael – provincia de Ambo – departamento de Huánuco – 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
<p>Problema General:</p> <p>¿Cómo realizar el estudio de las precipitaciones para la determinación de los caudales máximos de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Realizar el estudio de las precipitaciones para la determinación de los caudales máximos de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>H1: Al realizar un estudio de precipitaciones se puede obtener los caudales máximos de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco</p>
<p>Problemas Específicos:</p> <p>¿Cómo estimar las curvas Intensidad, Duración, Frecuencia en la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco?</p> <p>¿En qué medida la estimación del número de curva influye en la determinación de los caudales máximos en la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Estimar las curvas Intensidad, Duración, Frecuencia en la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.</p> <p>Estimar el número de curva influye en la determinación de los caudales máximos en la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.</p>	

<p>¿Cuál es el cálculo del tiempo de concentración de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco?</p>	<p>Calcular del tiempo de concentración de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.</p>	
<p>¿Cómo determinar el coeficiente de escurrimiento para cada periodo de retorno de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco?</p>	<p>Determinar el coeficiente de escurrimiento para cada periodo de retorno de la cuenca del Huallaga en la provincia de Ambo - departamento de Huánuco.</p>	
<p>ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO</p>	<p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p>	<p>VARIABLES</p>
<p>Enfoque: Cuantitativo. Alcance o nivel: Descriptivo. Diseño: No experimental.</p>	<p>Población: La cuenca del rio Huallaga, en el distrito de Ambo, en la región de Huánuco. Muestra: los datos que se obtienen de la población de la cuenca del Huallaga, en Ambo de la región de Huánuco. .</p>	<p>Variable dependiente Caudales máximos. Variable independiente Precipitaciones.</p>

ANEXO 2 PLANO DE UBICACIÓN

Figura 17

Imagen SIG Satelital View



Figura 18

Tabulación para el gráfico de la curva de capacidad de infiltración

Estos valores a simple vista no son reales y característicos de la cuenca, eso es porque el registro histórico posee datos que no guardan relación con la subcuenca, pero lo importante es que ya se conoce el proceso.

CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN									
horas	P(mm)	Escoorrentía superficial (m ³ /s)	Escoorrentía superficial (mm/hora)	Escoorrentía superficial promedio (mm/h)	Intensidad de Precipitación (mm/h)	Capacidad de Infiltración	Tiempo promedio en el intervalo desde el comienzo (horas)		
0.000	0.000	0.00	0	0	20.13852489	20.13852489	0.166666667		
0.3333	6.713	0.0000	0	0	20.13852489	20.13852489	0.5		
0.6667	13.426	0.0000	0	0	20.13852489	20.13852489	0.833333333		
1.000	20.139	0.0000	0	0.084934277	20.13852489	20.05359061	1.166666667		
1.3333	26.851	34.8278	0.169868554	0.430735536	20.13852489	19.70778935	1.5		
1.6667	33.564	141.7977	0.691602517	1.01801105	20.13852489	19.12051378	1.833333333		
2.000	40.277	275.6434	1.344419693						

Figura 19

Curva de capacidad de infiltración

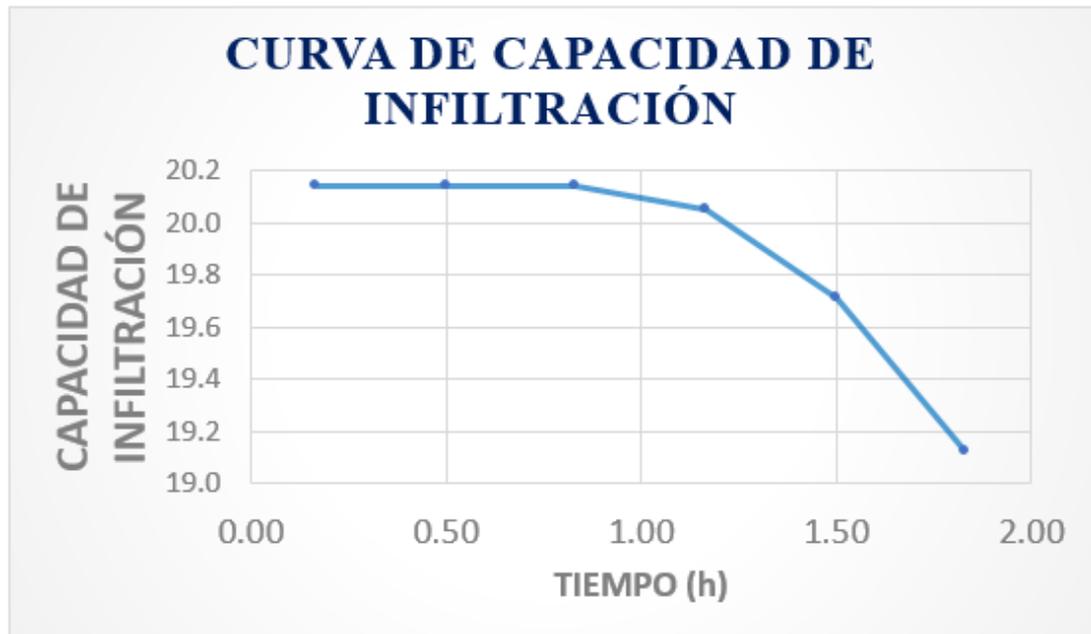


Figura 20

Formulas usadas

FUENTE: HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA - Monsalve Sáenz Cap. 4

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad P_e = P - I_a - F_a \quad I_a = 0.20S \quad S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$P_e S = F_a (P - I_a) \quad P_e S = (P - P_e - I_a)(P - I_a) \quad P_e S = P^2 - PP_e - PI_a - PI_a - P_e I_a + I_a^2 \quad P_e S = (P - I_a)^2 - P_e (P - I_a)$$

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad P_e = \frac{(P - 0.20S)^2}{P + 0.80S} \quad F_a = S \left(\frac{P - I_a}{P - I_a + S} \right) \quad P_e (P - I_a + S) = (P - I_a)^2$$

Figura 21

Hietograma scs tipo III

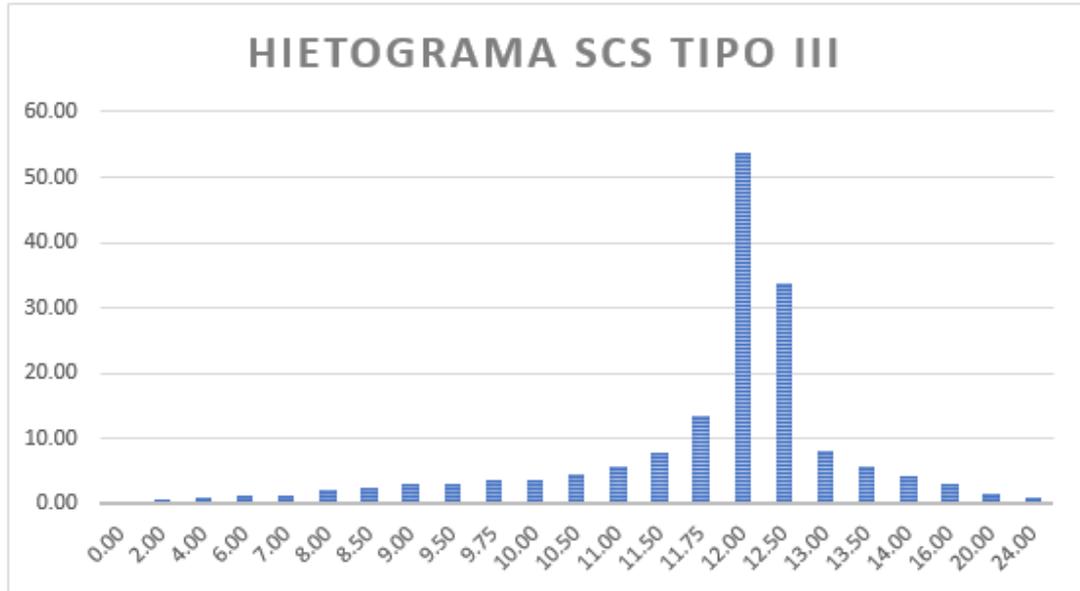


Figura 22

Datos para el cálculo del grafico del hidrograma unitario sintético de SNYDER

Cálculos para graficar el HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO DE SNYDER		
Coordenadas x 50% caudal pico-rama ascendente	4.377	hr
Coordenadas y 50% caudal pico-rama ascendente	90.805	m3/seg.cm
Coordenadas x 75% caudal pico-rama ascendente	5.771	hr
Coordenadas y 75%caudal pico rama ascendente	136.207	m3/seg.cm
Coordenadas x 75% caudal pico-rama descendente	11.318	hr
Coordenadas y 75% caudal pico-rama desdendente	136.207	m3/seg.cm
Coordenadas x 50% caudal pico-rama descendente	14.107	hr
Coordenadas y 50% caudal pico rama desendente	90.805	m3/seg.cm
Coordenadas x del tiempo base	22.597	hr
Coordenadas y del tiempo base	0.000	m3/seg.cm

Figura 23

Procedimiento

PROCEDIMIENTO:

- 1º Calculamos la pendiente del cauce:
$$S = \frac{\text{Cota máxima} - \text{cota mínima}}{L}$$
- 2º Calculamos el tiempo de concentración usando la fórmula de la instrucción de carreteras 5.2-IC (OPCIONAL)
$$tc = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$
- 3º Calculamos el tiempo punta y el tiempo base:
$$tp = 0.5D + 0.6 tc \quad tb = 2.67tp$$
- 4º Calculamos el caudal punta
$$Qp = \frac{PA}{1.8tb}$$
- 5º Con el tiempo punta, tiempo base y caudal base graficamos el hidrograma triangular

ANEXO 3

PANEL FOTOGRAFICO



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del rio Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del rio Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del rio Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del rio Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael



Información: Cauce del río Huallaga – Cuenca San Rafael