

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



**“ANALISIS DE PRECIPITACIONES PARA DETERMINAR CAUDALES
MAXIMOS EN LA MICRO CUENCA MILLI MILLI - MOHO”**

TESIS

**PRESENTADA POR EL BACHILLER:
RUBEN ALEX COAQUIRA CUEVA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

PUNO - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

**“ANALISIS DE PRECIPITACIONES PARA DETERMINAR CAUDALES
MAXIMOS EN LA MICRO CUENCA MILLI MILLI - MOHO”**

**TESIS PRESENTADA POR:
BACH. RUBEN ALEX COAQUIRA CUEVA**

PRESIDENTE DEL JURADO :


M. Sc. OSCAR RAUL MAMANI LUQUE

PRIMER JURADO :


M. Sc. ISIDRO ALBERTO PILARES HUALPA

SEGUNDO JURADO :


M. Sc. JOSE ANTONIO MAMANI GOMEZ

DIRECTOR DE TESIS :


M. Sc. AUDBERTO MILLONES CHAFLOQUE

ASESOR :


M. Sc. GERMAN BELIZARIO QUISPE

TEMA: ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE
ÁREA: PLANES DE MANEJO DE CUENCAS

I

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por guiarme e iluminar mi camino y llenarme de paz y felicidad.

A mi madre, Sebastiana Cueva, gracias por darme la vida y estar siempre a mi lado, tu que lo entregaste todo por nosotros tus hijos, eres y serás el eje fundamental de nuestra familia, gracias mamita linda.

A mi padre, Rene Isidro Coaquira, padre inigualable de, con tu fortaleza y tus conocimientos lograste formar hijos con valores y fuertes para afrontar la vida, eres ejemplo de padre muy difícil de alcanzar.

A mi esposa, Rita Mamani, me enseñaste lo que es el amor, me diste un hermoso hijo fruto de ese gran amor que nos tenemos, en todo momento nunca dejaste de creer en mi, sin ti nada de esto hubiera sido posible.

A mi Hija, Anahi Adenidd Coaquira, contigo aprendí el significado de ser padre hija mía cuidanos siempre desde donde estés.

A mi hijo, Alessandro Fabián Coaquira, a ti en especial dedico este trabajo, tú con ese cariño puro y sincero me das fuerzas para seguir adelante te quiero hijo mío.

A mis hermanos, hermanas y toda mi familia, por el apoyo, cariño y comprensión que me brindaron en todo momento.

GRACIAS.

AGRADECIMIENTO

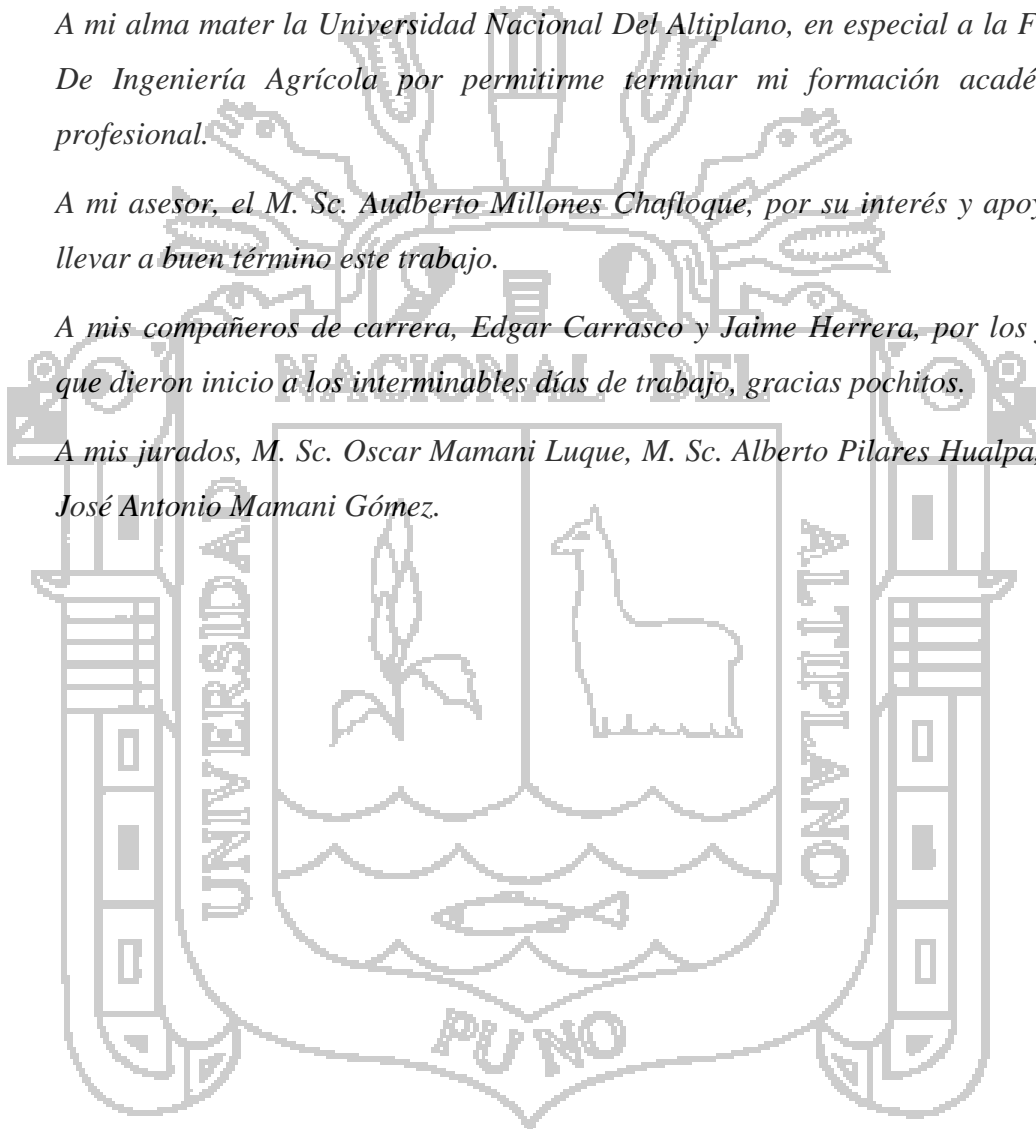
Para continuar, con esta etapa de agradecimiento y creo que no se podría empezar de otra forma:

A mi alma mater la Universidad Nacional Del Altiplano, en especial a la Facultad De Ingeniería Agrícola por permitirme terminar mi formación académica y profesional.

A mi asesor, el M. Sc. Audberto Millones Chafloque, por su interés y apoyo para llevar a buen término este trabajo.

A mis compañeros de carrera, Edgar Carrasco y Jaime Herrera, por los favores que dieron inicio a los interminables días de trabajo, gracias pochitos.

A mis jurados, M. Sc. Oscar Mamani Luque, M. Sc. Alberto Pilares Hualpa, M. Sc. José Antonio Mamani Gómez.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	XII
INTRODUCCION	XIV
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Objetivos	3
a) Objetivo general	3
b) Objetivos específicos	3
CAPITULO II	4
MARCO TEORICO CONCEPTUAL	4
2.1 Sistema de información geografica	4
2.2 Cuenca hidrográfica	5
a) Cuenca	5
b) Subcuenca	6
c) Microcuenca	6
2.2.1 Características físicas de la cuenca hidrológica	6
2.3 Precipitaciones	7
2.3.1 Medidas de la precipitación	9
a) Medición por pluviómetros	9
b) Medición por pluviógrafos	9
2.3.2 Errores en la medición	9
a) Error en la medida puntal	10
b) Error en la evaluación espacial	11
2.3.3 Metodología de análisis pluviométrico	11
a) Análisis de Consistencia	11
b) Análisis Visual de Hidrogramas	13
c) Análisis de doble masa	14
2.3.4 Análisis estadístico	15
a) Análisis de Saltos	15
b) Análisis de Tendencias	16
2.3.5 Completacion de datos meteorologicos	16
2.4 Funciones de distribución	17
2.4.1 Distribución de probabilidad para variables hidrológicas	17
	IV

2.4.2.	Selección de función de distribución de probabilidad	17
a)	Análisis gráfico	18
b)	Método del error cuadrático mínimo	18
c)	Prueba Kolmogorov – Smirnov	18
2.5.	Fundamentos teóricos para el cálculo de caudales máximos.....	19
2.5.1.	Cálculo de caudales máximos utilizando el método racional	20
a)	Determinación del Coeficiente de Escurrimiento C	20
b)	Cálculo de curvas de Intensidad-Frecuencia-Duración.	20
b.1	La intensidad (i).....	20
b.2	Duración.....	20
b.3	Frecuencia.....	21
c)	Determinación de tiempos de concentración t_c	21
2.5.2.	Método racional modificado	21
2.5.3.	Hidrograma unitario.....	21
a)	Fundamentos teóricos para la estimación del Hidrograma Unitario Sintético Triangular.....	22
b)	Hidrograma sintético triangular del SCS.....	22
CAPITULO III	.....	23
MATERIALES Y METODOLOGÍA	.....	23
3.1.	Materiales	23
3.1.2.	Material experimental	23
a)	Material recopilado.....	23
b)	Materiales de campo.....	23
c)	Material de gabinete	23
3.2.	Metodología seguida.....	24
3.2.1.	Obtención de variables de terreno	25
a)	Delimitación	25
b)	Pasos para la Delimitación de una cuenca por método digital	27
c)	Parámetros fisiográficos o geomorfológicos	32
3.2.2.	Obtención de información meteorológica.....	34
3.2.3.	Análisis de consistencia de la información meteorológica	34
a)	Análisis Visual de hidrogramas.....	35
b)	Análisis de doble masa	35
c)	Análisis estadístico	36
c.1	Análisis de saltos.....	36
c.2	Análisis de tendencias	39
3.2.4.	Análisis meteorológico.....	47
3.2.5.	Función de distribución de probabilidad y análisis de frecuencia de datos hidrológicos.....	47
a)	Parámetros estadísticos de una muestra.....	48

b)	Distribución log normal de 2 parámetros.....	49
c)	Distribución log normal de 3 parámetros.....	50
d)	Distribución log Pearson tipo III.....	50
e)	Distribución valor extremo tipo I y/o Gumbel.....	51
3.2.6.	Pruebas de bondad de ajuste.....	52
a)	Análisis gráfico.....	52
b)	Método del error cuadrático mínimo.....	52
c)	Prueba Kolmogorov – Smirnov.....	52
3.2.7.	Determinación de caudales máximos para diferente periodo de retorno.....	55
a)	Método racional modificado.....	55
b)	Hidrograma unitario.....	56
b.1.	Fundamentos teóricos para la estimación del hidrograma unitario sintético triangular.....	57
b.2.	Hidrograma sintético triangular del SCS.....	58
CAPITULO IV	.....	59
CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION	.....	59
4.1.	Ubicación del área de estudio.....	59
a)	Política.....	59
b)	Geográfica.....	59
c)	Hidrográfica.....	60
4.2.	Aspectos generales del área de estudio.....	60
a)	Pluviografía.....	60
b)	Suelo.....	60
c)	Topografía.....	60
d)	Comunicación.....	60
e)	Economía.....	61
f)	Demografía.....	61
g)	Clima.....	61
CAPITULO V	.....	62
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	.....	62
5.1	Informacion fisiografica.....	62
5.2	Informacion meteorologica.....	62
5.3	Analisis de consistencia de la informacion meteorológica.....	66
5.3.1.	Analisis visual de hidrogramas.....	66
5.3.2.	Analisis de doble masa.....	66
5.3.3.	Analisis estadistico.....	70
a)	Análisis de saltos.....	70
b)	Análisis de tendencias.....	70
5.4	Completacion y extension de la informacion meteorologica.....	73
5.5	Distribuciones estadísticas y análisis de frecuencia de datos hidrológicos.....	75
5.6	Selección de la función distribución de probabilidad.....	80
		VI

5.6.1. Análisis gráfico	80
5.6.2. Método del error cuadrático mínimo.....	83
5.6.3. Prueba de bondad y ajuste.....	84
5.7 Cálculo de precipitaciones máximas diarias en base al periodo de retorno	90
5.8 Aplicación de metodologías hidrometeorológicas.....	91
5.8.1. Cálculo variables hidrometeorológicas.....	91
a) Cálculo de Coeficientes de Escurrimiento C.....	91
b) Cálculo de curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia.....	94
c) Determinación de los tiempos de concentración.....	96
d) Cálculo de intensidades máximas a utilizar	97
e) Cálculo del número de curva CN.....	98
5.8.2. Determinación de caudales máximos.....	99
a) Cálculo de caudales máximos por método racional modificado.....	99
b) Cálculo de caudales máximos a través del hidrograma sintético triangular.....	100
c) Cálculo de caudales máximos a través del hidrograma sintético SCS.....	101
5.8.3. Comparación entre los caudales máximos calculados.....	102
CAPITULO VI	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
5.1 Conclusiones.....	103
5.2 Recomendaciones.....	105
BIBLIOGRAFIA	106
Anexo: A Mapas construidos a partir del ArcGIS.....	108
Anexo: B Datos meteorológicos originales	113
Anexo: C Tablas	116
Anexo: D Cálculo de Kolmogorov - Smirnov mediante el Hidroesta 2.....	118

INDICE CUADROS

Cuadro 1: Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas.....	34
Cuadro 2: Tipo y tiempo de funcionamiento de las estaciones	34
Cuadro 3: Información fisiográfica	62
Cuadro 4: Precipitación Huaraya – Moho	63
Cuadro 5: Precipitación Cojata.....	64
Cuadro 6: Precipitación Huancané.....	65
Cuadro 7: Análisis de doble masa	68
Cuadro 8: Análisis de saltos	71
Cuadro 9: Análisis de tendencias	72
Cuadro 10: Precipitación completada y extendida	74
Cuadro 11: Distribución log normal 2 parámetros	76
Cuadro 12 Distribución log normal de 3 parámetros.....	77
Cuadro 13: Distribución log Pearson III parámetros	78
Cuadro 14: Distribución Gumbel	79
Cuadro 15: Resumen de precipitaciones máximas	80
Cuadro 16: Prueba del error cuadrático mínimo.....	83
Cuadro 17: Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, distribución log normal de 2 parámetros.	85
Cuadro 18: Prueba de bondad de Ajuste Kolmogorov –Smirnov, distribución Log Normal de 3 Parámetros.	86
Cuadro 19: Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, distribución log Pearson tipoIII.	87
Cuadro 20: Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, distribución valor extremo tipo I o Gumbel.....	88
Cuadro 21: Parámetros y valores de distribuciones estación Huaraya Moho.....	89
Cuadro 22: Orden de distribución est. Huaraya Moho	89
Cuadro 23: Selección de función de distribución est. Huaraya - Moho.....	90
Cuadro 24: Precipitaciones maximas en base al periodo de retorno.....	90
Cuadro 25: Cálculo del valor de C ponderado para un periodo de retorno de 5 años.....	92
Cuadro 26: Cálculo del valor de C ponderado para un periodo de retorno de 10 años....	92
Cuadro 27: Cálculo del valor de C ponderado para un periodo de retorno de 20 años....	92
Cuadro 28: Cálculo del valor de C ponderado para un periodo de retorno de 25 años....	92
Cuadro 29: Cálculo del valor de C ponderado para un periodo de retorno de 50 años....	93
Cuadro 30: Cálculo del valor de C ponderado para un periodo de retorno de 100 años..	93
Cuadro 31: Valores de C finales ponderados según de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años	93
Cuadro 32: Intensidades para diferentes períodos de retorno.....	94

Cuadro 33: Cálculo de tiempos de concentración con fórmulas empíricas de Kirpich, Bransby w. y Temmez.....	96
Cuadro 34: Valores de intensidades máximas a utilizar.....	97
Cuadro 35: Clasificación de áreas y valores de CN.....	98
Cuadro 36: Características físicas de la cuenca.....	99
Cuadro 37: Cálculo de caudales máximos (m ³ /s) por metodología de la fórmula racional modificado.....	99
Cuadro 38: Cálculo de caudales máximos a través del HS Triangular.....	100
Cuadro 39: Cálculo de Caudales máximos a través del HS SCS.....	101
Cuadro 40: Comparativo de caudales máximos.....	102



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Diagramas de análisis de los sistemas de información geográfica.....	4
Figura 2: Precipitación orográfica.....	7
Figura 3: Precipitación convectiva.....	8
Figura 4: Precipitación ciclónica.....	8
Figura 5: Serie con componente determinística transitoria en forma de salto.....	12
Figura 6: Serie con componente determinística transitoria de tendencia.....	13
Figura 7: Hidrograma unitario triangular del SCS.....	22
Figura 8: Metodología usada.....	24
Figura 9: Cuenca delimitada.....	25
Figura 10: Modelo de curvas de nivel.....	27
Figura 11: Modelo terreno.....	28
Figura 12: Formato raster.....	28
Figura 13: Flow direction.....	29
Figura 14 Esquema de acumulación de flujo.....	29
Figura 15: Red hídrica.....	30
Figura 16: Orden de los ríos.....	30
Figura 17 Red Hídrica delimitada.....	31
Figura 18 Cuenca delimitada.....	31
Figura 19: Método para la estimación de la pendiente de un cauce.....	33
Figura 20 Plano de ubicación.....	59
Figura 21: Hidrograma Huraraya - Moho.....	66
Figura 22: Hidrograma Cojata.....	67
Figura 23: Hidrograma Huancané.....	67
Figura 24: Diagrama doble masa.....	69
Figura 25: Distribución log normal de 2 parámetros.....	81
Figura 26: Distribución log normal de 3 parámetros.....	81
Figura 27: Distribución log Pearson tipo III.....	82
Figura 28: Distribución Gumbel.....	82
Figura 29: Curvas de intensidad duración y frecuencia.....	95
Figura 30 Caudales máximos.....	102

Lista de acrónimos

Ec: Ecuación.

CN: Numero de curva.

Cu coeficiente de uniformidad.

HU: Hidrograma unitario.

HS: Hidrograma sintético.

Hr: Horas.

Ka: Coeficiente de simultaneidad

Log: Logarítmica.

mm: Milímetros

Param.: Parámetros

p: Página.

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

PELT: Proyecto Especial Lago Titicaca

SCS: Soil Conservation Service.

Seg: Segundos.

Tt: Termino de estudio

Tc: Termino Calculado.

U.A.S.: Universidad Agraria de la Selva

RESUMEN

La presente investigación realiza un análisis estadístico de series de precipitaciones máximas, se calculan los tiempos de concentración, además se calculan los caudales máximos por las metodologías hidrometeorológicas del Método Racional Modificado de Temmez, Hidrogramas Triangular e Hidrogramas SCS.

Mediante la aplicación de herramientas SIG, se obtiene el área de la cuenca que es 16.25km^2 , el perímetro es de 18.78km , y la pendiente de la cuenca 7.4% , con estos datos se procede a estimar el tiempo de concentración, obteniendo un resultado ponderado de 1.66 horas, seguidamente se obtiene sub-áreas con las que se determinó el coeficiente de escorrentía, determinando los siguientes resultados; para un periodo de retorno de 5 años es de 0.36 ; para un periodo de retorno de 10 años es de 0.39 ; para un periodo de retorno de 20 años es de 0.42 ; para un periodo de retorno de 25 años es de 0.43 ; para un periodo de retorno de 50 años es de 0.46 ; para un periodo de retorno de 100 años es de 0.50 ; del mismo modo se procede a valorar áreas con los que se determinó la curva número el cual tiene un valor de 77.66 , posteriormente se calcula caudales máximos calculando para el Método Racional Modificado de Temmez para un periodo de retorno de 5 años es 27.27m^3 ; para 10 años es 33.50m^3 ; para 20 años es 39.20m^3 ; para 25 años es 40.96m^3 ; para 50 años es 46.23m^3 ; para 100 años es 100.25m^3 ; mediante la aplicación del Hidrograma sintético triangular, se obtuvo para un periodo de retorno de 5 años es 76.25m^3 ; para un periodo de retorno de 10 años es 84.56m^3 ; para 20 años es 91.77m^3 ; para 25 años es 93.933m^3 ; para 50 años es 100.25m^3 ; para 100 años es 106.15m^3 ; mediante la aplicación del método Hidrograma sintético SCS se obtuvo para un periodo de retorno de 5 años es 28.23m^3 ; para 10 años es 33.50m^3 ; para 20 años es 39.13m^3 ; para 25 años es 41.01m^3 ; para 50 años es 46.94m^3 ; para 100 años es 53.92m^3 del cual se concluye que toda esta metodología puede ser utilizada para la determinación de caudales máximos en la microcuenca Milli milli – Moho ya que los valores determinados son consistentes; estos valores varían con el tiempo por lo que deben ser actualizados para su mejor aplicación.

Palabras clave: caudales máximos, tiempo de concentración, curva número, escorrentía, periodo de retorno, análisis estadístico.

ABSTRACT

This research performs a statistical analysis of series of maximum precipitation, times are calculated concentration also calculated the maximum flow calculated by hydro-meteorological methodologies Temmez Modified Rational Method, Triangular hydrographs and hydrographs SCS.

By applying GIS tools, the basin area is 16.25km^2 is obtained, the perimeter is 18.78km , and the slope of the basin 7.4% , these data can estimate the time of concentration, obtaining a result You weighted 1.66 hours, then sub-areas where the runoff coefficient was determined is obtained by determining the following results; for a return period of 5 years is 0.36 ; for a return period of 10 years is 0.39 ; for a return period of 20 years is 0.42 ; for a return period of 25 years is 0.43 ; for a return period of 50 years is 0.46 ; for a return period of 100 years is 0.50 ; likewise it proceeds to assess areas where the curve number which has a value of 77.66 was determined subsequently peak flows is calculated. Calculating for Temmez Modified Rational Method for a return period of 5 years is 27.27m^3 ; 10 years is 33.50m^3 ; for 20 years is 39.20m^3 ; for 25 years is 40.96m^3 ; for 50 years is 46.23m^3 ; 100 years is 100.25m^3 ; by applying the triangular synthetic hydrograph was obtained for a return period of 5 years is 76.25m^3 ; for a return period of 10 years is 84.56m^3 ; for 20 years is 91.77m^3 ; for 25 years is 93.933m^3 ; for 50 years is 100.25m^3 ; 100 years is 106.15m^3 ; by applying synthetic hydrograph SCS method was obtained for a return period of 5 years is 28.23m^3 ; 10 years is 33.50m^3 ; for 20 years is 39.13m^3 ; for 25 years is 41.01m^3 ; for 50 years is 46.94m^3 ; for 100 years is 53.92m^3 del which concludes that all this methodology can be used for the determination of maximum flow in the watershed Milli milli - Moho as determined values are consistent, these values vary over time so they must be updated to their best application.

Keywords: maximum flow rates, concentration time, curve number, runoff, return period, statistical analysis.

INTRODUCCION

El agua es un recurso fundamental para la vida y un factor esencial para el sector productivo, por lo que la determinación de los caudales en una cuenca, tiene especial importancia debido al predominio de las actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos hídricos. A través de esto es posible obtener información valiosa para la gestión del agua, en términos de los usos: agrícolas, forestales, energéticos, de uso doméstico, construcción de obras hidráulicas, entre otros (Villón, 2002).

La precipitación, como variable de estado hidrológica, se puede caracterizar a través de la intensidad, su distribución en el espacio y en el tiempo, y su frecuencia o probabilidad de ocurrencia, y para poder caracterizarla es necesario un gran número de observaciones, extraídas de series pluviográficas, con el objeto de deducir el patrón de comportamiento en una zona determinada y permitir un análisis o uso posterior. A la vez se pueden proporcionar índices para realizar estudios de crecidas, para un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras hidráulicas. Para esto es necesario conocer las intensidades de precipitación, para distintos períodos de retorno (Reyes, 2002).

Si bien, los cálculos de caudales máximos son imprescindibles para el diseño y planificación de obras Hidráulicas, por lo antes mencionado; para su cálculo se debe contar con registros meteorológicos consistentes que faciliten su determinación y consistencia, es por ello que con la ayuda de parámetros estadísticos se valida los datos meteorológicos obtenidos para la determinación de caudales máximos.

En la presente investigación, las metodologías para la determinación de tiempos de concentración de Kirpich, Temmez y Bransby Williams, además de las metodologías para la determinación de caudales máximos por Método Racional; Hidrogramas Unitarios Sintéticos: de Triangular y SCS.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 GENERALIDADES

En el Perú a diferencia de otros países, como es el caso de Estados Unidos, Costa Rica, Chile, y otros, cuenta con pocos estudios en los centros urbanos y rurales sobre el cálculo de intensidades máximas de lluvia, esto genera una preocupación e incertidumbre y un problema al momento de diseñar alguna infraestructura hidráulica.

Los estudios hidrológicos en esta zona son escasos, es por ello que en la microcuenca Milli milli - Moho, esto genera una preocupación e incertidumbre y un problema al momento de realizar estudios en donde la distribución de estaciones hidrométricas y meteorológicas es necesaria, es por ello que los métodos indirectos de estimación de parámetros climáticos e hidrológicos, cobran relevancia al permitir conocer y analizar las precipitaciones para determinar los caudales máximos.

Las metodologías para el cálculo de caudales máximos utilizadas en el Perú pueden subestimar o sobreestimar los valores de caudales máximos, ya que se basan en ecuaciones o coeficientes empíricos desarrollados para puntos geográficos con características diferentes a las del país; al definir cuáles son las metodologías que sean aplicables para las características físicas e hidrológicas de las diferentes regiones se obtendrá una investigación que solvante estas necesidades de la mejor manera posible.

En la actualidad en el Perú, departamento de Puno y sus respectivas provincias se cuenta con poca información pluviográfica, el estudiar las precipitaciones y conocer su distribución temporal es motivo de interés para diversos fines, que permitan mejorar la información disponible, para un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras hidráulicas. Para esto, es necesario analizar las intensidades máximas de precipitación e identificar los caudales máximos en diversos periodos de retorno.

1.2 ANTECEDENTES

Tesis “Aplicación de modelos hidrológicos en el Análisis de máximas avenidas del río Grande Ilave – Puno”, de Cutipa J. (1999) donde llego a los resultados de que los modelos probabilísticos Gumbel y Log Pearson Tipo III se ajustaron mediante la prueba de ajuste de Smirnov Kolmogrov para la serie analizada (precipitación máxima en 24 horas estación Laraqueri), así mismo obtuvo los hidrogramas y caudales de diseño para el río Grande 562.40 m³/seg. y 782.34 m³/seg. Para periodos de retorno de 50 y 100 años respectivamente.

El proyecto Especial binacional Lago Titicaca - PELT, realizó estudios hidrológicos del sistema hídrico Ramis (2000), Huancané – Suches (2001); determinándose las disponibilidades hídricas desde el punto de vista hidrológico

Tesis “Análisis de precipitaciones máximas diarias para la deducción de fórmulas de intensidad de lluvia, y curvas IDF para las estaciones de Huancané, Moho y Putina” Ugarte (2010) realizó estudios en el cual precisa la importancia del recurso hídrico en, precipitación, para el análisis de descargas medias y el dimensionamiento de obras civiles, determinando curvas de intensidad duración y frecuencia para distintos periodos de retorno.

Tesis “Balance Hídrico De La Microcuenca San José con Aplicación Del Sistema De Información Geográfica” Aparicio (2006). Esta investigación propuso la elaboración de un estudio que evalúe la Importancia del Recurso Hídrico bajo la Perspectiva de Déficit y Exceso, en una zona donde no se cuenta con datos directos sobre la dinámica hidrológica.

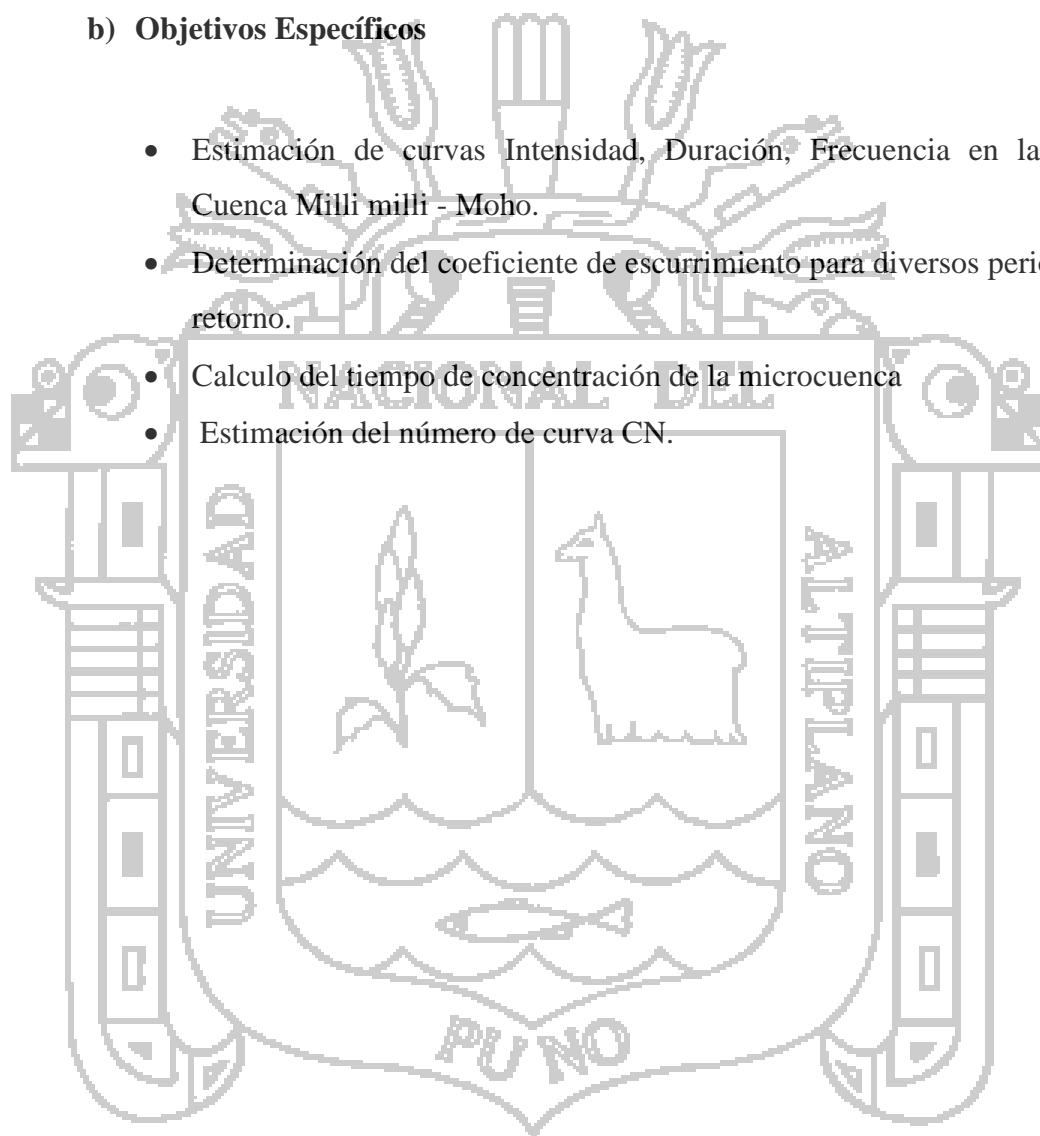
1.3 OBJETIVOS

a) Objetivo General

- Realizar el Análisis de las precipitaciones para determinar lo caudales máximos en microcuenca Milli milli – Moho.

b) Objetivos Específicos

- Estimación de curvas Intensidad, Duración, Frecuencia en la Micro Cuenca Milli milli - Moho.
- Determinación del coeficiente de escurrimiento para diversos periodos de retorno.
- Calculo del tiempo de concentración de la microcuenca
- Estimación del número de curva CN.



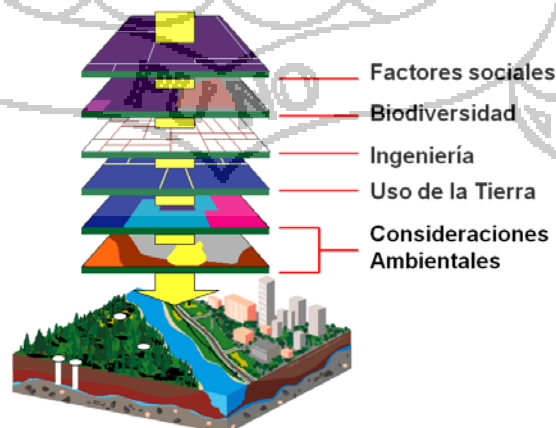
CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA

En los últimos momentos, la denominada revolución informática, con las nuevas herramientas nos permite aprovechar la vasta cantidad de información, entre estas se tiene los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección que surgen como alternativa casi imprescindibles, a los métodos tradicionales de recopilación y procesamiento de información espacial. La técnica del SIG permite abordar la tarea de integración entre una y diversas variables de componentes espaciales y darles múltiples aplicaciones. La Teledetección brinda una rápida evaluación de los fenómenos medio ambientales de gran radio de cobertura, desde problemas de contaminación marina hasta detección de yacimientos o inventarios de incendios forestales (Chuvieco, 1986)

Menciona que con el ingreso de las computadoras y el desarrollo de los programas, el SIG, es definido como un sistema de hardware, software y procedimientos analíticos que integra modernas técnicas de mapeo computarizado con potentes operadores analíticos de base de datos geográficos o espaciales, capaces de efectuar consultas y transformaciones sobre el espacio constituyéndose en una herramienta versátil, eficiente y oportuna para el planeamiento regional urbano-rural y la toma de decisiones, cuyas principales funciones se resumen: entrada, manejo, análisis y salida de datos como en la Figura. N° 1. (Berry, 1992).



*Figura 1 : Diagramas de analisis de los Sistemas de Informacion Geografica
Fuente: ArcGIS Básico U.A.S.*

2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA

La cuenca fluvial es el área tributaria hasta un punto determinado sobre una corriente, y está separada de las cuencas adyacentes por una divisoria o parte aguas que pueda trazarse sobre mapas o planos topográficos (Linsley, 1988)

La cuenca hidrográfica o de drenaje de un cauce está delimitado por el contorno en cuyo interior el agua es recogida y concentrada en la entrega al dren mayor. Este concepto también puede referirse a un punto cualquiera del dren antes de la entrega, y es muy usado en los estudios hidrológicos. (Reyes, 1992)

Una cuenca es el área de terreno que drena hacia una corriente en un lugar dado, o dicho de otra forma, es el área de captación de agua de un río. (Chow, 1994)

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) la gota de lluvia que cae sobre ella tiende a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia el mismo punto de salida. (Aparicio, 1998)

La cuenca hidrográfica o de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida. (Villón, 2002)

a) Cuenca

Es el área tributaria hasta un punto determinado sobre una corriente, y está separada de las cuencas adyacentes por una divisoria o parte aguas que pueda trazarse sobre mapas o planos topográficos. (Linsley, 1988)

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido. (Villón, 2002)

Es el área de terreno que drena hacia una corriente en un lugar dado, o dicho de otra forma, es el área de captación de agua de un Río. (Chow, 1994)

b) Subcuenca

Es el área determinada en función del grado de ramificación de los cursos de agua, correspondiendo a la subcuenca los cursos de agua de 4° y 5° orden. En tanto al área referencial para las diferentes unidades hidrográficas, a la subcuenca se le da un área que oscila entre los 5000 a 50000 has (Vásquez, 1997).

c) Microcuenca

Área determinada en función del grado de ramificación de los cursos de agua, correspondiendo a la microcuenca los cursos de agua de 1°, 2° y 3° orden. En tanto al área referencial para las diferentes unidades hidrográficas, a la subcuenca se le da un área que oscila entre los < 5000 has. (Vásquez, 1997)

2.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA HIDROLÓGICA

Los parámetros fisiográficos dependen de la morfología de la cuenca, tales como la forma, relieve, sistema de drenaje, etc. La cuenca como unidad dinámica y natural refleja las acciones recíprocas entre los tipos de suelos, los factores geológicos, el agua, la vegetación, las prácticas agrícolas, etc. Tales elementos físicos proporcionan la mejor posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

Los parámetros fisiográficos se obtienen de la cartografía de la cuenca a una escala adecuada, o de las cartas nacionales, el interés de determinar estos parámetros está asociado a la capacidad de respuesta de la cuenca a la precipitación como esorrentía.

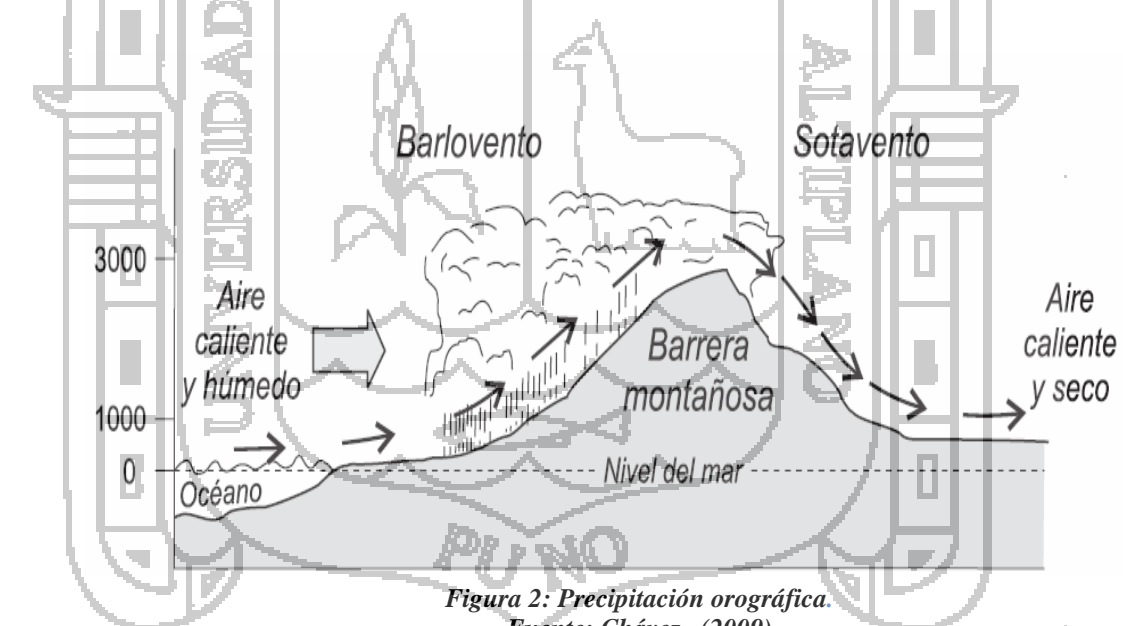
Entre los parámetros fisiográficos principales de una cuenca hidrológica tenemos los siguientes: área de la cuenca, perímetro de la cuenca, longitud del río principal, forma de la cuenca (ancho promedio de la cuenca, coeficiente de compacidad, factor de forma, y rectángulo equivalente), sistema de drenaje (grado de ramificación, densidad de drenaje, frecuencia de ríos) y pendiente de la cuenca (pendiente media del río principal) y altura media del río principal. (Villón, 2002)

2.3. PRECIPITACIONES

Según Chávez, (2009): Las precipitaciones son condensaciones masivas que se resuelve en lluvia, constituyendo un fenómeno hidrológico de importancia. Éste ocurre cuando el aire húmedo, no saturado, cercano a la superficie de la tierra es elevado rápidamente a las grandes alturas, sea por convección o por otro mecanismo que produzca el mismo resultado, sufriendo en consecuencia una expansión, por reducción de la presión, generando condensación, que se resuelve en precipitación; se pueden encontrar varios tipos de precipitaciones:

a) Orográfica:

Generada por accidentes orográficos, montañas y cordilleras, las cuales funcionan como pantallas fijas que obstaculizan el paso de las nubes de una zona a otra y generan las condiciones para que en esta zona se produzca la precipitación, la cual se caracteriza por ser moderada y persistente este tipo de precipitaciones es la que se da generalmente en la sierra peruana



*Figura 2: Precipitación orográfica.
Fuente: Chávez, (2009)*

b) Convectiva:

Se produce cuando el aire se calienta al entrar en contacto con el suelo o agua de una determinada zona, generando que este aire caliente y húmedo por su menor densidad se eleve; al hacerlo se desarrollará un proceso adiabático por el cual se condensa este vapor y se genera la lluvia; este tipo de lluvia se da generalmente en la costa norte del Perú y en los mares.



*Figura 3: Precipitación convectiva.
Fuente: Chávez, (2009)*

c) Ciclónica:

Donde se presenta una gran masa de agua que gira a grandes velocidades y que se forma por fuertes temperaturas en estratos atmosféricos. Se caracteriza por tener un vórtice por donde se eleva el aire caliente para posteriormente condensarse y generar precipitaciones; estos fenómenos reproducen generalmente en las zonas tropicales de Centro América y del Caribe o hacia el sur de China. En el Perú no se presenta este tipo de precipitación.



*Figura 4: Precipitación ciclónica.
Fuente: Chávez, (2009)*

2.3.1. MEDIDAS DE LA PRECIPITACIÓN

Todas las formas de precipitación son medidas sobre la base de la altura vertical de agua que podría acumularse sobre un nivel superficial, si la precipitación permaneciera donde cayó. En América Latina la precipitación es medida en milímetros y décimas, mientras que en los Estados Unidos la precipitación es medida en pulgadas y centésimas; tomando estas consideraciones La precipitación se puede medir de dos maneras:

a) Medición por pluviómetros:

Aparato muy simple que consiste, esencialmente, en un depósito en el cual se almacena el agua de lluvia. Este depósito presenta un embudo superior por donde ingresan las gotas de lluvia, dentro de éste depósito se tiene una regla graduada que permite medir el agua que ha ingresado por un determinado tiempo de observación. Para facilitar la lectura correcta es importante el dimensionamiento y disposición final de éste aparato.

b) Medición por pluviógrafos:

Son aparatos que registran la precipitación de forma continua y automática, en intervalos de tiempo pequeños. Tienen la gran ventaja que indican la intensidad de la precipitación, la cual es un factor de importancia en muchos problemas.

2.3.2. ERRORES EN LA MEDICIÓN

Las precipitaciones se miden por medio de pluviógrafos y pluviómetros como se ha mencionado en párrafos anteriores, pero los datos registrados no siempre tienen un alto grado de exactitud, ya que su estimación podría verse afectada por dos tipos de errores:

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

a) Error en la medida puntal

Casi sin excepción se puede decir que la precipitación medida con pluviómetros es menor que la que realmente cae, debida principalmente a que el pluviómetro crea una perturbación aerodinámica que modifica el campo de precipitaciones en sus inmediaciones, creando turbulencias que afectan la cantidad de lluvia que debería captar.

Otra causa de error de las medidas de precipitaciones es la acción del viento que produce una turbulencia que desvía la trayectoria de las gotas de lluvia, siendo mayor el efecto cuanto más grande es la velocidad del viento y menor la velocidad de caída de la gota de agua. Pero también se presentan otros factores de errores como:

- Errores por factores meteorológicos e instrumentales combinados, que pueden ser:
 - ✓ Evaporación (o condensación) en el pluviómetro durante el periodo comprendido entre el fin de la lluvia y su medida.
 - ✓ Efecto aerodinámico en las trayectorias de las partículas, causado por el instrumento.
 - ✓ Salpicaduras desde o hacia el instrumento.
- Errores netamente instrumentales, que pueden ser:
 - ✓ Corrección por mal estado en la construcción del instrumento.
 - ✓ Inapropiada instalación del instrumento, tales como laderas de montaña, efecto de intercepción, terreno circundante inapropiado.
- Errores de operación, que pueden ser:
 - ✓ Error en la lectura, cometidos por el observador.
 - ✓ Error por incidentes imprevistos.

b) Error en la evaluación espacial

Para evaluar la precipitación caída en una zona de la superficie terrestre, es indispensable basarse en las medidas puntuales registradas en los distintos instrumentos de constituyen la red pluviométrica.

La exactitud de dicha evaluación depende esencialmente de la densidad de la red y de la calidad de los instrumentos, instalaciones y observadores. La densidad de la red y la calidad de los instrumentos dependen de la zona en estudio y del fin que se persigue.

La densidad de la red para una buena evaluación es función de:

- *Origen de las precipitaciones de la zona.* Si las que se producen son de origen frontal que abarcan grande extensiones de la superficie, la red puede ser menos densa respecto a las de origen convectivo, que generalmente son más locales que las anteriores.
- *Del relieve de la zona.* En una zona plana se necesita una red menos densa que en una zona montañosa, debido al efecto orográfico.

2.3.3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO

Es esencial que en un análisis pluviométrico intervenga el máximo número de años con información estadística de lluvias. Por ello, a continuación se muestra la metodología que se recomienda seguir para evaluar, rellenar y corregir información pluviométrica y así poder tener el máximo número de años de información. Esta metodología está conformada por varios análisis, los cuales se mencionan a continuación.

a) Análisis de Consistencia

El análisis de consistencia es una técnica que permite detectar, corregir y eliminar errores sistemáticos y aleatorios que se presentan en series hidrometeorológicas, la serie analizada debe ser homogénea, consistente y confiable (Aliaga, 1985).

La no homogeneidad e inconsistencia en series hidrológicas, son causadas por errores aleatorios y sistemáticos.

- Los errores aleatorios se presentan a causa de la inexactitud en las mediciones, mala lectura, mal funcionamiento del instrumento, errores de copia, etc.
- Los errores sistemáticos son los de mayor importancia como consecuencia de los mismos, los datos pueden ser incrementados o reducidos sistemáticamente y pueden ser naturales, artificiales u ocasionados por la mano del hombre.

La no homogeneidad e inconsistencia en la serie histórica puede producir errores significativos en todos los análisis futuros y se obtendría resultados altamente sesgados. La no homogeneidad e inconsistencia en la serie histórica se presentan en forma de saltos y/o tendencias (Figura. N° 5 y 6).

Antes de realizar el modelamiento matemático de cualquier serie hidrológica es necesario efectuar el análisis de consistencia, con el fin de obtener una serie homogénea, consistente y confiable.

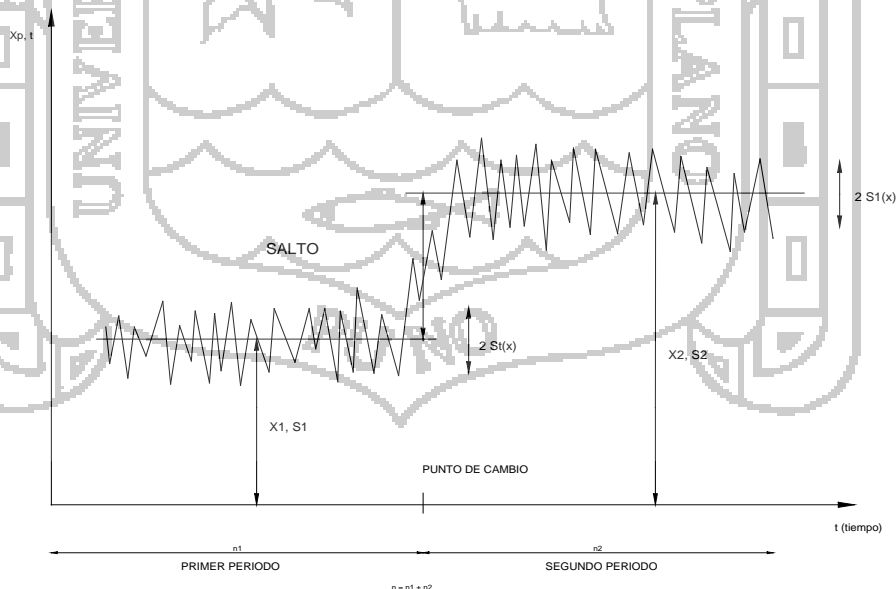


Figura 5: Serie con componente determinística transitoria en forma de salto.

Fuente: Aliaga, (1985)

De la Figura N° 5 podemos definir que los Saltos “Jump” llamados también resbalamientos, son componentes determinísticas transitorias que se manifiestan en forma de cambios bruscos haciendo posible que en la serie se presenten periodos de distinto comportamiento. El análisis de los saltos generalmente se realiza en la media, desviación estándar.

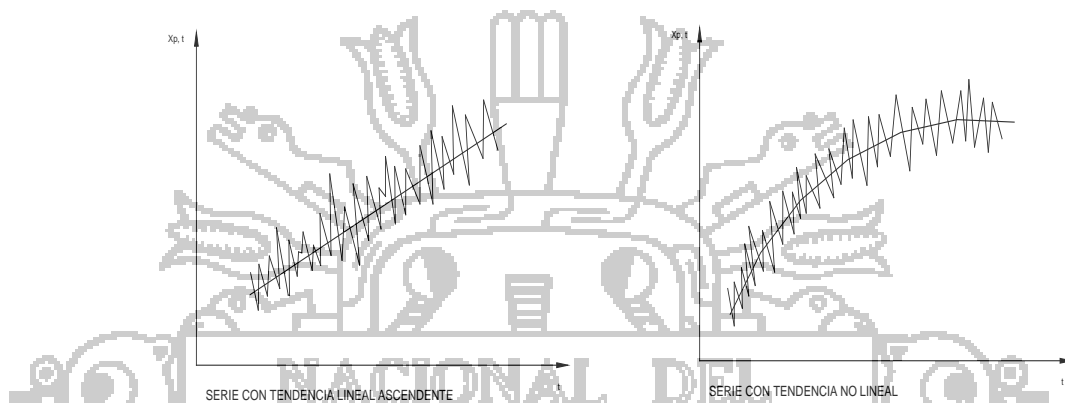


Figura 6: Serie con componente determinística transitoria de tendencia
Fuente: Aliaga, (1985)

De la Figura N° 6 se deduce que las tendencias son componentes determinísticas y se define como un cambio sistemático y continuo sobre una serie de información hidrometeorológica. Para el análisis de consistencia, generalmente se realiza en la media y desviación estándar. Las tendencias pueden ser lineales y no lineales, ascendentes y descendentes en una serie hidrometeorológica.

b) Análisis Visual de Hidrogramas

Consiste en analizar visualmente la información histórica mediante un hidrograma ploteada en coordenadas cartesianas, en el eje de las abscisas se plotea el tiempo y en el eje de las ordenadas las variables hidrometeorológicas. La apreciación visual de estos gráficos permite observar la distribución de las precipitaciones con respecto al tiempo e indica el periodo o periodos dudosos o confiables, lo cual se puede reflejar como saltos o tendencias.

Los periodos dudosos y confiables se pueden analizar en diversas formas:

- ✓ Cuando se tiene estaciones vecinas se comparan sus hidrogramas y se ve cual periodo varía notoriamente uno respecto al otro.
- ✓ Cuando se tiene una sola estación, esta se divide en varios periodos y se compara con la información obtenida en el campo, tratando de no confundir un salto con una sequía prolongada de varios años o con la ocurrencia de varios periodos húmedos.
- ✓ Cuando se tiene datos de escorrentía y precipitación, se comparan los hidrogramas, los cuales deben tener el comportamiento similar.
- ✓ En la mayoría de los casos, se debe mantener en lo posible el periodo más largo como más confiable.

c) Análisis de doble masa

Llamado también análisis de dobles acumulaciones, detecta la inconsistencia en la información hidrometeorológica mediante los puntos de quiebres que se presentan en los diagramas. El análisis se realiza con dos o más series de datos y procedimiento para el análisis es como sigue:

- ✓ Calcular la información anual acumulada de cada estación y el promedio anual acumulado de la información de todas las estaciones.
- ✓ Plotear los valores obtenidos en el paso anterior en sistema de coordenadas cartesianas, en el eje de las abscisas el promedio de la información anual acumulada y en el eje de las ordenadas la información anual acumulada de cada estación.
- ✓ Del paso anterior seleccionar la estación que presenta menos puntos de quiebres como la más confiable y denominado como estación base.
- ✓ La información anual acumulada de la estación base se plotea en el eje de las abscisas y en el eje de las ordenadas cada una de las demás estaciones. En estos gráficos se define los quiebres que pueden ser significativos o no para su posterior análisis estadístico.
- ✓ Solo para efectos del análisis de doble masa, la información incompleta se llena con el promedio mensual, si el análisis es mensual.

2.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez obtenido de los hidrogramas originales y de doble masa los periodos de posible corrección y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores originales y las cuales se modificarán, se procederá a analizar estadísticamente los periodos tanto en la media como en la desviación estándar.

a) Análisis de Saltos

Los saltos son formas determinísticas transitorias que permiten a una serie hidrológica periódica o no periódica pasar desde un estado a otro, como respuesta a cambios hechos por el hombre debido al continuo desarrollo de los recursos hídricos en la cuenca o a cambios naturales continuos que pueden ocurrir.

Los saltos se presentan principalmente en los parámetros media y desviación estándar.

- **Identificación.**

Tiene por objeto detectar la presencia del mismo y evaluar las causas que pueden haber ocasionado sea esta por la intervención del hombre o por fenómenos naturales.

- **Evaluación del Salto**

Se realiza mediante un análisis estadístico, o sea mediante un proceso de inferencia para las medias y desviación estándar, de ambos periodos mediante las pruebas T y F respectivamente.

- **Corrección de la Información**

Es aconsejable corregir los datos del primer periodo, o sea, dejando inalterados los datos más recientes, porque en cualquier momento se puede hacer una inspección y conocer el estado de operación y conservación del mismo.

En los casos en que los parámetros media y desviación estándar resultan ser estadísticamente iguales, la información original no se corrige por ser consistente con 95% de probabilidades, aun cuando en el doble masa se observen pequeños quiebres.

b) Análisis de Tendencias

Antes de realizar el análisis de tendencias, se realiza el análisis de saltos y con la serie libre de saltos, se procede a analizar las tendencias en la media y en la desviación estándar.

- **Tendencia en la Media**

Los parámetros de regresión de estas ecuaciones, pueden ser estimados por el método de mínimos cuadrados, o por el método de regresión lineal múltiple. (Villón, 2002)

- **Tendencia en la Media**

Salas; la tendencia es la desviación estándar, generalmente se presenta en los datos semanales o mensuales, no así en datos anuales; por lo que, cuando se trabajan con datos anuales, no hay necesidad de realizar el análisis de la tendencia en la desviación estándar. (Reyes, 1992)

2.3.5. COMPLETACION DE DATOS METEOROLOGICOS

Según Villón, (2011): La extensión de la información, es el proceso de la transferencia de información desde una estación con largo registro histórico a otra con corto registro; la completación de datos, es el proceso por el cual, se llenan “huecos” que existen en un registro de datos. La completación es un caso particular de la extensión.

La extensión de datos, es más importante que la completación, por cuanto modifican sustancialmente a los estimadores de los parámetros poblacionales, por ejemplo, la media de una muestra corta, será diferente a la media de la muestra extendida.

La completación y la extensión de la información hidrometeorológica faltante se efectúa para tener en lo posible series completas, más confiable y de un periodo uniforme.

Muchas estaciones de precipitación y descargas tienen periodos faltantes en sus registros, debido a la ausencia del observador o a fallas instrumentales.

A menudo es necesario estimar alguno de estos valores faltantes para lo cual existen muchas formas de suplir estas deficiencias y el grado de aceptación de uno de estos métodos va a depender de la cantidad de observaciones faltantes en el registro de datos.

2.4. FUNCIONES DE DISTRIBUCION

2.4.1. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA VARIABLES HIDROLÓGICAS

El hidrólogo generalmente tendrá disponible un registro de datos hidrometeorológicos (Precipitación, caudales, evapotranspiración, temperaturas, etc.), a través de su conocimiento del problema físico, se escogerá un modelo probabilístico a usar, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable. (Villón, 2002)

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

- 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

2.4.2. SELECCIÓN DE FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Se muestra que la diferencia de una función y otra función puede ser apreciable, en muchos casos las diferencias son mucho mayores que las que resultan aquí; una selección apresurada de cualquiera de las funciones podría traducirse en una estructura sobre diseñada y costosa o sub diseñada y peligrosa. Por ello se debe de seleccionar con mucho cuidado. (Aparicio, 1998)

a) Análisis gráfico

Este método consiste en comparar gráficamente el histograma o función densidad empírica de la serie de datos con la función densidad teórica y decidir visualmente, si hay o no ajuste de acuerdo a la similitud o diferencia de ambos. (Villón, 2011)

b) Método del error cuadrático mínimo

Este método es el más aplicable para la estimación de los parámetros de una ecuación de regresión lineal donde la suma de los cuadrados, de los errores de los valores puede minimizarse derivando parcialmente en función de cada variable. (Villón, 2011)

c) Prueba Kolmogorov – Smirnov

La prueba de ajuste Smirnov-Kolmogorov consiste en comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado u el valor de la recta teórica del modelo. (Villón, 2011)

2.5. FUNDAMENTOS TEORICOS PARA EL CALCULO DE CAUDALES MAXIMOS

La hidrometeorología es el estudio de la meteorología aplicada a los parámetros hídricos. La teoría hidrometeorológica en general, comprende la observación, procesamiento y análisis del comportamiento de los elementos hídricos, fundamentalmente las descargas de los ríos y los volúmenes almacenados en reservorios y lagunas; y de los elementos meteorológicos, fundamentalmente la precipitación pluvial. (Monsalve, 1992)

Se debe calcular o estimar el caudal máximo de diseño, que para estos casos, son caudales máximos. (Villón, 2002)

La magnitud del caudal de diseño, es en función directa del periodo de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de esta

Las teorías hidrometeorológicas para el cálculo de caudales máximos son las siguientes: Método Racional, el cual comprende determinación de coeficiente de escurrimiento C , Curvas de Intensidad-Frecuencia-Duración y cálculos de tiempos de concentración; Hidrogramas Unitarios, los cuales se dividen en Sintéticos (Snyder, Triangular y SCS) y Complejos.

Existen metodologías tanto Hidrometeorológicas como Estadísticas para la determinación de caudales máximos. Las metodologías Hidrometeorológicas tomadas en cuenta en esta investigación son: Método Racional, Hidrogramas sintético Triangular y SCS; las cuales posteriormente se validarán, para la obtención de caudales máximos en la micro cuenca de Moho, mejorando así su comprensión; además de servir como guía para posteriores estudios relacionados con la temática abordada.

2.5.1. CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS UTILIZANDO EL MÉTODO RACIONAL

Este método, que la literatura inglesa atribuye a Lloyd-George en 1906, si bien los principios del mismo fueron establecidos por Mulvaney en 1850, permite determinar el caudal máximo que escurrirá por una determinada sección, bajo el supuesto que éste acontecerá para una lluvia de intensidad máxima constante y uniforme en la cuenca correspondiente a una duración D igual al tiempo de concentración de la sección.

A continuación se detallan los fundamentos teóricos para determinar cada una de las variables mencionadas anteriormente.

a) Determinación del Coeficiente de Escurrimiento C

El coeficiente de escurrimiento C representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa y toma valores entre cero y uno, y varía apreciablemente entre una cuenca y otra, y de una tormenta a otra, debido a las condiciones de humedad iniciales. Sin embargo, es común tomar valores de C representativos de acuerdo con ciertas características de las cuencas como la vegetación, pendientes del terreno y uso de suelos. (Monsalve, 1992)

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

b.1 La intensidad (i)

Es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta es la intensidad máxima que se haya presentado, ello es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. (Villón, 2002)

b.2 Duración.

Corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de una tormenta. Aquí conviene definir el periodo de duración, que es un determinado periodo de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta. Tiene mucha importancia en la determinación de las intensidades máximas. (Villón, 2002)

b.3 Frecuencia.

Es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración definidas en un periodo de tiempo ms o menos largo, tomado generalmente en años. (Villón, 2002)

c) Determinación de Tiempos de Concentración.

El tiempo de concentración no es más que el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la longitud desde el punto más distante de la corriente de agua de una cuenca hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: las pendientes, longitudes, elevaciones medias y el área de la cuenca. (Villón, 2002)

2.5.2. MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

Es el método racional según la formulación propuesta por Témmez (1987, 1991) adaptada para las condiciones climáticas de España. Y permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km² y con tiempos de concentración (T_c) de entre 0.25 y 24 horas.

2.5.3. HIDROGRAMA UNITARIO

El hidrograma es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica; siendo el hidrograma unitario de una cuenca, el hidrograma de escorrentía directa que se produciría en la salida de la cuenca si sobre ella se produjera una precipitación neta unidad de una duración determinada (por ejemplo, 1mm. durante 1 hora).

➤ *Estimación de Hidrogramas Unitarios.*

Para la estimación de caudales máximos utilizando hidrogramas unitarios, siempre es necesario contar con al menos un hidrograma medido a la salida de la cuenca y con los registros de precipitación que originaron el hidrograma.

La mayor parte de las cuencas, en todo el mundo, no cuentan con una estación hidrométrica o bien con los registros pluviográficos necesarios. Por ello, es conveniente contar con métodos con los que puedan obtenerse hidrogramas unitarios usando únicamente datos de características generales de la cuenca. Los hidrogramas unitarios así obtenidos se denominan sintéticos. Los hidrogramas unitarios sintéticos a analizar son los siguientes: Triangular y SCS.

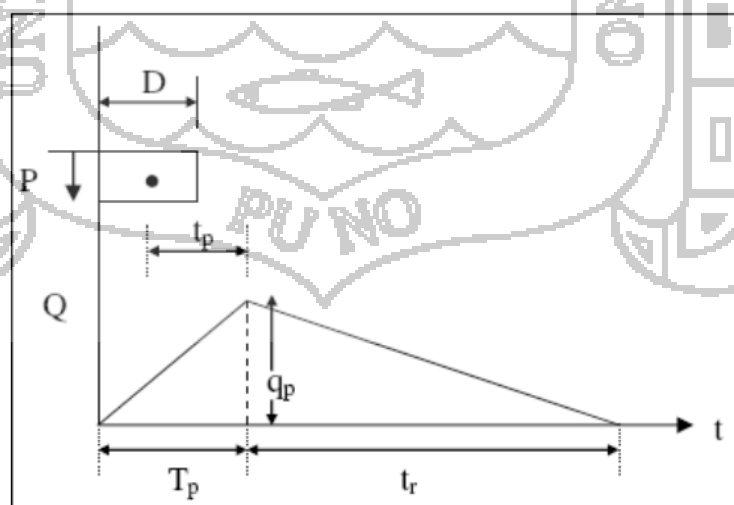
a) Fundamentos teóricos para la estimación del Hidrograma Unitario Sintético Triangular.

Desarrollado por Mockus en 1957. Se busca un gasto pico Q_p , en función del área de la cuenca en km^2 y el tiempo base en horas, del análisis de varios hidrogramas, Mockus concluye que el tiempo base y el tiempo pico y de esta forma calcular el hidrograma unitario triangular.

b) Hidrograma sintético triangular del SCS

Con base en la revisión de un gran número de HU, el SCS sugiere este hidrograma donde el tiempo está dado en horas y el caudal en $\text{m}^3/\text{s}.\text{cm}$.

El volumen generado por la separación de la lluvia en neta y abstracciones es propagado a través del río mediante el uso del hidrograma unitario.



*Figura 7: Hidrograma Unitario Triangular del SCS.
Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow)*

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOLOGIA

3.1. MATERIALES:

3.1.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Se obtuvo información del SENAMHI, de tres estaciones meteorológicas, de las cuales se obtuvo las precipitaciones máximas en un periodo de 24 horas datos que fueron analizadas para el análisis de tormentas y su posterior determinación de caudales máximos en la micro cuenca Millimilii – Moho.

a) Material recopilado

- ✓ Cartas nacionales a escala del instituto nacional de geográfico
- ✓ Plano de curvas de nivel a escala.
- ✓ Cartas tipo shp del minedu.
- ✓ Datos de precipitaciones máximas de las estaciones de huaraya – moho, Huancané y cojata, proporcionados por el SENAMHI.
- ✓ Ubicación de coordenadas vía GPS.

b) Materiales de campo

- ✓ GPS altímetro
- ✓ Estación total
- ✓ prismas
- ✓ Winchas

c) Material de gabinete

- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Software (AutoCAD land, ArcGIS, Word, Excel, PowerPoint, Hidroesta2, Google Earth)
- ✓ Materiales de escritorio

3.2. METODOLOGÍA SEGUIDA

Para con seguir las máximas avenidas, se tuvo que hacer la medición de diferentes parámetros interrelacionados que simplifican el complejo proceso del presente trabajo, a saber: el aporte de agua representado por la precipitación y el escurrimiento, las que están en función de la pendiente de la cuenca y su longitud.

De acuerdo con este modelo, se calculó los caudales máximos para un periodo de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50 y 100 años, prebendo que para periodos más cortos, debido a que estos periodos son de diseño de obras hidráulicas. El diagrama de flujo que muestra las diferentes fases metodológicas de este estudio, se presenta en la Figura. N° 8

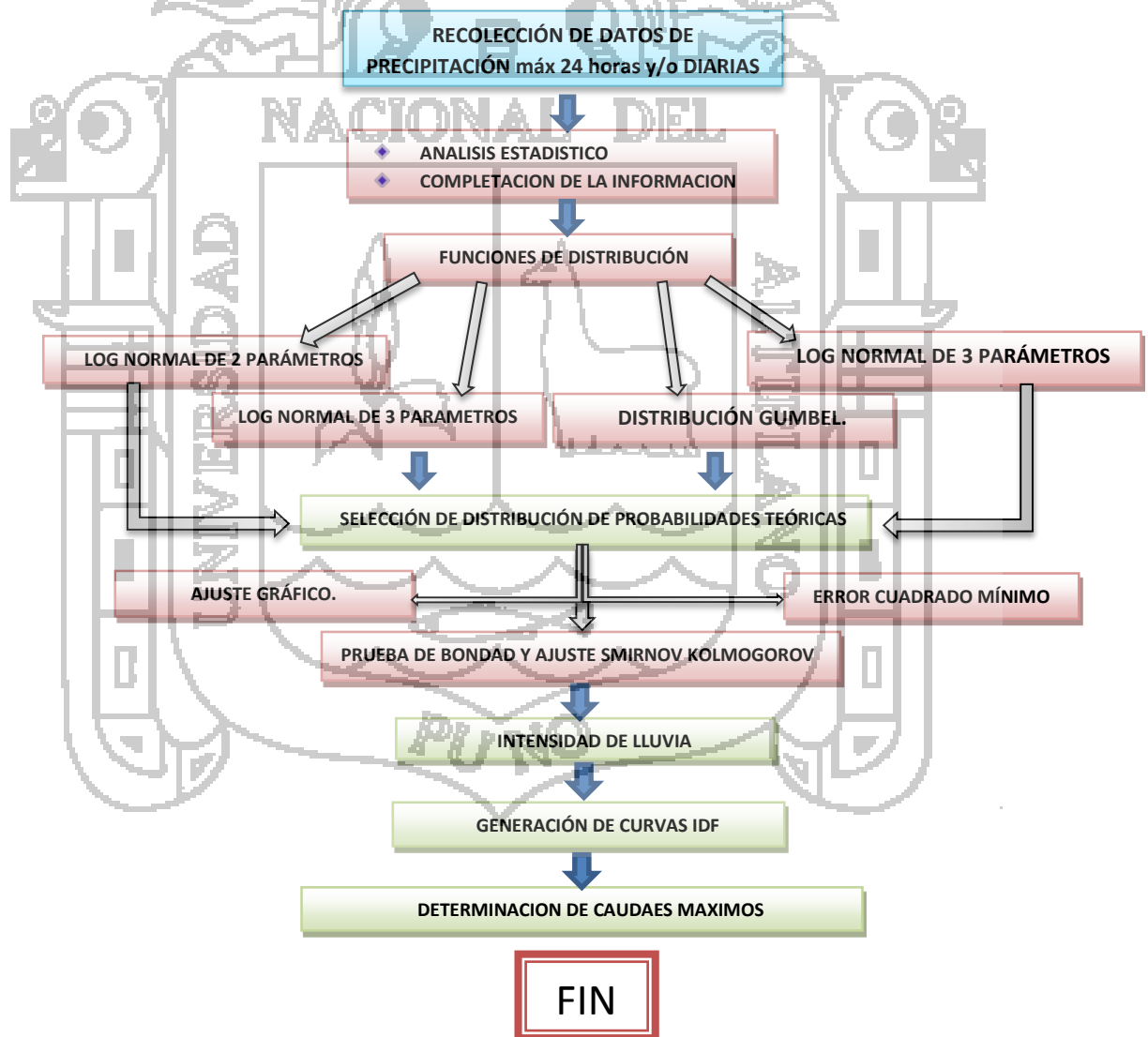


Figura 8: Metodología Usada

3.2.1. OBTENCION DE VARIABLES DE TERRENO

a) Delimitación

Una cuenca hidrográfica se delimita por la línea de divorcio de las aguas, siendo ésta última la cota o altura máxima que divide las aguas de dos cuencas contiguas. Ésta delimitación se puede determinar mediante dos métodos:

- *Método tradicional:* Se trabaja sobre las cartas topográficas, con instrumentación manual.
- *Método digital:* Apoyados del software ArcGIS, que permite delimitar la cuenca tomando como base la topografía digital de la zona de estudio.

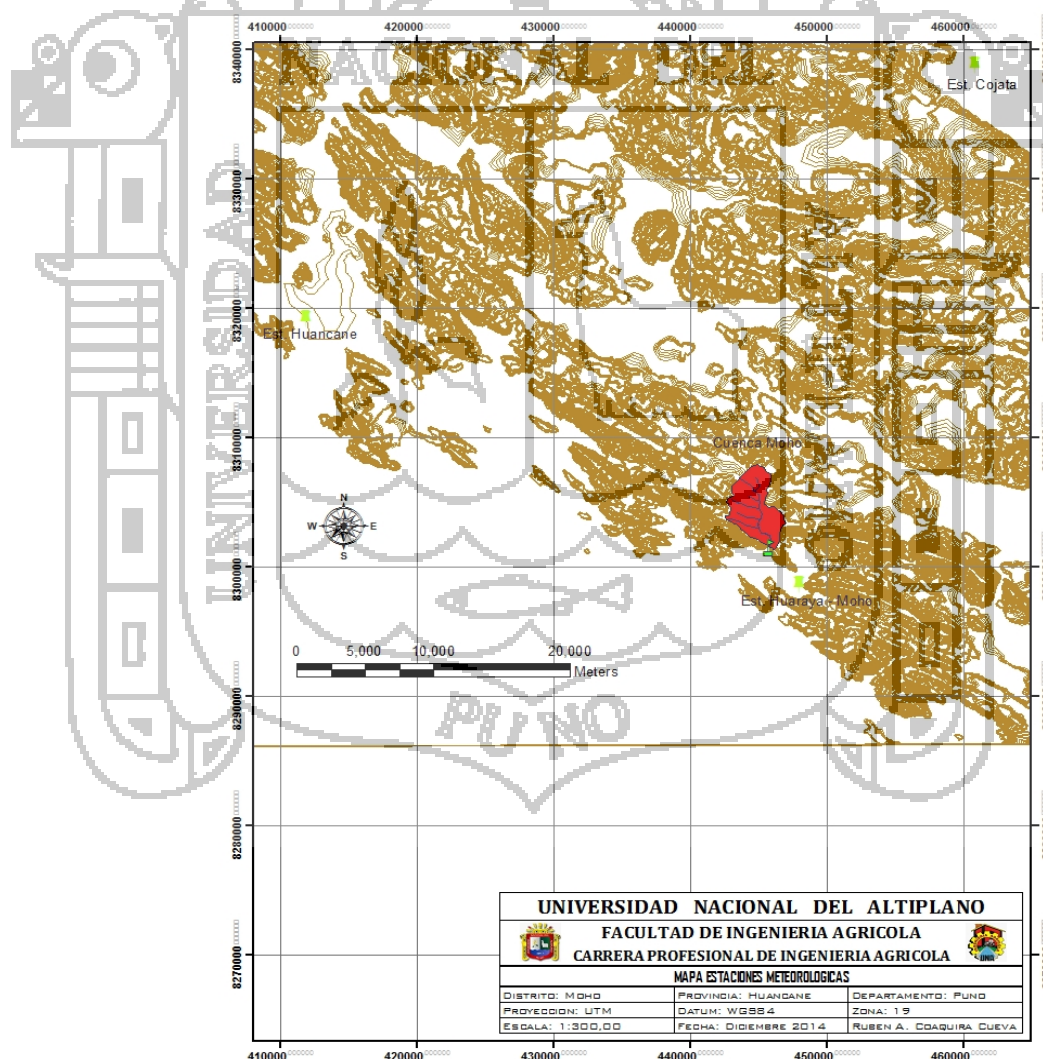


Figura 9: Cuenca Deumitaa

La metodología empleada para la delimitación de una cuenca se muestra a continuación y se aplica tanto para el método tradicional como para el digital.

- ✓ Identificar la red de drenaje o corrientes superficiales, así como efectos orográficos significativos como cerros, cordilleras, etc.
- ✓ Invariablemente, la divisoria corta perpendicularmente a las curvas de nivel y pasa por los puntos de mayor nivel topográfico.
- ✓ Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
- ✓ Cuando la altitud de la divisoria va decreciendo, corta a las curvas de nivel por la parte cóncava.

Hay que tener en cuenta algunas consideraciones:

- ✓ La escala a la cual se trabaje definirá la exactitud del resultado de la delimitación de una cuenca.
- ✓ Toda línea divisoria de una unidad hidrográfica, se desplaza siempre entre dos curvas con igual valor de cota.
- ✓ La divisoria debe pasar por los puntos de mayor nivel topográfico; en otras palabras, la línea divisoria debe unir los puntos con mayores valores de altitud.
- ✓ Como comprobación, la divisoria nunca corta una quebrada o río, sea que ésta haya sido graficado o no en el mapa, excepto en el punto de interés de la cuenca (salida).

En el presente estudio de tesis se ha trabajado con el método digital y la aplicación de esta metodología se muestra en los anexos 1 al 10 con los diversos mapas generados para su obtención.

b) Pasos para la Delimitación de una cuenca por método digital

Tradicionalmente la delimitación de cuencas se ha realizado mediante la interpretación de los mapas cartográficos. Este proceso, ha ido evolucionando con la tecnología y hoy en día los sistemas de información geográfica –SIG– proporcionan entre su amplia gama de aplicaciones, una herramienta llamada Hidrology, con la cual se puede realizar la delimitación de una cuenca de forma rápida y sencilla.

- ✓ ***Presentación de curvas de nivel***, para la aplicación de esta herramienta se requiere una carta nacional o levantamiento topográfico de la zona, el cual se presenta como un formato SHP que contiene las elevaciones de cada curva de la zona de estudio, esta estructura genera sólo un archivo que contiene las coordenadas y muestra la altura de cada línea.

Se debe tener en cuenta que para realizar la delimitación se trabaja con el área de la cuenca a delimitar realizando un clip a la carta para que no se tenga errores posteriores o una delimitación incorrecta en la cuenca.



Figura 10: Modelo de curvas de Nivel.

- ✓ **Creación de un TIN o MDT**, Los modelos TIN, son elementos que interpolan entre sí mediante un modelo de Red de Triángulos Irregulares (TIN), los cuales están conformados como su nombre lo dice por una “red de triángulos irregulares” unidos entre sí mediante puntos con valores x, y, z, y pueden representar con precisión una determinada superficie (Figura 11). Este modelo puede ser creado por medio de la herramienta 3D Analyst, del programa ArcGIS y se requiere ingresar información topográfica, puntos geodésicos y la red hídrica de la zona de estudio.



Figura 11: Modelo terreno

- ✓ **Modelación en formato raster**, en el cual se modifica el TIN o MDT, imponiéndole características lineales como es el caso de la red hídrica. Sin embargo, este paso no puede realizarse si antes no se crease el TIN.



Figura 12: Formato Raster

- ✓ **Llenado de depresiones (“Fill sinks”)**: Esta opción permite determinar depresiones, es decir, zonas en el TIN que presentan elevaciones por debajo de sus vecinos y rellenarlas. De esta manera se evita la formación de cuencas ciegas dentro del área de estudio.

- ✓ **Determinación de la dirección del flujo (“Flow direction”)**: Es la dirección hacia la cual el flujo se dirige naturalmente teniendo en cuenta las elevaciones y consiste en determinar la dirección de máxima pendiente hacia aguas abajo de cada celda

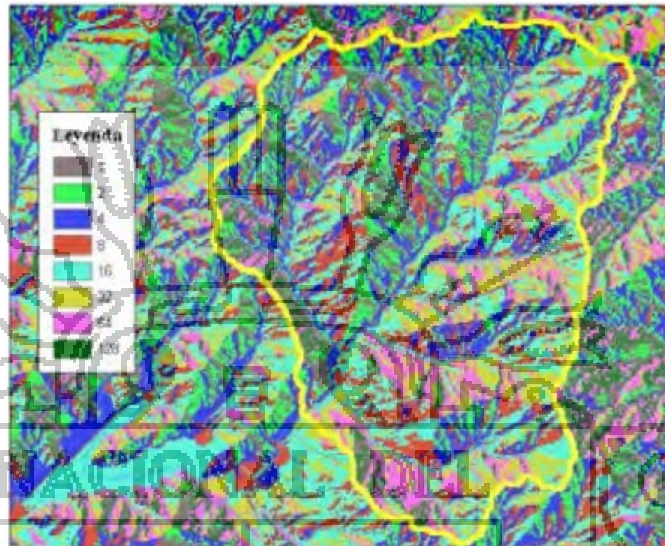


Figura 13: Flow Direction

- ✓ **Determinación del flujo acumulado (“Flow accumulation”)**: Viene a ser la cantidad de flujo que llega a cada celda; por ello, a medida que una celda recibe flujo de otras celdas, presenta un mayor valor que va marcando la dirección de los ríos desde sus nacientes (Figura 14). Este análisis se apoya de los resultados de la dirección del flujo.

Se debe tener en cuenta al momento de obtener el flujo acumulado, que uno da el grado de ramificación que desea generar, a mayor grado de ramificación, el análisis es mucho más lento y la exactitud de los resultados dependerán de la base de datos con la que se esté trabajando.

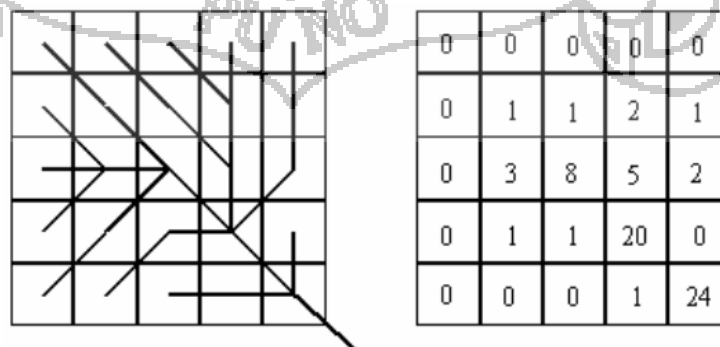


Figura 14 Esquema de acumulación de flujo 7

- ✓ **Determinación de la red hídrica (“Stream definition”).** En esta opción se considera a la red de drenaje con valores de celda de “1” en la grilla del raster. Este resultado se apoya de los resultados del flujo acumulado.



Figura 15: Red hídrica

- ✓ **Determinación de la red hídrica por tamos (“Stream segmentation”).** Esta función crea una malla con segmentos o tramos de la red hídrica, generando para cada tramo una única identificación.



Figura 16: Orden de los Ríos

- ✓ *Delimitación de cuencas mediante watershed*, esta función genera las cuencas en formato raster, delinea una subcuenca por cada uno de los segmentos de cauce definidos en el paso anterior. (Figura 17).

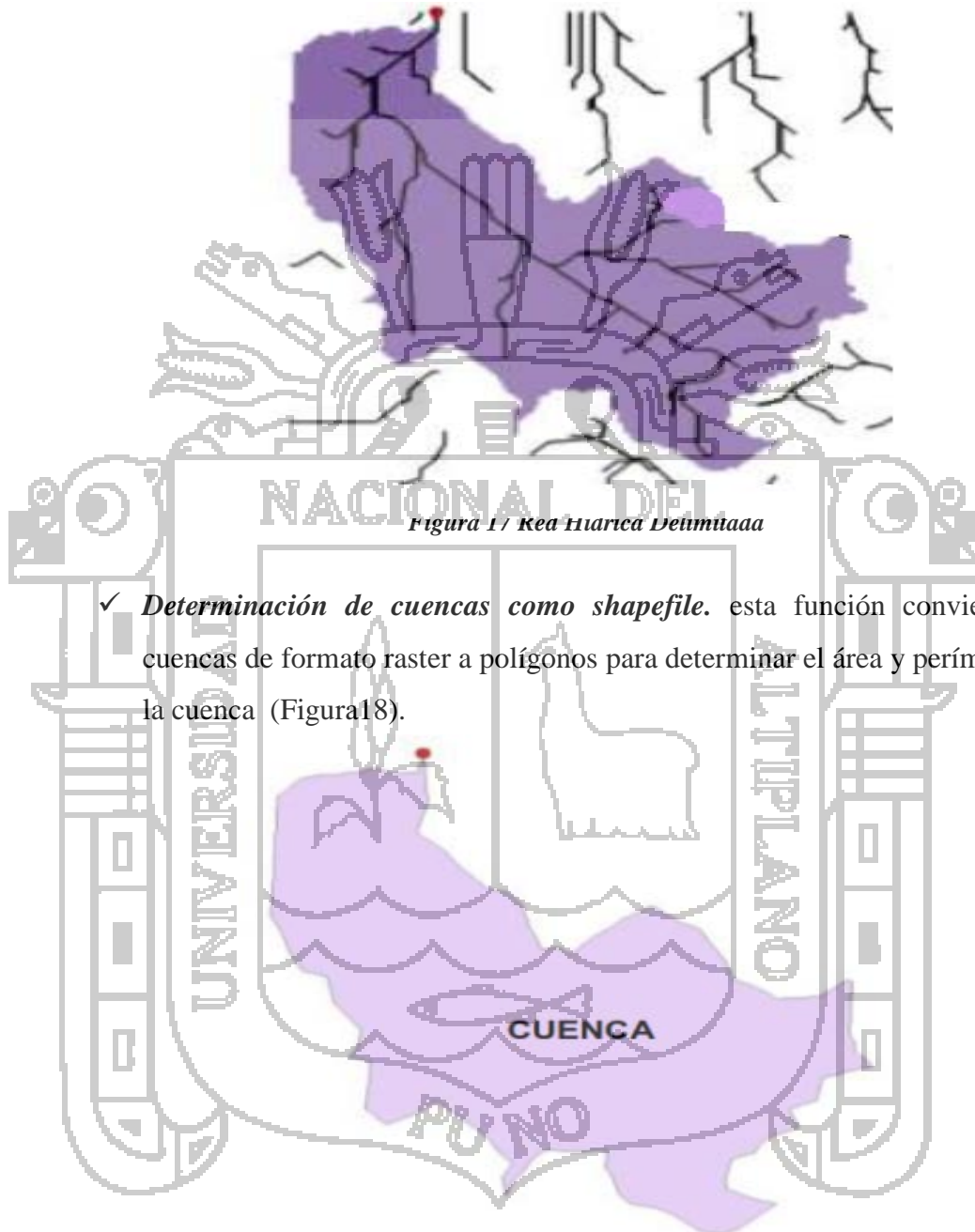


Figura 17 Cuenca hidrográfica delimitada

- ✓ *Determinación de cuencas como shapefile*. esta función convierte las cuencas de formato raster a polígonos para determinar el área y perímetro de la cuenca (Figura18).

Figura 18 Cuenca delimitada

c) Parámetros fisiográficos o geomorfológicos

El estudio sistemático de los parámetros fisiográficos o geomorfológicos de las cuencas es de gran utilidad práctica en la ingeniería hidrológica, pues con base en ellos se puede lograr una transferencia de información de un sitio donde existe poca información; bien sea por error en los datos, por carencia total de información de registros hidrológicos, a otro; siempre que exista una semejanza geomorfológica y climática entre las zonas en cuestión.

Existen diversos parámetros fisiográficos que permiten describir a una cuenca, sin embargo, los más importantes son:

- ✓ **La superficie de la cuenca (A)**, es uno de los parámetros fisiográficos más importante en un análisis hidrológico. Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido a un mismo punto de salida.
- ✓ **Perímetro (P)**, es la longitud del contorno del área de la cuenca, definida también como línea de división del agua. Este parámetro es importante, pues en conexión con el área puede dar una idea respecto a la forma de la cuenca.
- ✓ **Longitud mayor del río (L)**, es la longitud del curso de agua más largo desde la cabecera de la cuenca hasta la salida o desembocadura de ésta; este parámetro viene a ser la longitud del río principal.
- ✓ **Ancho promedio (A)**, es la relación entre el área (A) y la longitud mayor del curso de agua (L) de una cuenca
- ✓ **Pendiente media del cauce (S_c)**, el agua superficial concentrada en los lechos fluviales, escurre con una velocidad que depende directamente de la pendiente o declive del lecho del río; así a mayor pendiente mayor será la velocidad de escurrimiento. Siendo esto fundamental en la planificación de obras como: puentes, captación, controles de agua, ubicación de posibles centrales hidroeléctricas, etc.

La pendiente de un cauce forma parte de los parámetros relativos al relieve y generalmente es obtenida dividiendo la diferencia en elevación entre el punto más alto y el punto más bajo del perfil del río principal por la

longitud horizontal del curso de agua entre los dos puntos, como se ve en la Figura 19.

$$Sc = (H_{\max} - H_{\min}) / L \quad \dots (1)$$

Dónde:

Sc : Pendiente media del cauce, m/Km.

H mín : Altura máxima, m.s.n.m.

Hmax : Altura mínima, m.s.n.m.

L : Longitud mayor del río, km.

Debido a que los ríos que conforman una cuenca presentan varios canales, cada uno con un perfil diferente, sacar la pendiente promedio es muy difícil. Por ello, usualmente se considera la pendiente del cauce principal.

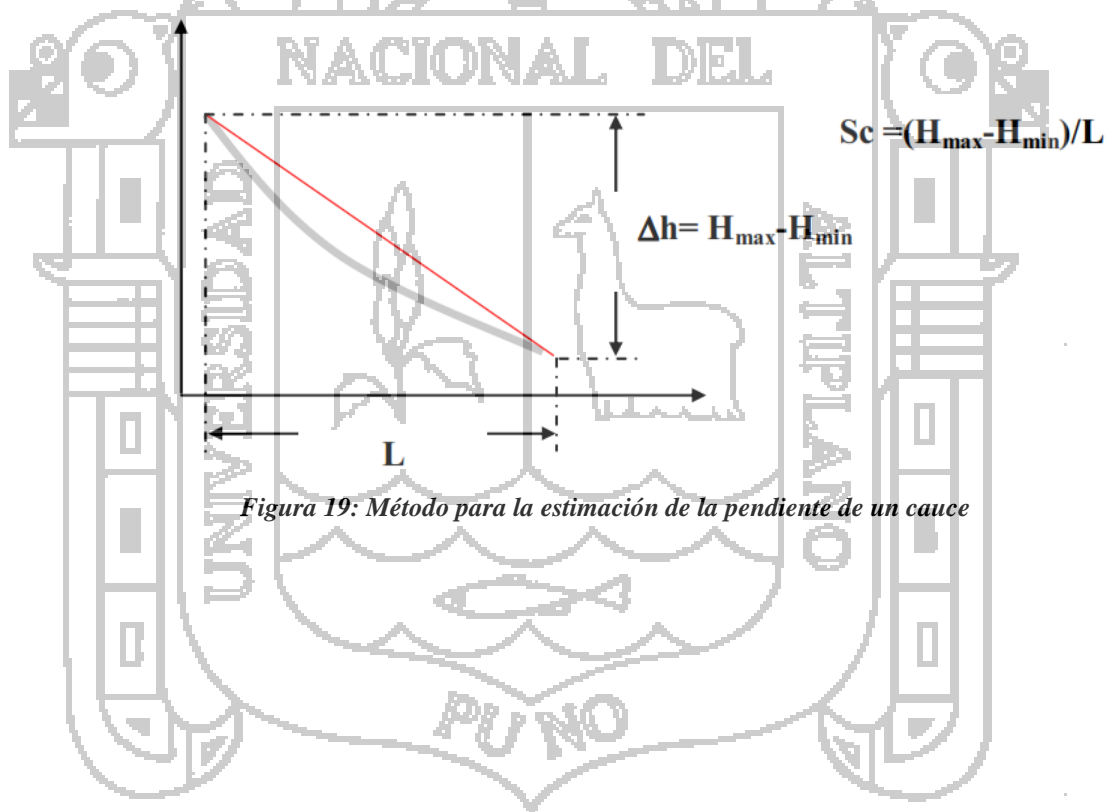


Figura 19: Método para la estimación de la pendiente de un cauce

3.2.2. OBTENCION DE INFORMACION METEOROLOGICA

En la microcuenca Milli milli – Moho, no se cuenta con estación meteorológica existente que proporcione registros de precipitación ni registros de caudales, ciertamente, estos fueron obtenidos de estaciones que se encuentran en las microcuencas, y cuencas vecinas a Moho-Millimilli, de las que a partir de estas se generara el Caudales máximos.

CUADRO 1: Ubicación de las estaciones Meteorológicas utilizadas

N°	Estación	Ubicación geográfica		Ubicación Política			
		Latitud	Longitud	PAIS	DPTO.	PROV.	DIST.
1	HUANCANE	15°12'05.4"	69°45'12.8"	PERÚ	PUNO	HUANCANÉ	HUANCANÉ
2	HUARAYA-MOHO	15°23'17.8"	69°29'03.4"	PERÚ	PUNO	MOHO	HUARAYA
3	COJATA	15°01'31,5"	69°21'49,3"	PERÚ	PUNO	HUANCANE	COJATA

CUADRO 2: Tipo y tiempo de funcionamiento de las Estaciones

N°	Estación	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación	Propietario	TIPO	COD.
			P máx. 24hrs.			
1	HUANCANE	3890	1964 - 2010	SENAMHI	CO	110786
2	HUARAYA-MOHO	3890	1964 - 2010	SENAMHI	CO	110787
3	COJATA	4380	1964 - 2010	SENAMHI	CO	157418

3.2.3. ANALISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACION METEOROLOGICA

El análisis de consistencia de la información meteorológica de las precipitaciones mensuales de las estaciones consideradas en este estudio, se analizan desde tres puntos de vista:

- Análisis visual de hidrogramas.
- Análisis de doble masa y
- Análisis estadístico.

a) Análisis Visual de Hidrogramas

A partir de los registros históricos de cada estación se elaboran los hidrogramas de precipitación total mensual, con la finalidad de detectar visualmente posibles inconsistencias (saltos o tendencias) en el periodo analizado, lo mismo que, de encontrarse el caso deben ser analizados estadísticamente.

Los histogramas representan gráficamente la variación de la precipitación a través del tiempo, en este caso a nivel mensual.

b) Análisis de Doble Masa

Está basado en el hecho de que el gráfico de una cantidad acumulada ploteada contra otra cantidad acumulada durante el mismo periodo, debe ser una línea recta siempre que las cantidades sean proporcionales; la inclinación de la recta representa la constante de proporcionalidad. Una alteración en la pendiente de la recta indicará que ocurrió un cambio en la constante de proporcionalidad entre las dos variables o que tal vez la proporcionalidad no es constante en todos los niveles de acumulación.

El procedimiento se inicia con la selección de varias estaciones en la región próxima aquella que va a ser ajustado. Se acumulan a continuación los totales anuales de cada estación y luego se calcula la media aritmética de los totales precipitados en cada año en todas las estaciones y se acumula esa media.

Un primer gráfico de estos valores promedios acumulados versus los valores acumulados anuales de cada estación va a permitir definir la estación índice y luego el gráfico de los valores acumulados entre la estación índice y los valores acumulados de las estaciones restantes permitirá visualizar con mayor claridad los quiebres que se presentan en los diagramas de doble masa.

c) Análisis estadístico

c.1 Análisis de Saltos

➤ *Consistencia en la media*

Mediante la prueba estadística T de students, se analiza si los valores promedios (\bar{X}_1, \bar{X}_2) de las sub-muestras son estadísticamente iguales o diferentes con un 95% de nivel de significancia de la siguiente forma:

Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo según la siguiente expresión:

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X_i \dots\dots\dots(\text{ec. 2})$$

$$S_1(X) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(\text{ec. 3})$$

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} X_j \dots\dots\dots(\text{ec. 4})$$

$$S_2(X) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (X_j - \bar{X}_2)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(\text{ec. 5})$$

Dónde:

- X_i = Valores de la serie del periodo 1.
- X_j = Valores de la serie del periodo 2.
- \bar{X}_1, \bar{X}_2 = Medias de los periodos 1 y 2 respectivamente.
- $S_1(X), S_2(X)$ = Desviaciones estándar de los periodos 1 y 2.
- n_1, n_2 = Tamaño de los periodos 1 y 2.
- n = Tamaño total de la muestra.
- n = $n_1 + n_2$

➤ *Cálculo de Tc según:*

$$Tc = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}} \sqrt{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2) / (n_1 + n_2)} \dots\dots\dots(\text{ec. 6})$$

➤ **Cálculo de Tt**

El cálculo crítico de t se obtiene de las tablas de T de students (Tt) con:

NC = Con 95% de probabilidad.

∞ = 0.05

$$G.L. = n_1 + n_2 - 2 \quad \dots\dots\dots (ec. 7)$$

Dónde:

G.L. = Grados de libertad.

Tt = T tabulado.

Tc = T calculado.

➤ **Comparación de Tc con Tt**

Si $Tc \leq Tt$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (estadísticamente), en este caso no se corrige la información y es consistente.

Si $Tc > Tt$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ (estadísticamente), en este caso se corrige la información.

➤ **Consistencia en la Desviación Estándar**

Se realiza mediante la prueba estadística “F” de Fisher, si las desviaciones estándar (S_1, S_2) de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes con un 95% de nivel de significancia, de la siguiente forma:

➤ **Cálculo de las variaciones de ambos periodos**

$$s_1^2(x) = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2 \quad \dots\dots\dots(ec. 8)$$

$$s_1^2(x) = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_1} (X_j - \bar{X}_1)^2 \quad \dots\dots\dots(ec. 9)$$

➤ **Cálculo de F según:**

$$F_c = \frac{s_1^2(X)}{s_2^2(X)}, \text{ si } S_1^2(X) > S_2^2(X) \quad \dots\dots\dots (\text{ec. 10})$$

$$F_c = \frac{s_2^2(X)}{s_1^2(X)}, \text{ si } S_2^2(X) > S_1^2(X) \quad \dots\dots\dots (\text{ec. 11})$$

➤ **Cálculo de Ft**

El valor crítico de F se obtiene de las tablas de F de Fisher (Ft) con:

N.C : 95% de probabilidad

α : 0.05

$G.L.N = n_1 - 1$] Si $s_1^2(X) > s_2^2(X)$
 $G.L.D. = n_2 - 1$

$G.L.N = n_2 - 1$] Si $s_2^2(X) > s_1^2(X)$
 $G.L.D. = n_1 - 1$

G.L.N. : Grados de libertad del numerador.
 G.L.D. : Grados de libertad del denominador.

➤ **Comparación del Fc con el Ft**

Si $F_c \leq F_t (95\%) \rightarrow S_1(x) = S_2(x)$ (estadísticamente).

Si $F_c > F_t (95\%) \rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)$ (estadísticamente).

➤ **Corrección de los Datos**

Si los parámetros de la media y desviación estándar resultan estadísticamente iguales, entonces la información original no se corrige por ser consistente con 95% de probabilidad, aún cuando en el análisis de doble masa presenta pequeños quiebres. En caso contrario se debe corregir los datos de las sub-muestras con las siguientes ecuaciones:

$$X'(t) = \frac{Xt - X_1}{S_1(X)} \cdot S_2(X) + \bar{X}_2 \quad \dots\dots (ec. 12)$$

$$X'(t) = \frac{Xt - X_2}{S_2(X)} \cdot S_1(X) + \bar{X}_1 \quad \dots\dots (ec. 13)$$

$X'(t)$: Valor corregido de saltos.

Xt : Valor a ser corregido.

La Ecuación (11) se utiliza cuando se corrige los valores de la sub-muestra de tamaño n_1 , y la ecuación (12) se utiliza para corregir los valores de la sub-muestra de tamaño n_2 .

c.2 Análisis de Tendencias

➤ **Tendencia en la Media**

$$T_m = A_m + B_m t \quad \dots\dots (ec. 14)$$

$$t = (P - 1)w + \tau \quad \dots\dots (ec. 15)$$

$\tau = 1, 2, \dots\dots$, w periodo básico igual a 365, 52 ó 12 si la serie es diaria, semanal o mensual.

$P = 1, 2, \dots\dots, n$, con n igual al número de años del registro de datos.

T_m = Tendencia en la media para este caso.

$T_m = X'(t)$ valor corregido de saltos, datos a usarse para calcular los parámetros de la tendencia.

A_m, B_m, C_m, D_m = Coeficientes de los polinomios de regresión y es estimado con los datos.

En este trabajo la tendencia en la media fue calculada usando la ecuación de regresión lineal simple (ec.14) siendo el proceso el siguiente:

➤ **Cálculo de los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple.**

$$A_m = \bar{T}_m - \bar{t}.B_m \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 16)}$$

$$B_m = R(S_{Tm} / S_t) \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 17)}$$

$$R = (t.T_m - \bar{t}.\bar{T}_m) / (S_t.S_{Tm}) \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 18)}$$

Dónde:

$$\bar{T}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'(t)i \quad \bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$t\bar{T}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i.T_{mi} \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 19)}$$

$$S_{Tm} = \left[\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (T_{mi} - \bar{T}_m)^2 \right]^{1/2}$$

$$S_t = \left[\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \right]^{1/2}$$

\bar{T}_m = promedio de las tendencias T_{mi} .

\bar{t} = promedio del tiempo t .

S_{Tm} = desviación estándar de la tendencia en la media T_m .

S_r = desviación estándar del tiempo t .

R = coeficiente de correlación.

➤ **Evaluación de la tendencia en la media T_m**

- Cálculo del estadístico T_c .

$$T_c = \left[R\sqrt{n-2} \right] / \sqrt{1-R^2} \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 20)}$$

T_c = T calculado.

n = número de datos.

R = coeficiente de correlación.

- Cálculo de T_t
Se obtiene de las tablas de T de students (T_t) con 95% de probabilidad, con $\alpha = 0.05$ y G.L. = $n - 2$.
- Comparación del T_c con el T_t
Si $| T_c | \leq T_t (95\%) \rightarrow R$ no es significativo, entonces la tendencia no es significativa y no debe corregirse la información.
Si $| T_c | > T_t (95\%) \rightarrow R$ si es significativo, entonces la tendencia es significativo y debe corregirse la información con tendencia en la media.

➤ **Corrección de la información**

$$Y_t = X'_{(t)} - T_m \dots\dots\dots(ec. 21)$$

ó

$$Y_t = X'_{(t)} - (A_m + B_m.t) \dots\dots\dots(ec. 22)$$

- $X'_{(t)}$ = Serie corregida de saltos.
- T_m = Tendencia en la media (obtenida de la ecuación 13).
- Y_t = Serie sin tendencia en la media
- \bar{T}_m = Promedio de la tendencia en la media.

➤ **TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR**

Generalmente la tendencia en la desviación estándar se presenta en los datos semanales o mensuales, pero no en los datos anuales.

$$T_s = A_s + B_s t \dots\dots\dots(ec. 23)$$

T_s = Tendencia en la desviación estándar.

T = Tiempo en años 1, 2, 3,.... n (número de años).

$A_s, B_s, C_s, D_s, \dots$ = Coeficientes de los polinomios de regresión, estimados con los datos corregidos de tendencia en la media.

El procedimiento para estimar y evaluar la tendencia en la desviación estándar se procede de la siguiente manera:

- La información sin tendencia en la media Y_t , se divide en varios periodos (en años).
- Para cada periodo se calcula las desviaciones estándar de toda la información, según:

$$S_p = \left[\frac{1}{w-1} \sum_{\tau=1}^{12} (Y_{p,\tau} - \bar{Y}_p)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (ec. 24)$$

S_p : Desviación estándar para el periodo P.

Y_p : Serie sin tendencia en la media.

\bar{Y}_p : Promedio del periodo P.

P : 1, 2, 3,, n con n igual al número de periodos.

τ : 1, 2, 3,, w

w : 12, 52 ó 365 si el análisis de la serie es mensual, semanal o diaria.

- Cálculo de los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple (24) a partir de las desviaciones estándar anuales y el tiempo en t años o periodos considerados, utilizando las ecuaciones (20), (21) y (22) dadas para la tendencia en la media.
- Se evalúa T_s con el análisis del coeficiente de correlación R, siguiendo el mismo procedimiento descrito para T_m .

Si R resulta significativo en la prueba, entonces T_s es significativo, por lo cual se debe eliminar la tendencia en la serie, mediante la siguiente ecuación:

$$Y'_t = Y_{p,\tau} / Ts_{p,\tau} = (X'_{p,\tau} - Tm_{p,\tau}) / Ts_{p,\tau} \dots\dots\dots (ec. 25)$$

Dónde:

Y'_t = serie sin tendencia en la media ni en la desviación estándar.

Las demás variables han sido definidas en los pasos anteriores.

Para que la serie preserve la media y desviación estándar constante, la ecuación toma la forma siguiente:

$$Y'_{p,\tau} = [(X'_{p,\tau} - Tm_{p,\tau}) / Ts_{p,\tau}] \cdot \bar{T}s + \bar{T}m \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 26)}$$

Dónde:

$\bar{T}s, \bar{T}m$ = sin lis promedios de la tendencia en la desviación estándar y media respectivamente.

Después de todos los análisis respectivos, la serie $Y'_{p,T}$ es libre de saltos y tendencias y es una serie homogénea, consistente y confiable al 95% de probabilidad.

➤ **COMPLETACION Y EXTENSION DE LA INFORMACION METEOROLOGICA**

La completación es un proceso que consiste en llenar los vacíos de los datos faltantes de la información y la extensión de la información es la transferencia de los datos desde una estación con largo periodo de registro histórico a otra con corto periodo de registro. La extensión se realiza antes del primer dato o después del último dato y también en periodos intermedios.

Para la extensión de los datos utilizaremos el método de Regresión Lineal Simple.

1. *Se tiene la serie:*

$$Y_1, Y_2, Y_3, \dots\dots\dots, Y_n$$

$$X_1, X_2, X_3, \dots\dots\dots, X_n, X_{n+1}, \dots\dots\dots X_{n_1+n_2}$$

Dónde:

- Y_t : serie de registro corto.
- X_t : serie de registro largo.
- n_1 : tamaño del periodo común a ambas series o tamaño del registro corto.
- n_2 : tamaño del periodo no común.
- n : $n_1 + n_2 =$ tamaño del registro largo.

2. Se tiene la ecuación de regresión lineal simple

$$Y_t = a + bX_t \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 27)}$$

Dónde:

Y_t : variable hidrológica dependiente.

X_t : variable hidrológica independiente.

a y b : parámetros del modelo de R.L.S.

3. *Estimación de parámetros*

Los parámetros a, b y R se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$b = R \left[\frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} \right] \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 28)}$$

$$b = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 29)}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}_1 \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 30)}$$

$$\bar{Y}_1 = \frac{1}{n_1} \sum Y_i \quad \text{y} \quad \bar{X}_1 = \frac{1}{n_1} \sum X_i$$

$$R = \left[\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{\left[\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2 \right]^{1/2}} \right] \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 31)}$$

Donde

\bar{Y}_1, \bar{X}_1 : Medias de los periodos comunes de tamaños n_1 de las variables Y_t y X_t .

$S_{1(y)}$ y $S_{1(x)}$: Desviaciones estándar de Y_t y X_t de los periodos comunes de tamaño n_1 .

R : coeficiente de correlación.

4. *Ecuación de completación y extensión.*

Sustituyendo los valores en la Ec. (26), se tiene:

$$Y_t = Y_1 + R(S_{1(Y)} / S_{1(X)})(X_t - \bar{X}_1) \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 32)}$$

5. Criterios de confiabilidad

La ecuación 31 solo se podrá usar cuando hay una correlación significativa entre las variables Y_t y X_t vale decir, si el coeficiente de correlación R de la ecuación 30 es estadísticamente significativo con un cierto nivel de confiabilidad dado en términos de probabilidad, usando el estadístico T , para esto se procede de la siguiente forma:

- *Cálculo del estadístico T_c según:*

$$T_c = \left[R \sqrt{n_1 - 2} \right] / \sqrt{1 - R^2} \quad \dots\dots\dots (\text{ec. 33})$$

T_c : T calculado.

R : coeficiente de correlación

n_1 : número total de datos

- *Cálculo del T tabular*

El valor crítico de t se obtiene de las tablas de t de students (T_t) con 95% de probabilidad, con $\alpha = 0.05$ y G.L. = $n - 2$.

- *Comparación del T_c con el T_t*

Si $| T_c | \leq T_t (95\%) \rightarrow R$ no es significativo, por lo tanto no hay correlación significativa.

Si $| T_c | > T_t (95\%) \rightarrow R$ es significativo, por lo tanto hay una correlación significativa entre las variables Y_t y X_t , y se puede hacer uso de la ec. 31 para la completación y extensión de la información.

Si el coeficiente de correlación R resulta no significativo se puede aplicar el proceso de autocorrelación o probar con otra serie.

Para mejorar la información, a la ecuación 31 se le agrega otra componente que es una variable aleatoria, que tiene por objeto dar una mejor representatividad de la variabilidad de la serie hidrometeorológica, especialmente cuando se quiere extender la información a un periodo largo, por lo cual la ecuación (31) se puede expresar de la siguiente forma:

$$Y_t = \bar{Y}_1 + R(S_{1(y)} / S_{1(x)})(X_t - \bar{X}_1) + \alpha\theta(1-r^2)^{1/2} S_{1(x)} E_t \quad \dots\dots\dots(\text{ec. 34})$$

Dónde:

E_t : Variable aleatoria normal independiente con media cero y la varianza unitaria (0,1).

θ : 0 se usa para completar la información y no se considera la variable aleatoria.

θ : 1 se usa para extender la información y es considerada la variable aleatoria.

α : es usado para remover el sesgo en el estimado de la varianza de Y_t y está dado por:

$$\alpha^2 = [n_2(n_1 - 4)(n_1 - 1)] / [(n_2 - 1)(n_1 - 3)(n_1 - 2)] \quad \dots\dots\dots (\text{ec. 35})$$

Para cada estación con registros incompletos se realiza una búsqueda mes a mes, de registros de mayor longitud entre estaciones utilizadas como contraste para encontrar luego aquellas que sirvan de base al cálculo de los registros incompletos, tomando en cuenta la correlación entre la estación base y aquella que se quiere completar o extender la información meteorológica.

Para la realización del procedimiento anterior, se agrupan las estaciones según pertenezcan a una cuenca o zona hidrológica con comportamiento similar.

3.2.4. ANALISIS METEOROLOGICO

a. Precipitación

La precipitación es uno de los principales parámetros para el Caudales máximos, siendo de hecho, el único valor de entrada en el sistema hidrológico. Por ello se puso especial énfasis en la generación de los datos, tomando en cuenta las condiciones climáticas, la existencia de estaciones auxiliares del sitio de estudio y la consistencia de la base de datos.

Los datos para la microcuenca requería la mayor fiabilidad posible toda vez que se empleó una técnica de extrapolación para las estaciones de temperatura y precipitación.

Para la obtención de los mapas de precipitación mensual se llevó a cabo la siguiente metodología:

- Ubicación de las estaciones cercanas a la Micro Cuenca Moho-Milli milli.
- Análisis de precipitaciones máximas en 24Hr

3.2.5. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD Y ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE DATOS HIDROLÓGICOS

Para el cálculo de precipitaciones diarias de diferentes periodos de retorno (X_T) realizamos un análisis de frecuencia utilizando los Factores de frecuencia. Chow, (1994).

$$X_T = \bar{X} + K_T * S \quad \dots\dots (ec. 36)$$

Dónde:

X_T = valor de precipitación para un determinado periodo de retorno (T=años)

\bar{X} = media de la función

S = desviación estándar de la función

K_T = factor de frecuencia

Previo a ello mostramos algunos parámetros estadísticos.

a) Parámetros estadísticos de una muestra

- **Medidas de tendencia central**

Se define como una medida de localización central, nos indican en torno a qué valor (centro) se distribuyen los datos.

Media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots (ec. 37)$$

Dónde:

\bar{X} = media muestral

X_i = valor i-ésimo de la muestra

n = número de datos de la muestra

Mediana:

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

Si n es par, la mediana adopta el valor del promedio de los números centrales, es decir:

$$Med = \frac{X_{\frac{n}{2}} + X_{\frac{n}{2}+1}}{2}, \text{ para } n \text{ par} \dots\dots (ec. 38)$$

- **Medidas de dispersión**

Las medidas de dispersión nos informan sobre cuanto se alejan y cuanto de dispersan del centro los valores de la distribución.

Algunas medidas de dispersión son:

Varianza:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \dots\dots (ec. 39)$$

Desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots (ec. 40)$$

b) Distribución log normal de 2 parámetros.

$$K_T = \frac{Y_T - \mu}{\sigma}$$

$$Y_T = \bar{\mu} + K_T * \sigma \quad \dots\dots (ec. 41)$$

Entonces:

De la ecuación anterior

$$X_T = \exp(Y_T) = \exp(\mu + K_T * \sigma) \quad \dots\dots (ec. 42)$$

Dónde:

$$\mu = \text{media de } \bar{y} = \ln X_i.$$

$$\sigma = \text{Desviación estandar de } S_y = \ln X_i.$$

La ecuación (41) es el mismo valor de la variable normal estandarizada z visto, siendo esta una probabilidad de excedencia de p (p=1/T) y puede calcularse de la siguiente manera:

$$w = \left[\ln\left(\frac{1}{p^2}\right) \right]^{1/2}, \text{ Para } (0 < p \leq 0.5) \quad \dots\dots (ec. 43)$$

$$w = \left[\ln\left(\frac{1}{(1-p)^2}\right) \right]^{1/2}, \text{ Para } (0 < p \leq 0.5) \quad \dots\dots (ec. 44)$$

Luego calculando z utilizamos la aproximación:

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}; \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

$$z = -\left(w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3} \right); \text{ Para } p > 0.5) \dots\dots (ec. 45)$$

El factor de $K_T = z$; y el error de esta fórmula es de menor que 0.00045 en z según Abramowitz y Stegun, (1965).

c) Distribución log normal de 3 parámetros.

Para la distribución log normal de 3 parámetros se aplica el mismo procedimiento de log normal de 2 parámetros, con una sola variación en la ecuación:

$$Y_T = \bar{\mu} + K_T * \sigma \quad \dots\dots (ec. 46)$$

Dónde:

$$\mu = \text{media de } \bar{y} = \ln(X_i - X_0).$$

$$\sigma = \text{Desviación estandar de } S_y = \ln(X_i - X_0).$$

$$Y_T = \ln(X_T - X_0).$$

Aplicamos la inversa de log normal.

$$X_T = \exp(Y_T) = x_0 + \exp^{(\mu + K_T * \sigma)} \quad \dots\dots (ec. 47)$$

d) Distribución log Pearson tipo III

Para esta distribución, el primer paso es tomar los logaritmos de la información hidrológica, $y = \ln X_i$. Se calculan la media de $\bar{y} = \ln X_i$, la desviación estándar S_y y el coeficiente de asimetría C_S , el factor de frecuencia depende del periodo de retorno T y del coeficiente de asimetría C_S , cuando el $C_S = 0$ el factor de frecuencia es igual a la variable normal estandarizada z , cuando el $C_S \neq 0$, K_T , se aproxima como:

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5 \quad \dots\dots (ec. 48)$$

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 aplicamos la ecuación general de los factores de frecuencia (ec. 46) con una variación en su media y desviación estándar:

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

Dónde:

$$\mu = \text{media de } \bar{y} = \ln(X_i).$$

$$\sigma = \text{Desviación estandar de } S_y = \ln(X_i).$$

$$Y_T = \ln(X_T).$$

Aplicamos la inversa de log normal.

$$X_T = \exp(Y_T) = \exp(\mu + K_T * \sigma) \dots\dots (ec. 49)$$

e) Distribución valor extremo tipo I y/o Gumbel

Para la distribución de valor extremo tipo I o llamada Gumbel según (Chow, 1994) dedujo la siguiente expresión:

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \dots\dots (ec. 50)$$

Donde T es el periodo de retorno.

Utilizando la ecuación n° 47 se tiene:

$$X_T = \bar{X} + K_T * S \dots\dots (ec. 51)$$

Dónde:

\bar{X} = media o promedio de la función

S = desviación estándar de la función

K_T = factor de frecuencia

3.2.6. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

a) Análisis gráfico

Consiste simplemente en inspeccionar una gráfica donde se haya dibujado cada una de las diferentes funciones junto con los puntos medios.

La función de distribución de probabilidad que se seleccione será la que se apege visualmente mejor a los datos medidos.

Este método se usa a veces, incluso, para ajustar las funciones de distribución de probabilidad a los datos medidos, dibujando en un papel especial para cada función dichos datos, escogiendo la función para la que el conjunto de puntos sea semejante a una línea recta y finalmente trazando a ojo dicha línea recta para poder hacer las extrapolaciones necesarias.

Este es un método con un alto grado de subjetividad y, usado aisladamente, puede ser un tanto peligroso. Sin embargo, es muy ilustrativo y recomendable para ser usado con otros métodos. Si lo aplica un ingeniero con experiencia, puede resultar el mejor de todos.

b) Método del error cuadrático mínimo

Consiste en calcular, para cada función de distribución el error cuadrático:

$$C = [\sum_{i=1}^n (Xe_i - Xo_i)^2]^{1/2} \dots\dots\dots (ec. 52)$$

Dónde:

Xe_i = es el i-ésimo dato estimado

Xo_i = es el i-ésimo dato calculado con la función de distribución bajo análisis

c) Prueba Kolmogorov – Smirnov

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$:

$$\Delta = \text{máx}|F(z) - P(x)| \quad \dots\dots\dots (\text{ec. } 53)$$

Dónde:

Δ = Estadístico de Smirnov Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$ = probabilidad de la distribución teórica.

$P(x)$ = probabilidad experimental o empírica de los datos denominada también frecuencia acumulada.

El estadístico Δ tiene su función de distribución de probabilidades.

Si Δ_0 es un valor crítico para cada un nivel de significancia α , se tiene que:

$$P[\text{máx}|F(z) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha$$

$$P[\Delta \geq \Delta_0] = \alpha$$

También

$$P[\Delta < \Delta_0] = 1 - \alpha \quad \dots\dots\dots (\text{ec. } 54)$$

El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico de Smirnov Kolmogorov, es el siguiente:

- 1.- calcular la probabilidad empírica o experimental $p(x)$ de los datos, para eso usar la fórmula de Weibull:

$$P(x) = \frac{m}{n + 1}$$

Dónde:

$P(x)$ = probabilidad empírica o experimental

m = número de orden

n = número de datos

- 2.- calcular la probabilidad teórica $F(z)$:

- Para el caso de utilizar el procedimiento de los modelos teóricos, usar la ecuación de la función acumulada $F(z)$, o tablas elaboradas para tal fin.

- Si se quiere aplicar el procedimiento gráfico, se utiliza un papel probabilístico especial donde $F(z)$, puede representarse como una línea recta, por lo cual, se puede trazar con solo 2 puntos pero si se quiere chequear que es una recta, se pueden plotear 3 puntos.

3.- Calcular las diferencias $P(x) - F(z)$, para todos los valores de x .

4.- Seleccionar la máxima diferencia: (ecuación 53)

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

5.- Calcular el valor crítico del estadístico Δ , es decir Δ_0 , para un $\alpha = 0.05$ y n igual al número de datos. Los valores de Δ_0 se muestran en tablas.

6.- comparar el valor estadístico Δ , con el valor crítico Δ_0 de la tabla. Con los siguiente criterios de decisión.

Si

$\Delta < \Delta_0 \implies$ el ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado.

$\Delta \geq \Delta_0 \implies$ el ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar con otra distribución.

3.2.7. DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTE PERIODO DE RETORNO

a) MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

Es el método racional según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991) adaptada para las condiciones climáticas de España. Y permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km² y con tiempos de concentración (Tc) de entre 0.25 y 24 horas, la fórmula es la siguiente:

$$Q = 0,278 CIAK \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 55)}$$

Dónde:

- Q : Descarga máxima de diseño (m³/s)
- C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.
- I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A : Área de la cuenca (Km²)
- K : Coeficiente de Uniformidad

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

➤ **Tiempo de Concentración (Tc)**

$$Tc = 0.3 (L/S^{0.25})^{0.76} \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 56)}$$

Dónde:

- L: Longitud del cauce mayor (km)
- S: Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

➤ **Coeficiente de Uniformidad**

$$K = 1 + (Tc^{1.25} / Tc^{1.25} + 14) \quad \dots\dots\dots \text{(ec. 57)}$$

Dónde:

- Tc: Tiempo de concentración (horas)

➤ *Coefficiente de simultaneidad o Factor reductor (kA)*

$$K_A = 1 - (\log_{10}A/15) \dots\dots\dots (\text{ec. 58})$$

Dónde:

A: Área de la cuenca (Km²)

➤ *Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)*

$$P = k_A P_d \dots\dots\dots (\text{ec. 59})$$

Dónde:

kA: Factor reductor

Pd: Precipitación máxima diaria (mm)

➤ *Intensidad de Precipitación (I)*

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1}-T_c^{0.1}}{28^{0.1}-1}} \dots\dots\dots (\text{ec. 60})$$

Dónde:

P: Precipitación máxima corregida (mm)

Tc: Tiempo de concentración (horas)

➤ *Coefficiente de Escorrentía (C)*

$$C = \frac{(P_d - P_o) \times (P_d + 23 \times P_o)}{(P_d + 11 \times P_o)^2} \dots\dots\dots (\text{ec. 61})$$

Dónde:

P_{d(mm)} : Precipitación máxima diaria

P_o : Umbral de escorrentía = $\frac{5000}{CN} - 50$

CN : Número de curva

b) Hidrograma Unitario

El hidrograma es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica; siendo el hidrograma unitario de una cuenca, el hidrograma de escorrentía directa que se produciría en la salida de la cuenca si sobre ella se produjera una precipitación neta unidad de una duración determinada (por ejemplo, 1 mm. durante 1 hora).

➤ **Estimación de Hidrogramas Unitarios.**

Para la estimación de caudales máximos utilizando hidrogramas unitarios, siempre es necesario contar con al menos un hidrograma medido a la salida de la cuenca y con los registros de precipitación que originaron el hidrograma.

La mayor parte de las cuencas, en todo el mundo, no cuentan con una estación hidrométrica o bien con los registros pluviográficos necesarios. Por ello, es conveniente contar con métodos con los que puedan obtenerse hidrogramas unitarios usando únicamente datos de características generales de la cuenca. Los hidrogramas unitarios así obtenidos se denominan *sintéticos*. Los hidrogramas unitarios sintéticos a analizar son los siguientes: Triangular y SCS.

b.1. Fundamentos teóricos para la estimación del Hidrograma Unitario Sintético Triangular.

Desarrollado por Mockus en 1957. Se busca un gasto pico Q_p , en función del área de la cuenca en km^2 y el tiempo base en horas:

$$Q_p = \frac{0.555A}{t_b} (\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}) \quad \dots\dots\dots (\text{ec. } 62)$$

Del análisis de varios hidrogramas, Mockus concluye que el tiempo base y el tiempo pico se relacionan mediante la expresión:

$$t_b = 2.67t_p \quad \dots\dots\dots (\text{ec. } 63)$$

El tiempo pico se expresa:

$$t_p = d_e/2 + t_r \quad \dots\dots\dots (\text{ec. } 64)$$

Dónde:

d_e : Duración en exceso.

t_r : Tiempo de retraso.

Se calcula el tiempo de retraso:

$$t_r = 0.6t_c \quad \dots\dots\dots (\text{ec. } 65)$$

Dónde:

t_c : Tiempo de concentración.

Además la duración:

Para cuencas grandes $d_e = 2\sqrt{t_c}$ (ec. 66)

Para cuencas pequeñas $d_e = t_c$ (ec.67)

Y de esta forma calcular el hidrograma unitario triangular

b.2. Hidrograma sintético triangular del SCS

Con base en la revisión de un gran número de HU, el SCS sugiere este hidrograma donde el tiempo está dado en horas y el caudal en m³/s.cm.

El volumen generado por la separación de la lluvia en neta y abstracciones es propagado a través del río mediante el uso del hidrograma unitario.

El tiempo de recesión, t_r , puede aproximarse a:

$$t_r = 1.67T \quad \text{..... (ec. 68)}$$

Como el área bajo el HU debe ser igual a una escorrentía de 1 cm, puede demostrarse que:

$$q_p = \frac{2.08A}{T_p} \quad \text{..... (ec. 69)}$$

Dónde:

A : es el área de drenaje en Km²

T_p : es el tiempo de ocurrencia del pico en horas

Adicionalmente, un estudio de muchas cuencas ha demostrado que:

$$t_p = 0.6T_c \quad \text{..... (ec. 70)}$$

Dónde:

tp: Tiempo de retardo (entre el centroide del hietograma y el pico de caudal) (h)

tc: Tiempo de concentración de la cuenca.

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

$$T_p = \frac{D}{2} + t_p \quad \text{..... (ec. 71)}$$

Donde:

D: duración de la lluvia (h)

CAPITULO IV

CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION

4.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

a) Política

Se encuentra ubicado en la región de Puno, provincia de Huancané, distrito de Moho, Sector Milli milli.

b) Geográfica

La Microcuenca Moho limita por el norte con la Microcuenca del río Huancané, por el Este con la Cuenca del río Putina, por el Sur – Oeste con la vertiente del Titicaca. Su punto de interés se encuentran entre las coordenadas Este de 445801.45 y Norte de 8'301,503. Altitudinal mente, se encuentra encima de los 3850 msnm.

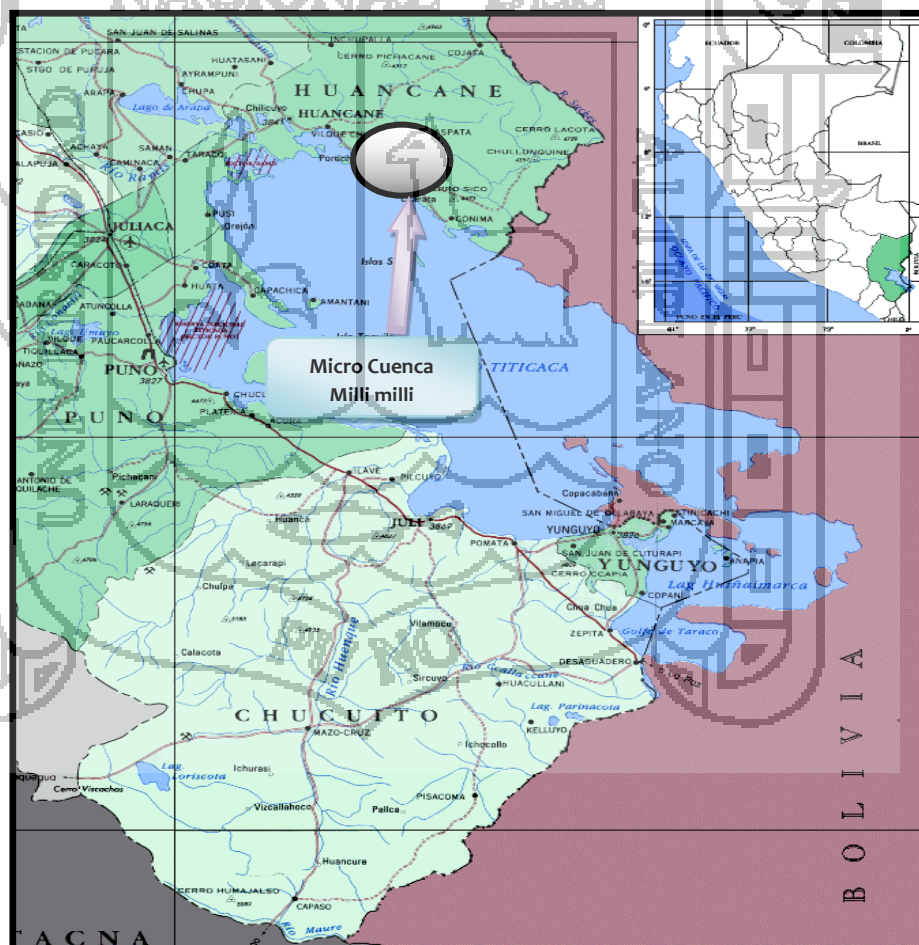


Figura 20 Plano de Ubicación

c) Hidrográfica

La Microcuenca del río Milli milli - Moho tiene un área de 16.25 km², con un perímetro de 18.78 km y se encuentra ubicada en la vertiente del lago Titicaca el cual pertenece al sistema hídrico T.D.P.S.

4.2. ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO**a) Pluviografía**

Las precipitaciones atmosféricas (pluviales) obedecen a una periodicidad anual de 4 meses (diciembre a marzo). Se debe hacer notar que esta periodicidad, a pesar de normar las campañas agrícolas, puede variar según características pluviales del año, originando inundaciones o sequías.

b) Suelo NACIONAL DEL

El suelo en la zona de estudio es variable. Existen zonas con mucha capacidad aurífera y suelos poco productivos, como también suelos con alto valor productivo ubicadas en las zonas bajas como los que son ubicados en las provincias de Huancané y moho.

c) Topografía

Las zonas en estudio poseen una topografía variable con altitudes que van desde 3,840.00 m.s.n.m. hasta los 4340.00 m.s.n.m., siendo los picos más altos ubicados dentro de la cuenca en estudio y los niveles más bajos ubicados cerca del lago Titicaca pertenecientes a las provincia Moho

d) Comunicación

La zona en estudio tiene un acceso terrestre, mediante la carretera asfaltada que va de Puno - Juliaca, Juliaca - Huancané, y Huancané - Moho.

e) Economía

La población de la zona de estudio es multilingüe, los idiomas que se comparten son el quechua, aimara y el español.

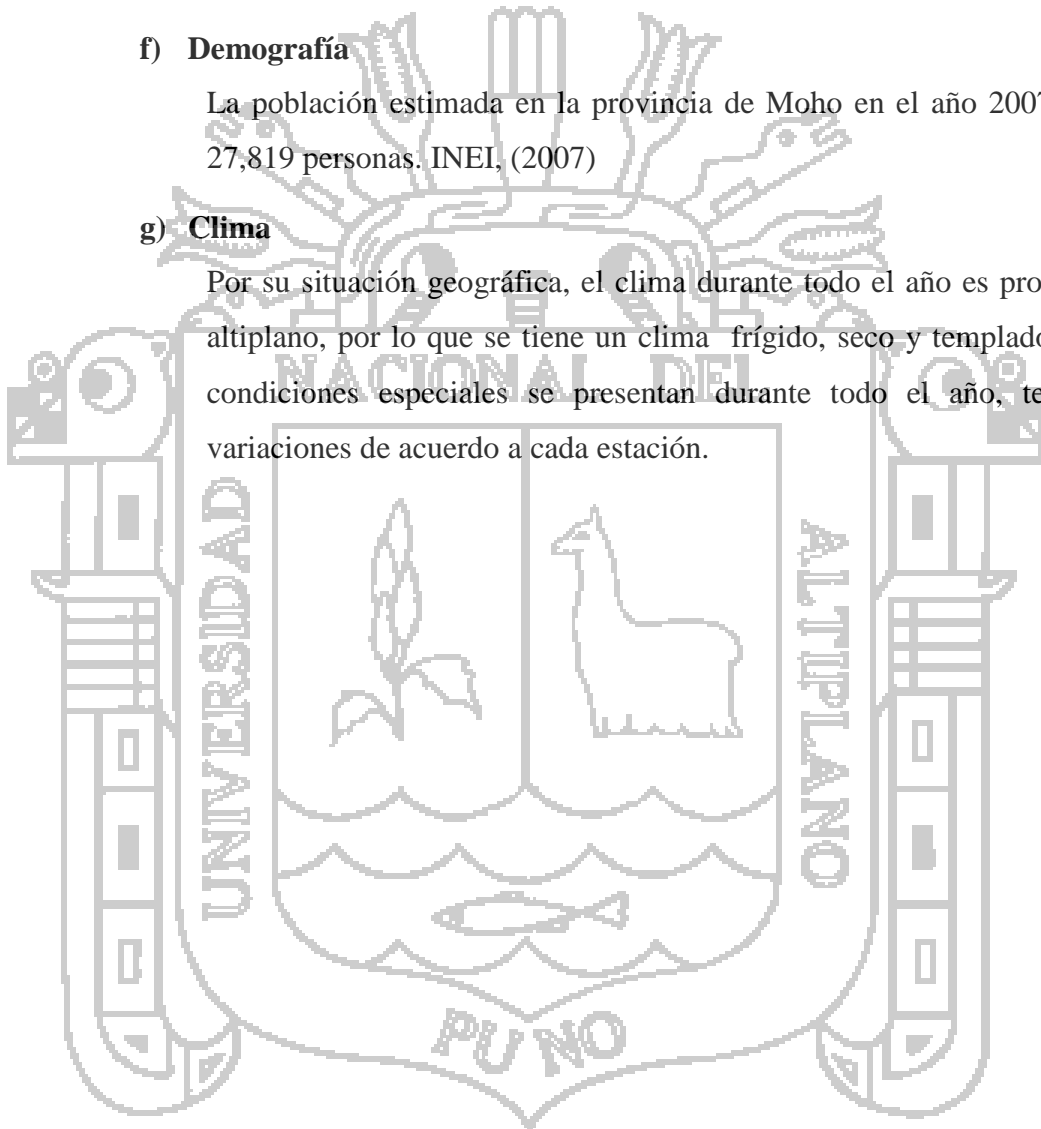
La actividad agropecuaria es la principal actividad económica, seguida del comercio principalmente por las ferias dominicales en Huancané y minería, en zonas altas de la provincia de Putina.

f) Demografía

La población estimada en la provincia de Moho en el año 2007 es de 27,819 personas. INEI, (2007)

g) Clima

Por su situación geográfica, el clima durante todo el año es propio del altiplano, por lo que se tiene un clima frío, seco y templado, estas condiciones especiales se presentan durante todo el año, teniendo variaciones de acuerdo a cada estación.



CAPITULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 INFORMACION FISIOGRAFICA

La microcuenca Moho tiene un área de 16.25 km² con un perímetro de 18.78 km., su parte más elevada está en la cota 4340 msnm y su parte más baja se ubica en la cota 3,840 msnm.

La longitud total del río principal es de 6784.75 resultando una pendiente 7.6 %. Presenta una dirección Noreste a Suroeste y tiene forma de Pera. El número de orden de la microcuenca es 3 y su altura media es de 4,090 msnm.

El río principal de la microcuenca el rio moho en el siguiente cuadro se presentan las características generales de la cuenca.

CUADRO 3: Información Fisiográfica

N°	Nombre	Area (Km ²)	Perimetro (Km)	Longitud del cauce (m)	Cota de cuenca (msnm)	
					Max	Min
1	M. Cuenca Moho	16.25	18.78	6,784.75	4,340.0	3,840.0

5.2 INFORMACION METEOROLOGICA

La información meteorológica corresponde a un conjunto de 03 estaciones, la serie histórica de precipitaciones máximas mensuales, es la información básica para el Modelamiento Hidrológico y la generación de caudales máximos en la zona en estudio, dado que en la zona de interés no se cuenta con la información meteorológica disponible. El periodo de registro de la precipitación media mensual histórica de la estación Huaraya Moho es de 1964 - 2013, siendo esta la estación base para el inicio de la completación y extensión de registros de precipitaciones de las demás estaciones puesto que presentan un periodo de registro corto e insuficiente para el modelamiento hidrológico.

La información de series históricas de precipitaciones máximas mensuales consideradas en este estudio, se exponen en los cuadros N° 4 al 6.



CUADRO 4: Precipitación Huaraya – Moho

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HRS. ORIGINAL (mm)													
ESTACION		HUARAYA - MOHO						CODIGO		110787			
CUENCA	TITICACA			LATITUD	15°23'17.8"	S	REGION	PUNO					
RIO				LONGITUD	69°29'03.4"	W	PROV	MOHO					
TIPO	CO			ALTTUD	3.890.00	m.s.n.m	DIST	MOHO					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1964	16.5	43.6	33.8	31.5	29.5	0.0	0.0	1.4	7.1	0.0	16.8	23.6	17.0
1965	58.3	33.7	27.6	11.0	3.0	0.8	5.0	0.5	14.2	26.3	0.0	40.0	18.4
1966	56.2	25.0	50.0	23.9	0.0	0.0	0.0	0.5	8.5	9.4	14.2	26.8	17.9
1967	12.1	18.8	46.0	0.5	13.2	7.3	12.0	12.0	21.0	0.0	5.4	31.3	15.0
1968	22.0	40.0	20.2	29.5	10.0	2.5	18.6	6.5	15.0	0.0	32.0	31.5	19.0
1969	15.0	18.2	30.5	7.0	3.5	0.1	17.1	7.8	8.2	5.7	41.2	22.1	14.7
1970	24.8	18.5	22.0	22.6	21.3	0.8	0.2	0.6	18.1	20.0	17.3	31.3	16.5
1971	34.9	42.5	17.3	15.0	3.2	0.6	0.0	22.0	2.0	19.0	19.7	23.6	16.7
1972	35.6	45.0	24.3	17.4	3.2	0.0	2.0	3.6	20.4	23.0	18.5	38.7	19.3
1973	20.7	32.2	16.3	18.5	13.6	1.8	6.0	15.0	26.1	17.3	16.0	36.5	18.3
1974	42.2	51.0	16.2	14.7	0.9	7.8	0.0	5.7	5.7	9.8	16.7	29.1	16.7
1975	30.0	31.7	31.0	15.0	21.6	5.6	0.0	0.4	15.2	19.1	10.6	22.1	16.9
1976	28.4	19.9	23.6	14.0	50.5	8.6	7.0	2.7	25.5	8.7	5.0	31.8	18.8
1977	23.7	27.0	27.2	2.1	29.5	0.3	2.0	0.2	11.1	19.2	21.3	33.1	16.4
1978	55.4	39.8	38.9	23.2	3.0	11.2	1.5	1.3	9.6	19.3	25.8	46.3	22.9
1979	34.5	32.4	27.5	22.9	3.1	0.0	6.8	8.0	9.3	18.8	28.5	54.7	20.5
1980	31.6	22.5	20.5	13.3	1.5	1.9	9.5	15.0	15.2	15.9	7.2	9.8	13.7
1981	42.6	24.6	13.2	21.5	5.0	1.0	0.0	17.2	27.8	21.2	10.6	27.8	17.7
1982	39.0	22.1	18.4	25.3	3.0	0.3	1.6	5.3	31.4	25.7	20.5	22.2	17.9
1983	20.0	22.5	15.8	19.3	25.8	5.9	3.0	1.4	23.6	26.6	11.4	9.6	15.4
1984	53.3	39.0	32.0	5.7	14.5	22.2	1.0	11.6	1.0	8.3	23.2	62.0	22.8
1985	41.8	23.3	33.5	38.6	8.5	10.7	0.2	1.0	25.2	22.0	48.4	51.6	25.4
1986	30.0	37.8	22.6	14.6	30.5	0.0	15.1	27.3	13.5	11.6	31.0	34.2	22.4
1987	27.9	21.1	38.0	15.0	7.0	4.6	17.7	12.3	4.8	14.6	22.1	34.5	18.3
1988	63.2	49.3	54.7	22.2	20.3	0.0	0.0	0.0	1.7	16.7	5.8	13.7	20.6
1989	21.7	31.4	18.0	21.2	21.0	5.2	3.0	12.8	6.6	14.6	10.8	10.8	14.8
1990	25.5	24.8	21.9	19.0	3.4	26.4	0.0	7.2	12.3	24.7	24.5	20.2	17.5
1991	29.2	45.2	32.3	10.2	13.0	24.5	0.0	6.8	10.4	6.4	25.4	37.6	20.1
1992	21.3	17.2	19.0	10.5	0.0	20.2	1.5	51.0	2.8	21.5	8.5	32.0	17.1
1993	45.3	11.7	12.2	19.7	10.9	15.6	1.4	4.2	8.5	14.7	19.7	20.2	15.3
1994	33.8	23.1	26.5	28.2	21.2	1.8	0.0	2.0	2.0	10.7	15.4	41.5	17.2
1995	17.8	33.4	20.7	4.3	10.0	0.0	0.0	1.4	11.8	12.7	28.4	28.1	14.1
1996	37.0	19.6	38.7	11.0	3.0	0.0	6.0	2.6	9.6	6.2	24.6	27.7	15.5
1997	46.0	24.0	24.3	23.4	7.2	0.0	0.2	15.2	15.6	13.4	31.2	24.6	18.8
1998	28.7	31.6	34.5	15.0	0.0	11.0	0.0	2.0	1.6	8.8	17.6	11.5	13.5
1999	13.6	12.6	50.5	17.5	4.0	0.5	0.4	0.8	12.4	15.6	15.0	10.5	12.8
2000	29.8	16.5	39.5	18.0	5.9	4.4	0.0	14.2	6.5	26.6	18.5	33.6	17.8
2001	62.0	30.4	27.0	20.4	13.8	5.1	18.3	4.3	3.4	25.5	15.6	45.3	22.6
2002	38.6	43.8	41.2	10.4	9.3	2.0	10.2	5.8	15.3	23.1	35.3	16.5	21.0
2003	39.4	40.1	36.4	18.5	10.2	10.6	7.2	7.8	17.7	17.4	7.2	74.3	23.9
2004	52.4	22.5	35.5	13.8	3.1	5.8	8.4	25.9	7.2	7.3	35.3	15.4	19.4
2005	24.7	27.8	6.2	34.9	0.5	0.0	0.0	9.0	17.2	22.8	33.2	35.8	17.7
2006	34.8	26.8	22.1	11.9	2.4	0.0	0.0	0.9	26.7	9.6	24.0	22.2	15.1
2007	26.4	28.5		25.6	3.6	0.0	2.2	0.0	16.9	21.1	24.4	23.0	15.6
2008	34.5	30.5	42.0	3.0	18.0	0.0	0.0	0.0	3.6	26.6	6.3	33.6	16.5
2009	21.3	20.2	21.4	6.6	2.2	0.0	4.6	0.0	3.6	37.6	38.6	23.2	14.9
2010	29.8	42.6		12.2	20.6	0.9	0.0	4.7	1.4	20.4	0.5	48.1	16.5
2011	10.6	29.5	22.0	5.0	6.2	0.0	4.1	7.3	9.8	14.5	18.0	15.3	11.8
2012	16.7	18.2	13.7	7.2	7.3	9.0	11.3	7.4	10.1	13.2	14.9	14.4	12.0
2013	17.3	17.6	15.6	7.1	7.0	7.6	6.9	8.7	8.5	11.2	13.0	14.8	11.3



CUADRO 5: Precipitación Cojata

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HRS. ORIGINAL (mm)													
ESTACION	COJATA										CODIGO	157418	
CUENCA	Titicaca			LATITUD	15°01'31,5"	S	REGION	PUNO					
RIO				LONGITUD	69°21'49,3"	W	PROV	HUANCANE					
TIPO	CO			ALTITUD	4,380.00	m.s.n.m	DIST	COJATA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	23.0	38.2	31.2	13.2	12.4	0.1	7.5	2.5	6.5	13.5	16.7	9.4	14.5
1965	19.4	19.2	20.6	23.7	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	9.8	17.9	9.4
1966	20.5	38.0	14.0	8.0	28.0	0.0	0.0	0.0	12.7	8.7	7.2	37.0	14.5
1967	7.8	27.9	24.6	18.0	17.5	8.3	12.7	17.6	6.3	8.5	5.8	27.0	15.2
1968	24.8	16.0	5.2	10.0	3.9	0.0	26.4	3.9	19.8	10.2	17.0	16.4	12.8
1969	15.2	10.0	13.4	10.0	1.6	2.5	22.3	3.9	8.2	13.5	18.2	13.2	11.0
1970	23.2	17.4	23.6	33.5	4.5	0.0	2.3	3.7	25.2	11.4	16.7	17.6	14.9
1971	37.3	18.9	15.6	4.0	2.3	0.6	0.0	1.5	6.8	25.5	19.7	17.8	12.5
1972	34.3	48.4	16.4	14.8	0.0	0.0	2.0	7.5	5.9	14.5	18.5	11.0	14.4
1973	17.6	15.7	12.0	22.0	12.4	4.2	1.2	1.0	14.9	21.7	12.2	21.8	13.1
1974	19.9	21.3	12.4	12.3	3.0	5.0	0.0	13.5	9.0	15.6	17.8	25.0	12.9
1975	22.5	20.7	34.6	3.7	14.0	4.8	0.0	1.0	8.5	13.7	15.7	32.6	14.3
1976	23.0	13.1	18.0	18.0	10.0	10.8	5.0	11.3	19.2	4.8	5.0	22.0	13.4
1977	20.0	19.0	19.8	25.0	14.0	9.9	0.0	0.0	12.0	18.3	13.0	37.0	15.7
1978	18.0	30.0	16.0	15.0	0.0	8.0	0.0	0.0	16.0	0.0	29.0	33.4	13.8
1979	20.0	12.4	19.8	24.8	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	8.3	18.6	13.0	9.9
1980	29.6	15.0	21.0	6.1	15.7	1.4	5.3	10.0	10.0	18.2	18.0	19.2	14.1
1981	24.7	25.0	15.8	35.0	3.0	4.2	0.0	13.5	69.0	18.3	12.0	26.0	20.5
1982	30.0	10.5	32.6	17.1	8.3	0.0	0.0	9.7	11.8	14.0	25.0	33.1	16.0
1983	16.9	31.0	29.0	34.0	8.3	0.0	0.0	7.0	9.5	20.2	9.7	18.6	15.4
1984	20.2	29.0	20.5	12.0	0.0	8.0	8.0	14.0	5.8	16.3	13.7	33.6	15.1
1985	38.9	20.4	28.0	20.0	6.0	7.0	0.0	0.0	15.1	16.8	27.0	27.9	17.3
1986	20.2	14.7	22.0	15.3	10.2	0.0	3.5	15.9	12.5	8.3	18.6	31.0	14.4
1987	24.8	13.5	15.0	35.1	13.3	26.0	10.4	3.6	4.6	13.5	19.7	0.0	15.0
1988	33.2	38.6	17.6	20.0	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	26.3	0.0	19.8	14.4
1989	24.8	15.0	15.6	14.7	3.2	5.3	1.8	9.8	1.2	4.8	10.4	15.3	10.2
1990	15.8	15.7	25.0	8.5	3.7	21.2	0.0	4.9	6.0	11.5	15.6	24.9	12.7
1991	26.7	14.0	18.3	16.4	6.2	14.0	0.0	0.0	5.0	12.8	13.0	23.8	12.5
1992	24.9	18.4	21.2	4.4	0.0	9.3	0.0	29.7	13.4	7.1	28.3	55.5	17.7
1993	20.7	17.1	12.0	4.4	0.0	9.3	3.7	15.7	8.9	19.2	13.5	15.9	11.7
1994	19.9	21.5	34.0	18.7	10.6	5.9	0.0	0.0	18.2	16.8	21.0	22.5	15.8
1995	27.5	14.8	13.7	9.3	5.8	0.0	4.6	0.0	7.7	10.0	14.0	16.4	10.3
1996	20.2	12.6	19.2	15.1	12.2	0.0	5.3	9.8	12.9	17.0	13.7	17.4	13.0
1997	15.3	26.0	45.4	14.5	4.1	0.0	5.9	7.2	8.5	25.1	14.9	9.4	14.7
1998	15.0	20.0	17.4	22.1	0.0	7.2	0.0	3.6	2.3	15.8	20.4	13.7	11.5
1999	21.6	25.4	32.5	11.7	7.8	4.9	3.4	0.0	11.4	9.8	14.7	27.2	14.2
2000	20.8	16.7	15.5	7.9	5.8	8.7	5.4	11.9	10.6	21.6	7.8	19.5	12.7
2001	24.2	12.4	17.6	8.9	27.2	6.8	7.2	9.5	8.3	22.1	17.0	28.1	15.8
2002	10.0	34.4	10.7	15.0	18.2	0.4	5.9	5.6	13.8	11.8	22.8	12.1	13.4
2003	61.1	25.7	21.5	10.0	4.4	6.8	0.0	14.4	5.2	9.9	12.6	18.5	15.8
2004	30.6	10.1	14.7	12.6	4.4	3.4	2.2	6.2	9.0	5.7	12.2	8.1	9.9
2005	19.2	13.5	7.3	8.2	0.8	0.0	1.6	1.8	6.4	19.1	10.6	7.6	8.0
2006	40.9	12.3	15.0	10.2	2.3	0.0	0.0	3.2	11.0	13.4	9.8	9.8	10.7
2007	29.6	13.9	21.0	11.1	9.3	0.0	0.0	2.9	9.8	5.5	16.0	24.5	12.0
2008	15.8	14.2	19.6	8.4	3.1	8.5	0.0	2.5	6.1	16.1	12.2	22.6	10.8
2009	25.0	9.7	9.8	4.2	1.3	0.0	3.6	0.0	5.8	12.9	20.3	22.2	9.6
2010	17.6	17.9	20.8	7.7	5.8	0.2	2.0	1.0	0.4	7.9	1.3	35.6	9.9
2011	13.9	17.5	13.6	10.1	6.2	0.5	4.4	8.5	9.6	11.8	13.4	12.2	10.1
2012	12.8	13.5	11.4	8.4	8.5	9.3	10.3	8.5	9.8	11.2	12.0	11.8	10.6
2013	13.1	13.2	12.3	8.4	8.4	8.6	8.3	9.1	9.1	10.3	11.1	11.9	10.3



CUADRO 6: Precipitación Huancané

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HRS. ORIGINAL (mm)													
ESTACION	HUANCANE											CODIGO	110786
CUENCA	Titicaca				LATITUD	15°12'05.4"	S	REGION	PUNO				
RIO					LONGITUD	69°45'12.8"	W	PROV	HUANCANE				
TIPO	CO				ALTITUD	3.890.00	m.s.n.m	DIST	HUANCANE				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	13.0	14.0	34.0	19.0	11.0	0.0	0.0	1.2	4.0	4.0	48.0	8.0	13.0
1965	35.0	28.5	18.0	8.0	1.5	0.0	3.0	2.0	8.0	14.0	17.0	25.0	13.3
1966	34.0	49.0	24.5	11.0	31.5	0.0	0.0	0.0	11.6	10.0	17.0	23.0	17.6
1967	6.0	21.0	16.0	2.0	7.0	1.0	13.0	5.0	11.0	18.0	5.8	54.2	13.3
1968	14.4	35.4	30.5	14.0	6.5	5.4	5.8	5.0	26.6	13.8	27.7	26.5	17.6
1969	20.0	31.2	25.0	9.2	0.0	2.2	7.5	8.2	7.2	5.2	16.5	7.5	11.6
1970	47.5	8.5	31.2	10.0	6.2	1.0	0.0	0.0	12.0	20.0	17.0	34.0	15.6
1971	19.0	44.0	18.5	3.5	1.0	1.0	0.0	1.5	0.0	12.4	20.8	13.4	11.3
1972	33.0	35.0	17.0	6.0	0.0	0.0	4.5	5.0	32.0	5.8	29.5	29.0	16.4
1973	23.0	9.2	39.5	17.5	3.5	0.0	0.0	5.5	28.8	17.0	4.5	15.0	13.6
1974	29.6	22.6	22.5	15.0	0.0	2.5	0.0	12.0	14.0	9.0	39.0	12.0	14.9
1975	21.0	36.0	17.5	10.0	5.5	0.0	0.0	0.0	3.0	30.5	6.0	20.0	12.5
1976	15.0	15.0	5.2	0.0	9.0	4.5	1.8	10.5	11.0	24.7	13.5	16.8	10.6
1977	6.8	34.1	19.0	0.0	1.8	0.0	1.9	3.2	19.0	19.0	21.0	13.6	11.6
1978	18.8	45.2	37.0	16.8	0.1	4.8	6.8	0.1	11.8	18.0	44.2	42.2	20.5
1979	36.8	34.8	7.4	23.2	1.6	0.0	2.8	6.8	1.6	16.6	33.0	22.3	15.6
1980	25.4	23.3	32.4	11.2	7.0	0.1	2.6	4.8	27.4	24.0	10.2	23.0	16.0
1981	42.2	26.2	26.4	34.8	11.2	0.1	0.0	8.8	12.0	24.8	8.8	35.2	19.2
1982	38.2	18.2	34.8	14.2	1.2	1.2	0.0	4.2	8.6	9.8	32.8	28.2	16.0
1983	18.2	21.2	13.2	9.6	7.8	1.0	0.0	1.4	12.2	15.6	16.0	19.8	11.3
1984	21.2	26.0	29.2	14.2	9.6	4.2	0.0	4.8	1.4	38.6	46.6	24.2	18.3
1985	22.8	9.8	26.4	42.2	6.2	10.4	0.0	2.2	29.6	15.6	39.0	31.8	19.7
1986	35.8	39.4	35.2	14.4	4.8	0.0	5.6	16.2	13.8	8.4	20.2	19.8	17.8
1987	58.0	7.2	25.2	7.9	7.9	8.8	8.8	9.8	5.4	21.2	32.3	15.2	17.3
1988	52.4	18.2	43.2	30.2	19.2	0.0	0.0	6.3	15.8	4.0	19.6		17.4
1989	32.0	31.2	15.2	15.8	1.8	2.0	1.0	7.4	9.0	6.0	13.6	35.0	14.2
1990	21.6	23.6	15.2	6.9	9.6	23.2	0.0	16.2	16.1	13.6	21.2	23.8	15.9
1991	23.9	58.0	44.2	6.6	12.8	24.6	1.0	0.6	12.6	5.4	20.4	38.0	20.7
1992	15.3	14.0	29.8	3.8	0.0	9.6	8.8	48.5	10.6	24.6	14.3	27.9	17.3
1993	25.5	17.8	21.5	19.1	7.2	2.1	0.0	4.6	3.6	21.5	32.0	31.2	15.5
1994	20.0	24.0	68.7	15.2	14.0	1.8	0.0	0.0	6.6	10.2	15.9	41.1	18.1
1995	16.2	22.9	16.8	9.7	1.2	0.0	0.8	1.2	8.3	11.0	35.0	15.6	11.6
1996	50.2	10.5	19.3	9.2	1.3	0.0	7.6	2.7	4.7	7.4	19.2	51.6	15.3
1997	35.6	34.0	30.2	24.3	7.4	0.0	0.0	11.0	13.1	8.6	28.1	15.0	17.3
1998	28.5	17.2	24.0	14.8	0.0	2.9	0.0	0.5	2.3	14.1	54.5	21.1	15.0
1999	26.1	11.6	45.0	43.7	9.2	0.5	1.3	0.9	10.8	15.9	25.3	13.4	17.0
2000	13.0	14.6	19.6	5.5	7.8	3.0	0.5	9.4	10.5	17.8	13.7	28.4	12.0
2001	24.8	24.9	29.7	5.9	10.5	3.5	2.8	5.9	2.3	28.2	12.0	25.7	14.7
2002	15.0	30.9	22.6	32.0	5.9	4.8	10.0	2.0	8.3	29.6	20.0	25.3	17.2
2003	26.8	32.3	31.3	19.0	1.6	11.0	1.1	1.6	6.9	27.2	19.9	39.2	18.2
2004	33.1	32.2	23.5	11.4	2.5	2.3	5.4	19.0	7.8	13.6	32.7	35.9	18.3
2005	15.2	19.3	26.4	4.5	0.5	0.0	0.0	4.6	12.6	18.5	13.8	25.0	11.7
2006	31.6	14.9	19.4	20.2	0.5	1.0	0.0	2.6	8.3	26.5	11.0	22.0	13.2
2007	29.2	22.2	34.6	18.9	2.6	0.0	1.4	0.7	21.8	3.6	19.6	25.7	15.0
2008	23.0	36.6	15.9	3.3	7.3	0.0	0.0	0.0	2.6	16.6	13.5	43.9	13.6
2009	21.0	25.3	16.5	6.7	0.5	0.0	1.6	0.0	10.0	4.5	18.0	16.8	10.1
2010	20.6	13.1	9.5	10.5	13.5	0.0	0.0	0.0	0.3	12.6	0.4	19.7	8.4
2011	15.1	32.2	15.9	15.6	3.9	0.0	3.0	0.8	4.2	10.6	15.4	11.7	10.7
2012	13.7	15.7	9.6	0.7	0.8	3.2	6.3	1.0	4.7	8.9	11.2	10.5	7.2
2013	14.5	14.8	12.2	0.6	0.5	1.3	0.3	2.7	2.5	6.2	8.6	11.0	6.3

5.3 ANALISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACION METEOROLÓGICA

5.3.1. ANALISIS VISUAL DE HIDROGRAMAS

Se aprecia un comportamiento hidrológico similar en todos los hidrogramas, existiendo algunos picos que no coinciden cronológicamente; en este análisis no se debe de confundirse un salto con un periodo seco y húmedo, porque ellos son eventos extremos realmente ocurridos y se presentan generalmente en todas las variables meteorológicas.

5.3.2. ANALISIS DE DOBLE MASA

Para este análisis se ha tomado como estación base la de Huaraya-Moho, esto debido a que se encuentra más cercana a la cuenca en estudio, en el análisis de doble masa no debe confundirse los quiebres de los periodos secos y húmedos, los datos completados a los datos faltantes con el promedio mensual y de las estaciones vecinas (es solo para el análisis de doble masa); ello puede conllevar a un problema que no tendría una justificación al respecto cuando se corrige dicha información y en general no debe corregirse porque son eventos extremos naturalmente ocurridos que se muestran en todas las estaciones de registro meteorológico por lo que se muestran los hidrogramas en las Figuras 21, 22, 23.

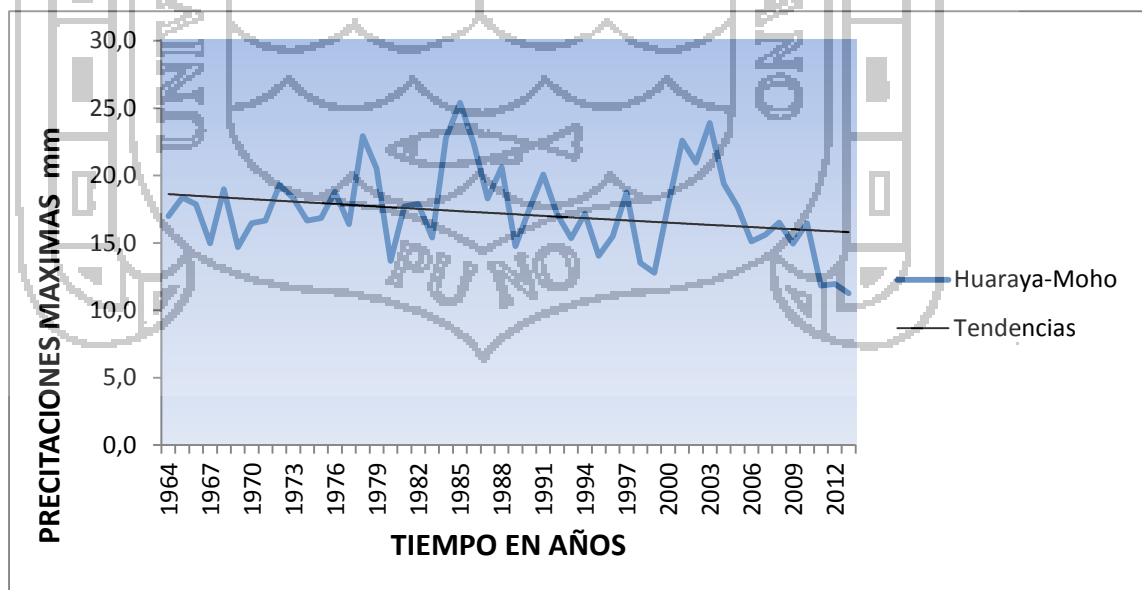


Figura 21: Hidrograma Huaraya Moho

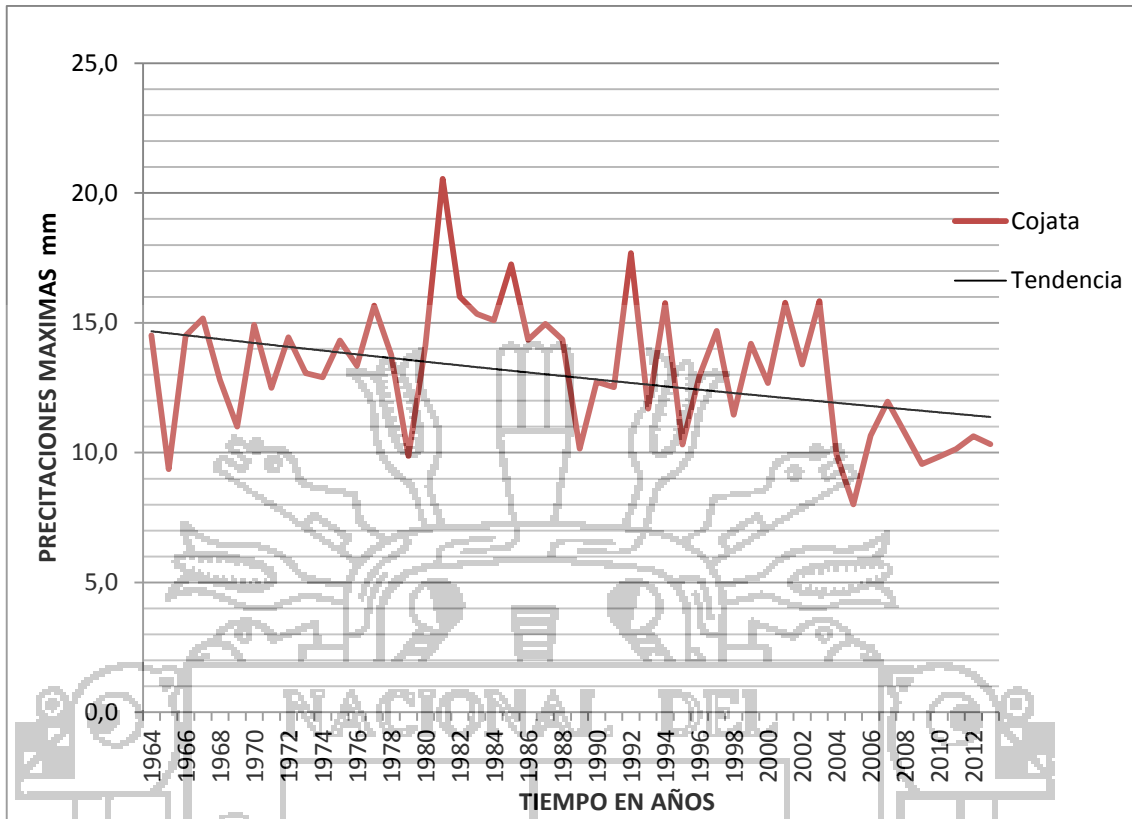


Figura 22: Hidrograma Cojata

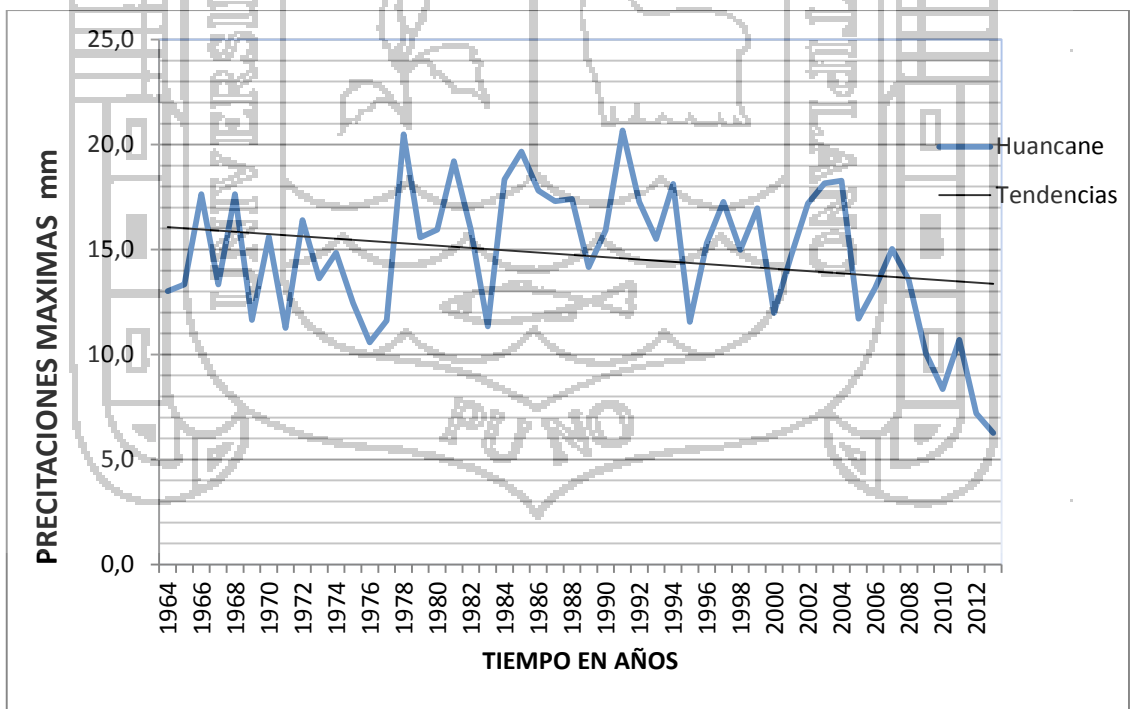


Figura 23: Hidrograma Huancané



CUADRO 7: Análisis de Doble Masa

ESTACION	MOHO - HUARAYA		COJATA		HUANCANE		PROMEDIO	
AÑO	P	P Acum	P	P Acum	P	P Acum	P	P Acum
1964	17.0	17.0	14.5	14.5	13.0	13.0	14.8	14.8
1965	18.4	35.4	9.4	23.9	13.3	26.4	13.7	28.5
1966	17.9	53.2	14.5	38.4	17.6	44.0	16.7	45.2
1967	15.0	68.2	15.2	53.6	13.3	57.3	14.5	59.7
1968	19.0	87.2	12.8	66.4	17.6	75.0	16.5	76.2
1969	14.7	101.9	11.0	77.4	11.6	86.6	12.4	88.6
1970	16.5	118.3	14.9	92.3	15.6	102.2	15.7	104.3
1971	16.7	135.0	12.5	104.8	11.3	113.5	13.5	117.7
1972	19.3	154.3	14.4	119.2	16.4	129.9	16.7	134.5
1973	18.3	172.6	13.1	132.3	13.6	143.5	15.0	149.5
1974	16.7	189.3	12.9	145.2	14.9	158.3	14.8	164.3
1975	16.9	206.1	14.3	159.5	12.5	170.8	14.5	178.8
1976	18.8	224.9	13.4	172.9	10.6	181.4	14.2	193.1
1977	16.4	241.3	15.7	188.5	11.6	193.0	14.6	207.6
1978	22.9	264.3	13.8	202.3	20.5	213.5	19.1	226.7
1979	20.5	284.8	9.9	212.2	15.6	229.1	15.3	242.0
1980	13.7	298.5	14.1	226.3	16.0	245.0	14.6	256.6
1981	17.7	316.2	20.5	246.8	19.2	264.2	19.2	275.7
1982	17.9	334.1	16.0	262.8	16.0	280.2	16.6	292.4
1983	15.4	349.5	15.4	278.2	11.3	291.5	14.0	306.4
1984	22.8	372.3	15.1	293.3	18.3	309.8	18.7	325.1
1985	25.4	397.7	17.3	310.5	19.7	329.5	20.8	345.9
1986	22.4	420.1	14.4	324.9	17.8	347.3	18.2	364.1
1987	18.3	438.4	15.0	339.9	17.3	364.6	16.9	380.9
1988	20.6	459.0	14.4	354.2	17.4	382.0	17.5	398.4
1989	14.8	473.8	10.2	364.4	14.2	396.2	13.0	411.4
1990	17.5	491.2	12.7	377.1	15.9	412.1	15.4	426.8
1991	20.1	511.3	12.5	389.6	20.7	432.8	17.8	444.6
1992	17.1	528.5	17.7	407.3	17.3	450.0	17.4	461.9
1993	15.3	543.8	11.7	419.0	15.5	465.6	14.2	476.1
1994	17.2	561.0	15.8	434.8	18.1	483.7	17.0	493.1
1995	14.1	575.0	10.3	445.1	11.6	495.2	12.0	505.1
1996	15.5	590.5	13.0	458.0	15.3	510.5	14.6	519.7
1997	18.8	609.3	14.7	472.7	17.3	527.8	16.9	536.6
1998	13.5	622.8	11.5	484.2	15.0	542.8	13.3	549.9
1999	12.8	635.6	14.2	498.4	17.0	559.8	14.7	564.6
2000	17.8	653.4	12.7	511.1	12.0	571.8	14.2	578.7
2001	22.6	676.0	15.8	526.8	14.7	586.5	17.7	596.4
2002	21.0	696.9	13.4	540.2	17.2	603.7	17.2	613.6
2003	23.9	720.8	15.8	556.1	18.2	621.8	19.3	632.9
2004	19.4	740.2	9.9	566.0	18.3	640.1	15.9	648.8
2005	17.7	757.9	8.0	574.0	14.7	651.8	12.5	661.2
2006	15.1	773.0	10.7	584.7	13.2	665.0	13.0	674.2
2007	15.6	788.6	12.0	596.6	15.0	680.0	14.2	688.4
2008	16.5	805.1	10.8	607.4	13.6	693.5	13.6	702.0
2009	14.9	820.1	9.6	617.0	10.1	703.6	11.5	713.5
2010	16.5	836.5	9.9	626.8	8.4	712.0	11.6	725.1
2011	11.8	848.4	10.1	636.9	10.7	722.7	10.9	736.0
2012	12.0	860.3	10.6	647.6	7.2	729.9	9.9	745.9
2013	11.3	871.6	10.3	657.9	6.3	736.1	9.3	755.2
N° DATOS	50	50	50	50	50	50	50	50
MEDIA	17.4	454.6	13.2	348.8	14.7	386.9	15.1	396.8
DESV.STD	3.1	258.7	2.5	196.4	3.3	224.3	2.5	226.4
MIN	11.3	17.0	8.0	14.5	6.3	13.0	9.3	14.8
MAX	25.4	871.6	20.5	657.9	20.7	736.1	20.8	755.2
MEDIANA	17.2	466.4	13.2	359.3	15.2	389.1	14.7	404.9

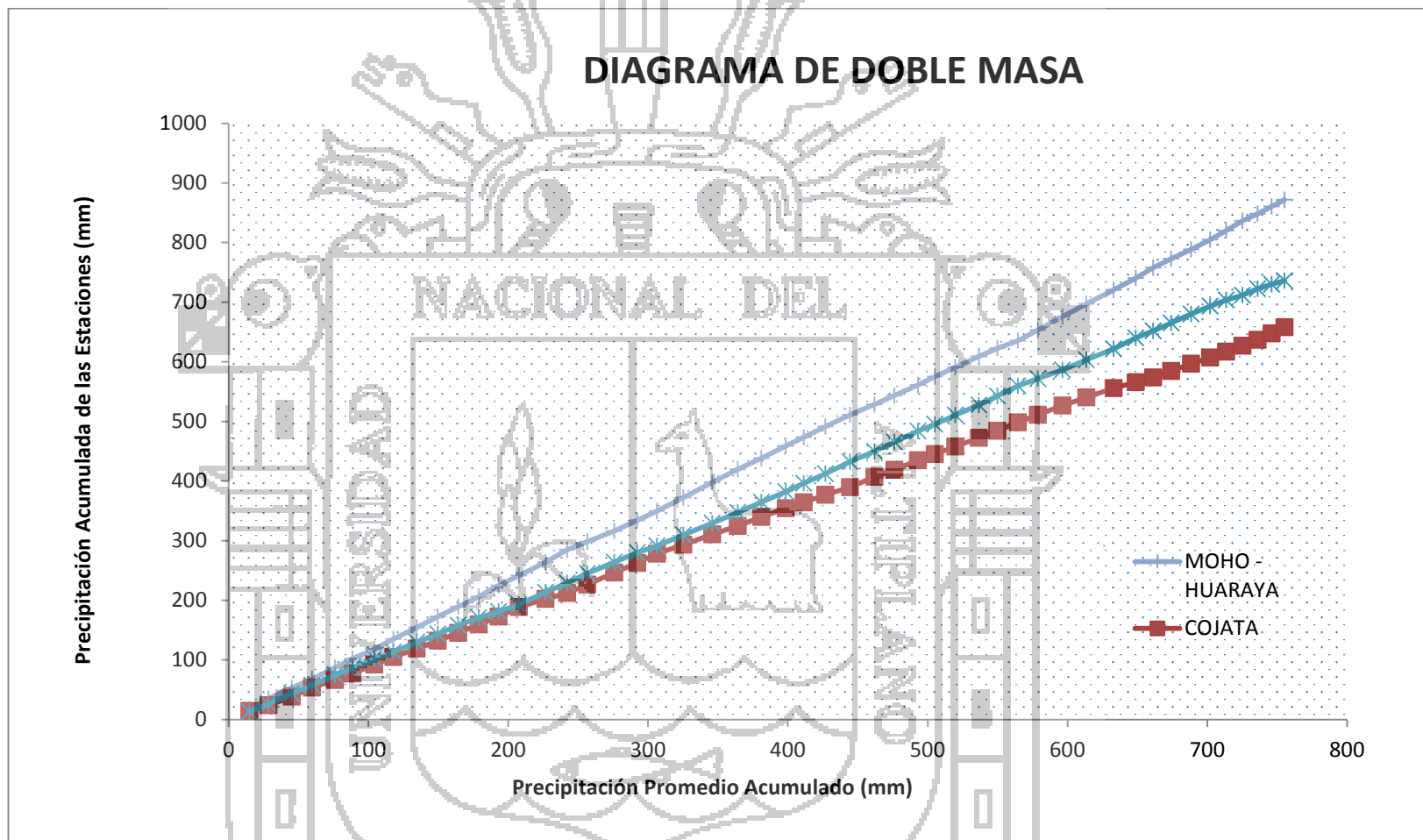


Figura 24: Diagrama Doble Masa

5.3.3. ANALISIS ESTADISTICO

a) Análisis de Saltos

Este incluye el análisis de saltos tanto en la media como en la desviación estándar de las precipitaciones mensuales históricas que se encuentran en este estudio.

Realizado este análisis se conoce que los Saltos son insignificativos tanto en la media como en la desviación estándar. Estos a su vez se muestra en el cuadro N° 8.

b) Análisis de Tendencias

Consiste en realizar el análisis de Tendencias en los dos parámetros respectivos como Tendencia en la Media y Desviación Estándar respectivamente, concluyendo que no existe una tendencia significativa en los parámetros analizados de todas las estaciones consideradas en esta.

Finalmente, después de evaluar con los tres tipos de análisis, se concluye que la información de precipitaciones mensuales consideradas para este estudio, es consistente y confiable, puesto que la variación para la estación huaraya moho es de 1,9 para la media y 2,0 desviación estándar lo que equivale a menos del 5%, por lo que se procede a la completación y extensión de registros y posteriormente a su respectivo uso en el Modelamiento hidrológico.

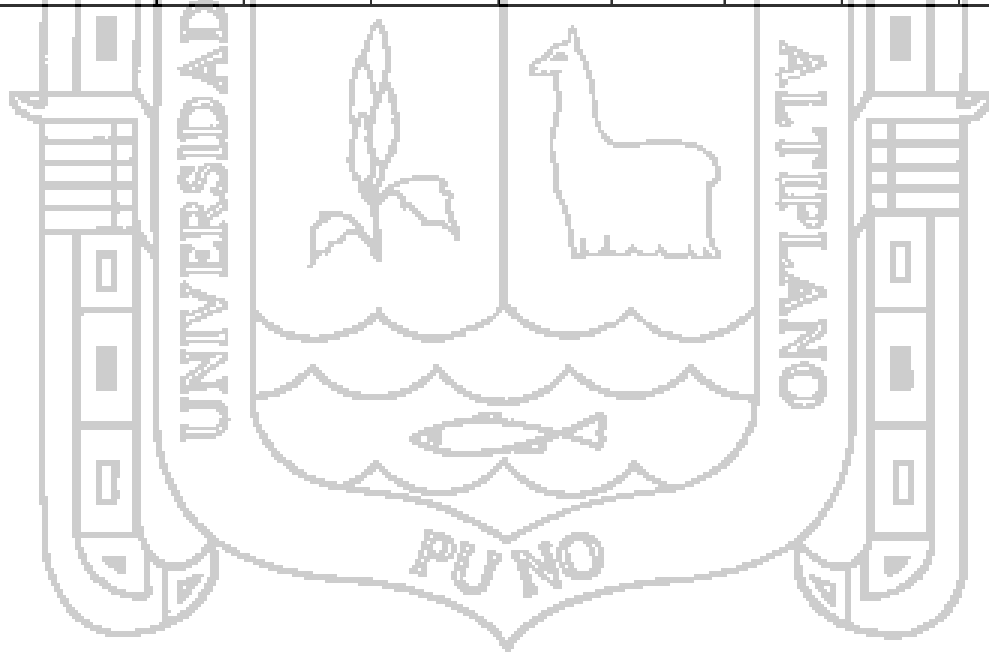
Con mayor detalle los resultados se exponen en el cuadro N° 8 y 9.



CUADRO 8: Análisis de Saltos

Variable Hidrometeorológica: Precipitación Maxima 24 Hrs.

ESTACION	PERIODO DE ANALISIS		NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR			CONSISTENCIA EN LA MEDIA				CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR			
			N° DATOS	PROMEDIO	DESV.EST.	T calculada Tc	T tabla (95%) Tt	Comparación	Diferencia Significativa	F calculada Fc	F tabla (95%) Ft	Comparación	Diferencia Significativa
MOHO - HUARAYA	n ₁ , PD	SET.1964 - DIC.1987	288	18.26	13.90	1.0051	1.9641	[Tc] < Tt	NO	1.0130	1.2151	Fc < Ft	NO
	n ₂ , PC	ENE.1988 - JUL.2013	286	17.09	13.99								
COJATA	n ₁ , PC	FEB.1964 - DIC.1977	168	13.47	9.91	0.3021	1.9641	[Tc] < Tt	NO	1.0573	1.2458	Fc < Ft	NO
	n ₂ , PD	ENE.1978 - JUL.2013	408	13.19	10.19								
HUANCANE	n ₁ , PC	ENE.1964 - DIC.1987	288	15.19	12.92	0.2516	1.9641	[Tc] < Tt	NO	1.0125	1.2147	Fc < Ft	NO
	n ₂ , PD	ENE.1988 - JUL.2013	288	14.92	12.84								





CUADRO 9: Análisis de Tendencias

Variable Hidrometeorológica: Precipitación mensual

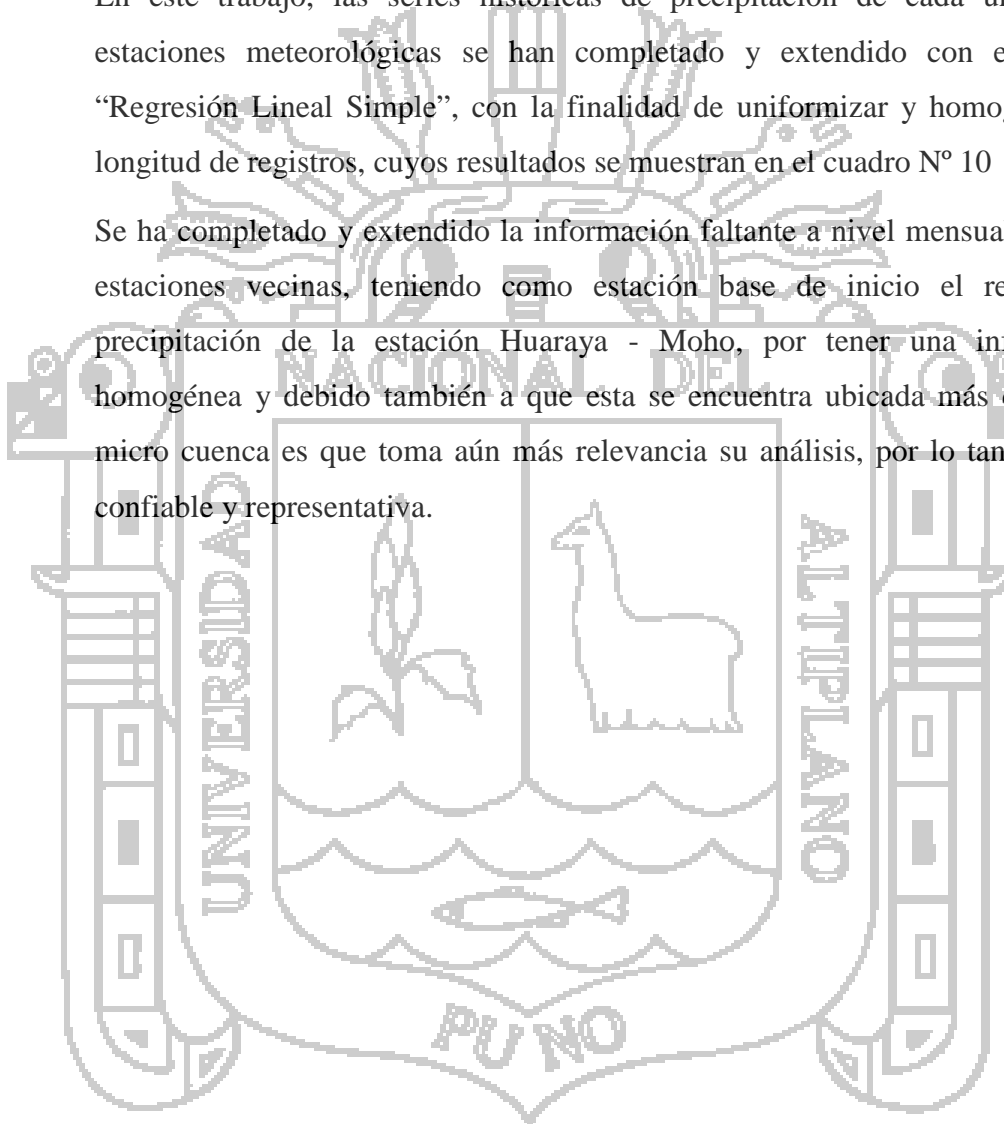
ESTACION	TENDENCIA EN LA:	MEDIA, DESVEST, COEFICIENTES DE REGRESION Y NUMERO DE DATOS DE LAS TENDENCIAS EN LA MEDIA Y EN LA DESVIACION ESTANDAR							ANALISIS ESTADISTICO DE LA TENDENCIA EN LA MEDIA Y EN LA DESVIACION ESTANDAR			
		PARAMETROS		COEFICIENTES DE REGRESION			COEFICIENTE CORRELACION R	N° DATOS	ESTADISTICO T		COMPARACION	TENDENCIA SIGNIFICATIVA
		MEDIA	DESV.EST.	Am	Bm	Cm			T calculada Tc	T tabla (95%) Tt		
MOHO - HUARAYA	MEDIA (Tm)	57.08	58.76	57.9380	-0.0030	-	-0.0084	571	-0.2004	1.9641	[Tc] < Tt	NO
	DESV.EST (Ts)	57.24	16.98	55.9611	0.0522	-	0.0430	48	0.2919	2.0117	[Tc] < Tt	NO
COJATA	MEDIA (Tm)	66.40	74.34	69.3158	-0.0030	-	-0.0226	477	-0.4927	1.9650	[Tc] < Tt	NO
	DESV.EST (Ts)	72.52	19.40	72.9798	0.0522	-	-0.0135	43	-0.0865	2.0181	[Tc] < Tt	NO
HUANCANE	MEDIA (Tm)	51.43	55.00	47.2390	-0.0030	-	0.0439	507	0.9875	1.9647	[Tc] < Tt	NO
	DESV.EST (Ts)	53.90	13.97	47.0712	0.0522	-	0.2791	43	-1.8611	2.0181	[Tc] < Tt	NO

5.4 COMPLETACION Y EXTENSION DE LA INFORMACION METEOROLOGICA

Se completó y extendió, teniendo en cuenta que el coeficiente de correlación sea significativo a la prueba “T” de Students (Tt) con un 95% de probabilidad.

En este trabajo, las series históricas de precipitación de cada una de las estaciones meteorológicas se han completado y extendido con el modelo “Regresión Lineal Simple”, con la finalidad de uniformizar y homogenizar la longitud de registros, cuyos resultados se muestran en el cuadro N° 10

Se ha completado y extendido la información faltante a nivel mensual entre las estaciones vecinas, teniendo como estación base de inicio el registro de precipitación de la estación Huaraya - Moho, por tener una información homogénea y debido también a que esta se encuentra ubicada más cerca a la micro cuenca es que toma aún más relevancia su análisis, por lo tanto es más confiable y representativa.





CUADRO 10: Precipitación Completada y Extendida

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HRS. COMPLETADA Y EXTENDIDA (mm)													
ESTACION	HUARAYA - MOHO										CODIGO	12114	
CUENCA	TITICACA				LATITUD	15°23'17.8"	S	REGION	PUNO				
RIO					LONGITUD	69°29'03.4"	W	PROV	MOHO				
TIPO	CO				ALTITUD	3,890.00	m.s.n.m	DIST	MOHO				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	16.5	43.6	33.8	31.5	29.5	0.0	0.0	1.4	7.1	0.0	16.8	23.6	17.0
1965	58.3	33.7	27.6	11.0	3.0	0.8	5.0	0.5	14.2	26.3	0.0	40.0	18.4
1966	56.2	25.0	50.0	23.9	0.0	0.0	0.0	0.5	8.5	9.4	14.2	26.8	17.9
1967	12.1	18.8	46.0	0.5	13.2	7.3	12.0	12.0	21.0	0.0	5.4	31.3	15.0
1968	22.0	40.0	20.2	29.5	10.0	2.5	18.6	6.5	15.0	0.0	32.0	31.5	19.0
1969	15.0	18.2	30.5	7.0	3.5	0.1	17.1	7.8	8.2	5.7	41.2	22.1	14.7
1970	24.8	18.5	22.0	22.6	21.3	0.8	0.2	0.6	18.1	20.0	17.3	31.3	16.5
1971	34.9	42.5	17.3	15.0	3.2	0.6	0.0	22.0	2.0	19.0	19.7	23.6	16.7
1972	35.6	45.0	24.3	17.4	3.2	0.0	2.0	3.6	20.4	23.0	18.5	38.7	19.3
1973	20.7	32.2	16.3	18.5	13.6	1.8	6.0	15.0	26.1	17.3	16.0	36.5	18.3
1974	42.2	51.0	16.2	14.7	0.9	7.8	0.0	5.7	5.7	9.8	16.7	29.1	16.7
1975	30.0	31.7	31.0	15.0	21.6	5.6	0.0	0.4	15.2	19.1	10.6	22.1	16.9
1976	28.4	19.9	23.6	14.0	50.5	8.6	7.0	2.7	25.5	8.7	5.0	31.8	18.8
1977	23.7	27.0	27.2	2.1	29.5	0.3	2.0	0.2	11.1	19.2	21.3	33.1	16.4
1978	55.4	39.8	38.9	23.2	3.0	11.2	1.5	1.3	9.6	19.3	25.8	46.3	22.9
1979	34.5	32.4	27.5	22.9	3.1	0.0	6.8	8.0	9.3	18.8	28.5	54.7	20.5
1980	31.6	22.5	20.5	13.3	1.5	1.9	9.5	15.0	15.2	15.9	7.2	9.8	13.7
1981	42.6	24.6	13.2	21.5	5.0	1.0	0.0	17.2	27.8	21.2	10.6	27.8	17.7
1982	39.0	22.1	18.4	25.3	3.0	0.3	1.6	5.3	31.4	25.7	20.5	22.2	17.9
1983	20.0	22.5	15.8	19.3	25.8	5.9	3.0	1.4	23.6	26.6	11.4	9.6	15.4
1984	53.3	39.0	32.0	5.7	14.5	22.2	1.0	11.6	1.0	8.3	23.2	62.0	22.8
1985	41.8	23.3	33.5	38.6	8.5	10.7	0.2	1.0	25.2	22.0	48.4	51.6	25.4
1986	30.0	37.8	22.6	14.6	30.5	0.0	15.1	27.3	13.5	11.6	31.0	34.2	22.4
1987	27.9	21.1	38.0	15.0	7.0	4.6	17.7	12.3	4.8	14.6	22.1	34.5	18.3
1988	63.2	49.3	54.7	22.2	20.3	0.0	0.0	0.0	1.7	16.7	5.8	13.7	20.6
1989	21.7	31.4	18.0	21.2	21.0	5.2	3.0	12.8	6.6	14.6	10.8	10.8	14.8
1990	25.5	24.8	21.9	19.0	3.4	26.4	0.0	7.2	12.3	24.7	24.5	20.2	17.5
1991	29.2	45.2	32.3	10.2	13.0	24.5	0.0	6.8	10.4	6.4	25.4	37.6	20.1
1992	21.3	17.2	19.0	10.5	0.0	20.2	1.5	51.0	2.8	21.5	8.5	32.0	17.1
1993	45.3	11.7	12.2	19.7	10.9	15.6	1.4	4.2	8.5	14.7	19.7	20.2	15.3
1994	33.8	23.1	26.5	28.2	21.2	1.8	0.0	2.0	2.0	10.7	15.4	41.5	17.2
1995	17.8	33.4	20.7	4.3	10.0	0.0	0.0	1.4	11.8	12.7	28.4	28.1	14.1
1996	37.0	19.6	38.7	11.0	3.0	0.0	6.0	2.6	9.6	6.2	24.6	27.7	15.5
1997	46.0	24.0	24.3	23.4	7.2	0.0	0.2	15.2	15.6	13.4	31.2	24.6	18.8
1998	28.7	31.6	34.5	15.0	0.0	11.0	0.0	2.0	1.6	8.8	17.6	11.5	13.5
1999	13.6	12.6	50.5	17.5	4.0	0.5	0.4	0.8	12.4	15.6	15.0	10.5	12.8
2000	29.8	16.5	39.5	18.0	5.9	4.4	0.0	14.2	6.5	26.6	18.5	33.6	17.8
2001	62.0	30.4	27.0	20.4	13.8	5.1	18.3	4.3	3.4	25.5	15.6	45.3	22.6
2002	38.6	43.8	41.2	10.4	9.3	2.0	10.2	5.8	15.3	23.1	35.3	16.5	21.0
2003	39.4	40.1	36.4	18.5	10.2	10.6	7.2	7.8	17.7	17.4	7.2	74.3	23.9
2004	52.4	22.5	35.5	13.8	3.1	5.8	8.4	25.9	7.2	7.3	35.3	15.4	19.4
2005	24.7	27.8	6.2	34.9	0.5	0.0	0.0	9.0	17.2	22.8	33.2	35.8	17.7
2006	34.8	26.8	22.1	11.9	2.4	0.0	0.0	0.9	26.7	9.6	24.0	22.2	15.1
2007	26.4	28.5	32.1	25.6	3.6	0.0	2.2	0.0	16.9	21.1	24.4	23.0	17.0
2008	34.5	30.5	42.0	3.0	18.0	0.0	0.0	0.0	3.6	26.6	6.3	33.6	16.5
2009	21.3	20.2	21.4	6.6	2.2	0.0	4.6	0.0	3.6	37.6	38.6	23.2	14.9
2010	29.8	42.6	13.7	12.2	20.6	0.9	0.0	4.7	1.4	20.4	0.5	48.1	16.2
2011	10.6	29.5	22.0	5.0	6.2	0.0	4.1	7.3	9.8	14.5	18.0	15.3	11.8
2012	16.7	18.2	13.7	7.2	7.3	9.0	11.3	7.4	10.1	13.2	14.9	14.4	12.0
2013	17.3	17.6	15.6	7.1	7.0	7.6	6.9	8.7	8.5	11.2	13.0	14.8	11.3
N° DATOS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
MEDIA	32.4	29.0	27.4	16.4	10.6	4.9	4.2	7.6	12.1	16.1	19.5	29.4	17.5
DESV.STD	13.3	9.9	10.9	8.4	10.2	6.7	5.5	9.1	7.9	7.8	10.5	13.7	3.1
MIN	10.6	11.7	6.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	9.6	11.3
MAX	63.2	51.0	54.7	38.6	50.5	26.4	18.6	51.0	31.4	37.6	48.4	74.3	25.4
MEDIANA	29.9	27.4	25.4	15.0	7.1	1.8	1.6	5.5	10.3	16.3	18.2	28.0	17.2

5.5 DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS Y ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE DATOS HIDROLÓGICOS

Como parte del estudio se realizó las distribuciones estadísticas mencionadas a continuación:

- Distribución log normal de 2 parámetros.
- Distribución log normal de 3 parámetros.
- Distribución log Pearson tipo III
- Distribución valor extremo tipo I y/o Gumbel

Para el mejor desarrollo del proceso de análisis de distribución estadística y el análisis de frecuencia se considera solo la estación de Huaraya - Moho, debido a que esta se encuentra más cercana a la cuenca en estudio.

Es importante realizar las funciones de distribución ya que con su aplicación se podrá determinar las precipitaciones máximas diarias, para diferentes periodos de retorno, en nuestro estudio determinaremos las precipitaciones para periodos de retorno $T= 5, 10, 15, 20, 25, 50$ y 100 años respectivamente.

Todo este trabajo se realizó con el software de Hidroesta 2, el cual todo el procedimiento se encuentra detallado en el anexo "D"

CUADRO 11: Distribución Log Normal 2 Parámetros

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)
ESTACIÓN – HUARAYA MOHO

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=lnXi</i>
1	0.0196	51	74.3	4.30811
2	0.0392	25.5	63.2	4.14630
3	0.0588	17	62	4.12713
4	0.0784	12.75	62	4.12713
5	0.0980	10.2	58.3	4.06560
6	0.1176	8.5	56.2	4.02892
7	0.1373	7.2857	55.4	4.01458
8	0.1569	6.375	54.7	4.00186
9	0.1765	5.6667	52.4	3.95891
10	0.1961	5.1	51.6	3.94352
11	0.2157	4.6364	51	3.93183
12	0.2353	4.25	51	3.93183
13	0.2549	3.9231	50.5	3.92197
14	0.2745	3.6429	50.5	3.92197
15	0.2941	3.4	48.1	3.87328
16	0.3137	3.1875	46	3.82864
17	0.3333	3	46	3.82864
18	0.3529	2.8333	45.3	3.81331
19	0.3725	2.6842	45.2	3.81110
20	0.3922	2.55	45	3.80666
21	0.4118	2.42857	43.8	3.77963
22	0.4314	2.31818	43.6	3.77506
23	0.4510	2.21739	42.6	3.75185
24	0.4706	2.125	42.5	3.74950
25	0.4902	2.04	42	3.73767
26	0.5098	1.96154	41.5	3.72569
27	0.5294	1.88889	41.2	3.71844
28	0.5490	1.82143	40	3.68888
29	0.5686	1.75862	39.5	3.67630
30	0.5882	1.7	39	3.66356
31	0.6078	1.64516	38.7	3.65584
32	0.6275	1.59375	38.6	3.65325
33	0.6471	1.54545	38	3.63759
34	0.6667	1.5	37.8	3.63231
35	0.6863	1.45714	36.5	3.59731
36	0.7059	1.41667	35.8	3.57795
37	0.7255	1.37838	34.8	3.54962
38	0.7451	1.34211	34.5	3.54096
39	0.7647	1.30769	33.4	3.50856
40	0.7843	1.275	33.1	3.49953
41	0.8039	1.24390	31.7	3.45632
42	0.8235	1.21429	31.6	3.45316
43	0.8431	1.18605	31.4	3.44681
44	0.8627	1.15909	31.3	3.44362
45	0.8824	1.13333	29.5	3.38439
46	0.9020	1.10870	28.5	3.34990
47	0.9216	1.08511	26.6	3.28091
48	0.9412	1.0625	26.4	3.27336
49	0.9608	1.04082	18.22	2.90252
50	0.9804	1.02	17.56	2.86562
n=	50.0000		Media (Yi)	3.7317
Cs (yi)	-0.6815		Desv. Est. (Yi)	0.2907



CUADRO 12 Distribución log normal de 3 parámetros

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN – HUARAYA MOHO

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=ln(Xi-Xo)</i>
1	0.01961	51	74.3	4.8373
2	0.03922	25.5	63.2	4.7452
3	0.05882	17	62	4.7347
4	0.07843	12.75	62	4.7347
5	0.09804	10.2	58.3	4.7017
6	0.11765	8.5	56.2	4.6824
7	0.13725	7.2857	55.4	4.6750
8	0.15686	6.375	54.7	4.6684
9	0.17647	5.6667	52.4	4.6466
10	0.19608	5.1	51.6	4.6389
11	0.21569	4.6364	51	4.6331
12	0.23529	4.25	51	4.6331
13	0.25490	3.9231	50.5	4.6282
14	0.27451	3.6429	50.5	4.6282
15	0.29412	3.4	48.1	4.6045
16	0.31373	3.1875	46	4.5832
17	0.33333	3	46	4.5832
18	0.35294	2.8333	45.3	4.5761
19	0.37255	2.6842	45.2	4.5750
20	0.39216	2.55	45	4.5730
21	0.41176	2.42857	43.8	4.5605
22	0.43137	2.31818	43.6	4.5584
23	0.45098	2.21739	42.6	4.5479
24	0.47059	2.125	42.5	4.5468
25	0.49020	2.04	42	4.5415
26	0.50980	1.96154	41.5	4.5362
27	0.52941	1.88889	41.2	4.5329
28	0.54902	1.82143	40	4.5200
29	0.56863	1.75862	39.5	4.5145
30	0.58824	1.7	39	4.5090
31	0.60784	1.64516	38.7	4.5057
32	0.62745	1.59375	38.6	4.5046
33	0.64706	1.54545	38	4.4979
34	0.66667	1.5	37.8	4.4957
35	0.68627	1.45714	36.5	4.4811
36	0.70588	1.41667	35.8	4.4731
37	0.72549	1.37838	34.8	4.4617
38	0.74510	1.34211	34.5	4.4582
39	0.76471	1.30769	33.4	4.4454
40	0.78431	1.275	33.1	4.4418
41	0.80392	1.24390	31.7	4.4252
42	0.82353	1.21429	31.6	4.4240
43	0.84314	1.18605	31.4	4.4216
44	0.86275	1.15909	31.3	4.4204
45	0.88235	1.13333	29.5	4.3985
46	0.90196	1.10870	28.5	4.3862
47	0.92157	1.08511	26.6	4.3622
48	0.94118	1.0625	26.4	4.3597
49	0.96078	1.04082	18.22	4.2492
50	0.98039	1.02	17.56	4.2398
n=	50		Media (Yi)	4.5388
Cs (yi)	0.0944		Desv. Est. (Yi)	0.1228
Mediana	41.75		Xo =	-51.83130

CUADRO 13: Distribución log Pearson III parámetros

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)
ESTACIÓN – HUARAYA MOHO

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=-lnXi</i>
1	0.01961	51	74.3	4.30811
2	0.03922	25.5	63.2	4.14630
3	0.05882	17	62	4.12713
4	0.07843	12.75	62	4.12713
5	0.09804	10.2	58.3	4.06560
6	0.11765	8.5	56.2	4.02892
7	0.13725	7.2857	55.4	4.01458
8	0.15686	6.375	54.7	4.00186
9	0.17647	5.6667	52.4	3.95891
10	0.19608	5.1	51.6	3.94352
11	0.21569	4.6364	51	3.93183
12	0.23529	4.25	51	3.93183
13	0.25490	3.9231	50.5	3.92197
14	0.27451	3.6429	50.5	3.92197
15	0.29412	3.4	48.1	3.87328
16	0.31373	3.1875	46	3.82864
17	0.33333	3	46	3.82864
18	0.35294	2.8333	45.3	3.81331
19	0.37255	2.6842	45.2	3.81110
20	0.39216	2.55	45	3.80666
21	0.41176	2.42857	43.8	3.77963
22	0.43137	2.31818	43.6	3.77506
23	0.45098	2.21739	42.6	3.75185
24	0.47059	2.125	42.5	3.74950
25	0.49020	2.04	42	3.73767
26	0.50980	1.96154	41.5	3.72569
27	0.52941	1.88889	41.2	3.71844
28	0.54902	1.82143	40	3.68888
29	0.56863	1.75862	39.5	3.67630
30	0.58824	1.7	39	3.66356
31	0.60784	1.64516	38.7	3.65584
32	0.62745	1.59375	38.6	3.65325
33	0.64706	1.54545	38	3.63759
34	0.66667	1.5	37.8	3.63231
35	0.68627	1.45714	36.5	3.59731
36	0.70588	1.41667	35.8	3.57795
37	0.72549	1.37838	34.8	3.54962
38	0.74510	1.34211	34.5	3.54096
39	0.76471	1.30769	33.4	3.50856
40	0.78431	1.275	33.1	3.49953
41	0.80392	1.24390	31.7	3.45632
42	0.82353	1.21429	31.6	3.45316
43	0.84314	1.18605	31.4	3.44681
44	0.86275	1.15909	31.3	3.44362
45	0.88235	1.13333	29.5	3.38439
46	0.90196	1.10870	28.5	3.34990
47	0.92157	1.08511	26.6	3.28091
48	0.94118	1.0625	26.4	3.27336
49	0.96078	1.04082	18.22	2.90252
50	0.98039	1.02	17.56	2.86562
N=	50		Media	3.7317
Cs (yi)	-0.6815		Desv. Est.	0.2907
k	-0.1136			

CUADRO 14: Distribución Gumbel

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)
ESTACIÓN – HUARAYA MOHO

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>
1	0.01961	51	74.3
2	0.03922	25.5	63.2
3	0.05882	17	62
4	0.07843	12.75	62
5	0.09804	10.2	58.3
6	0.11765	8.5	56.2
7	0.13725	7.2857	55.4
8	0.15686	6.375	54.7
9	0.17647	5.6667	52.4
10	0.19608	5.1	51.6
11	0.21569	4.6364	51
12	0.23529	4.25	51
13	0.25490	3.9231	50.5
14	0.27451	3.6429	50.5
15	0.29412	3.4	48.1
16	0.31373	3.1875	46
17	0.33333	3	46
18	0.35294	2.8333	45.3
19	0.37255	2.6842	45.2
20	0.39216	2.55	45
21	0.41176	2.42857	43.8
22	0.43137	2.31818	43.6
23	0.45098	2.21739	42.6
24	0.47059	2.125	42.5
25	0.49020	2.04	42
26	0.50980	1.96154	41.5
27	0.52941	1.88889	41.2
28	0.54902	1.82143	40
29	0.56863	1.75862	39.5
30	0.58824	1.7	39
31	0.60784	1.64516	38.7
32	0.62745	1.59375	38.6
33	0.64706	1.54545	38
34	0.66667	1.5	37.8
35	0.68627	1.45714	36.5
36	0.70588	1.41667	35.8
37	0.72549	1.37838	34.8
38	0.74510	1.34211	34.5
39	0.76471	1.30769	33.4
40	0.78431	1.275	33.1
41	0.80392	1.24390	31.7
42	0.82353	1.21429	31.6
43	0.84314	1.18605	31.4
44	0.86275	1.15909	31.3
45	0.88235	1.13333	29.5
46	0.90196	1.10870	28.5
47	0.92157	1.08511	26.6
48	0.94118	1.0625	26.4
49	0.96078	1.04082	18.22
50	0.98039	1.02	17.56
n=	50	Media (Xi)	41.75
		Desvest.(X)	11.55

CUADRO 15: Resumen de Precipitaciones Máximas

TR (Años)	Prob.	Log Normal 2 param.	Log Normal 3 param.	Log Pearson Tipo-III	Gumbel
5	20.00%	52.05	51.76	51.38	50.69
10	10.00%	59.1	57.4	59.61	57.41
20	5.00%	65.63	62.29	67.95	63.89
25	4.00%	69.23	6.75	70.68	65.89
50	2.00%	73.87	68.05	79.43	72.18
100	1.00%	79.87	72.05	88.61	78.42

Para concluir se tiene el cuadro resumen de todo los datos obtenidos mediante las diversas distribuciones aplicadas, se encuentran en diversos periodos de retorno que varían entre 5 y 100 años con su respectivo grado de probabilidad, una vez analizada esta información procederemos a seleccionar la distribución que más se ajuste a la micro cuenca en estudio.

5.6 SELECCIÓN DE LA FUNCIÓN DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Una vez calculada las precipitaciones máximas diarias, para diferentes periodos de retorno, se realiza como siguiente paso la selección de la función de distribución que más se ajusta a las diferentes pruebas que se mencionan seguidamente.

5.6.1. ANÁLISIS GRÁFICO

En este punto se analizó gráficamente cada una de las precipitaciones observadas y calculadas por las diferentes distribuciones de probabilidad y de frecuencia, la distribución elegida o seleccionada viene a ser la que más se apege a los datos observados, o menor diferencia exista; Estas Figuras se plotearon relacionando en el eje de las abscisas o X la probabilidad de no excedencia, y en el eje de ordenadas o Y las precipitaciones máximas en mm.

En las Figuras 25, 26, 27 y 28, se muestran los datos de precipitación de la estación Huaraya - Moho, tanto las observadas como calculadas, siendo esta última hallada con un análisis de frecuencia aplicando factores de frecuencia a las distribuciones de log normal de 2 parámetros, log normal de 3 parámetros, log Pearson tipo III y valor extremo tipo I llamada también Gumbel.

a) Estación Huaraya-Moho:

En esta estación se puede apreciar que visualmente la curva de la distribución de Log normal de 3 parámetros es la que más se apega a los datos observados.

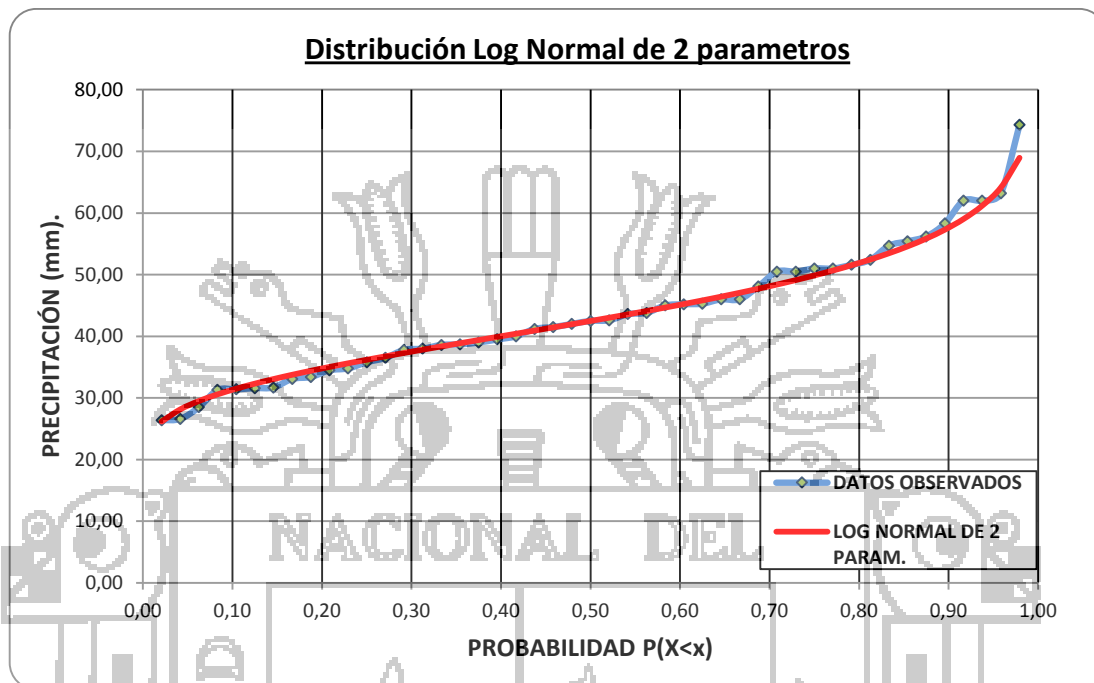


Figura 25: Distribución Log Normal de 2 parámetros

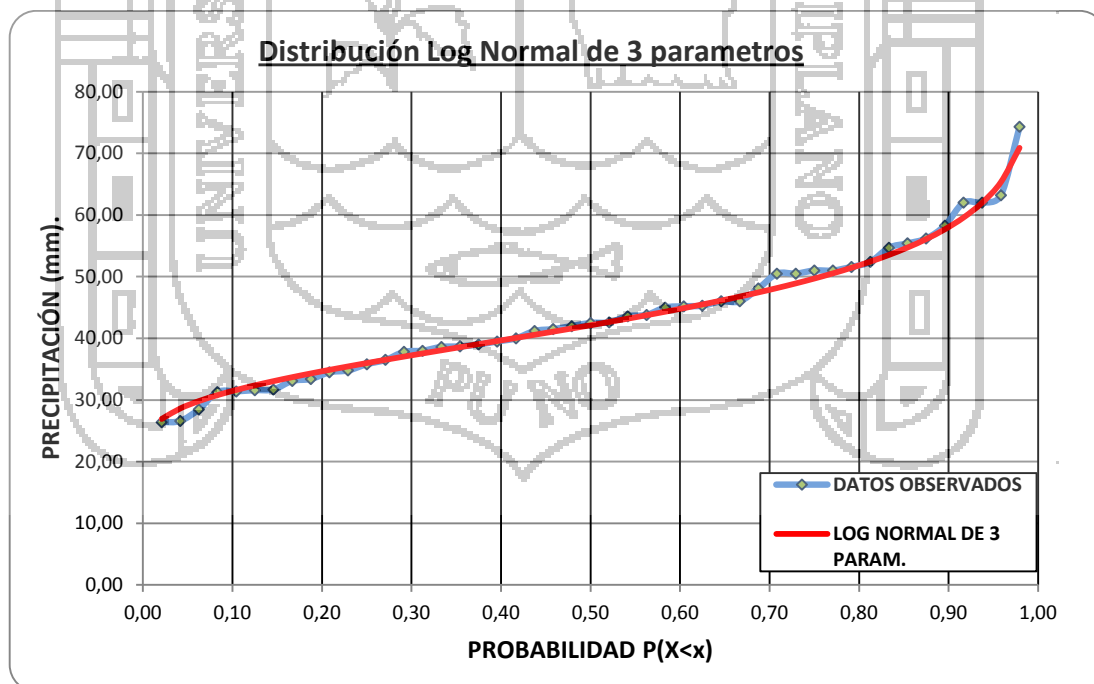


Figura 26: Distribución Log Normal de 3 parámetros

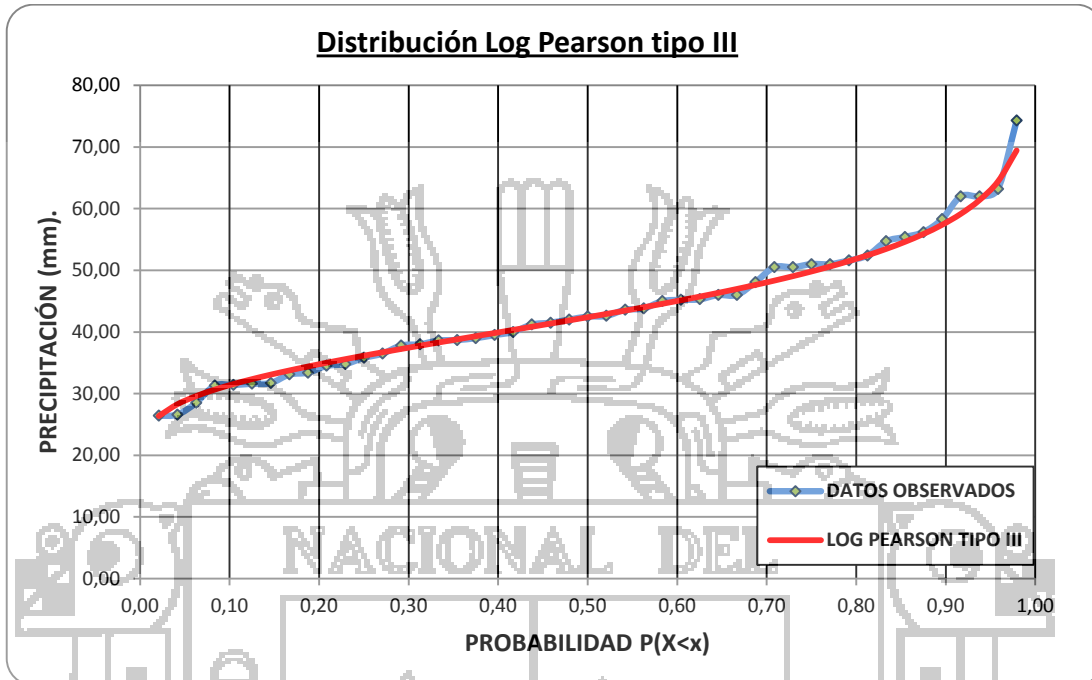


Figura 27: Distribución Log Pearson tipo III

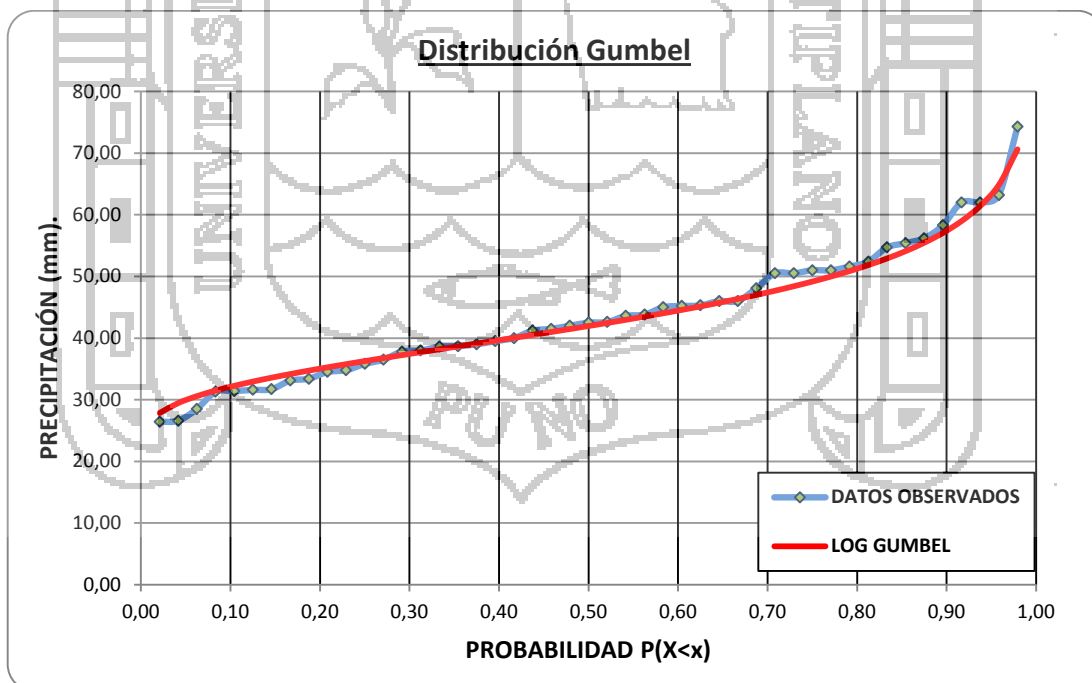


Figura 28: Distribución Gumbel



5.6.2. MÉTODO DEL ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO

La función de distribución elegida será la que tenga menos error cuadrático, siendo esta menos subjetiva que la anterior (análisis gráfico); hallando el error cuadrático mínimo se observa que la distribución log normal de 3 parámetros es la que más se ajusta con la ecuación cuadrática

CUADRO 16: Prueba del Error Cuadrático Mínimo

m	TR (años)	P(X<x)	Datos observados Xo (mm)	Log Normal de 2 Param.		Log Normal de 3 Param.		Log Pearson tipo III		Gumbel	
				Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2
1	51	0.9804	74.3	68.96	28.52	70.9	11.59	69.44	23.62	70.61	13.62
2	25.5	0.9608	63.2	64.13	0.86	65.34	4.56	64.42	1.49	64.84	2.69
3	17	0.9412	62	61.19	0.66	62.01	0	61.37	0.40	61.43	0.32
4	12.75	0.9216	62	59.03	8.82	59.6	5.77	59.15	8.12	58.98	9.12
5	10.2	0.9020	58.3	57.3	1.00	57.69	0.37	57.37	0.86	57.05	1.56
6	8.5	0.8824	56.2	55.85	0.12	56.1	0.01	55.89	0.10	55.46	0.55
7	7.2857	0.8627	55.4	54.59	0.66	54.73	0.44	54.6	0.64	54.1	1.69
8	6.375	0.8431	54.7	53.47	1.51	53.53	1.37	53.46	1.54	52.91	3.20
9	5.6667	0.8235	52.4	52.46	0.00	52.44	0	52.43	0.00	51.84	0.31
10	5.1	0.8039	51.6	51.53	0.00	51.46	0.02	51.49	0.01	50.88	0.52
11	4.6364	0.7843	51	50.68	0.10	50.55	0.21	50.62	0.14	49.99	1.02
12	4.25	0.7647	51	49.87	1.28	49.7	1.69	49.81	1.42	49.17	3.35
13	3.9231	0.7451	50.5	49.12	1.90	48.91	2.54	49.05	2.10	48.4	4.41
14	3.6429	0.7255	50.5	48.4	4.41	48.16	5.48	48.32	4.75	47.68	7.95
15	3.4	0.7059	48.1	47.72	0.14	47.45	0.42	47.64	0.21	47	1.21
16	3.1875	0.6863	46	47.06	1.12	46.77	0.6	46.98	0.96	46.35	0.12
17	3	0.6667	46	46.44	0.19	46.12	0.02	46.34	0.12	45.73	0.07
18	2.8333	0.6471	45.3	45.83	0.28	45.5	0.04	45.73	0.18	45.14	0.03
19	2.6842	0.6275	45.2	45.24	0.00	44.9	0.09	45.14	0.00	44.57	0.40
20	2.55	0.6078	45	44.66	0.12	44.31	0.47	44.57	0.18	44.02	0.96
21	2.42857	0.5882	43.8	44.1	0.09	43.75	0	44.01	0.04	43.48	0.10
22	2.31818	0.5686	43.6	43.56	0.00	43.19	0.16	43.46	0.02	42.96	0.41
23	2.21739	0.5490	42.6	43.02	0.18	42.65	0	42.92	0.10	42.45	0.02
24	2.125	0.5294	42.5	42.49	0.00	42.12	0.14	42.39	0.01	41.95	0.30
25	2.04	0.5098	42	41.97	0.00	41.6	0.16	41.87	0.02	41.47	0.28
26	1.96154	0.4902	41.5	41.45	0.00	41.09	0.17	41.36	0.02	40.98	0.27
27	1.88889	0.4706	41.2	40.93	0.07	40.58	0.39	40.84	0.13	40.51	0.48
28	1.82143	0.4510	40	40.42	0.18	40.07	0.01	40.33	0.11	40.04	0.00
29	1.75862	0.4314	39.5	39.91	0.17	39.57	0	39.82	0.10	39.57	0.00
30	1.7	0.4118	39	39.39	0.15	39.07	0	39.32	0.10	39.11	0.01
31	1.64516	0.3922	38.7	38.88	0.03	38.56	0.02	38.8	0.01	38.64	0.00
32	1.59375	0.3725	38.6	38.36	0.06	38.06	0.29	38.29	0.10	38.18	0.18
33	1.54545	0.3529	38	37.83	0.03	37.55	0.2	37.77	0.05	37.71	0.08
34	1.5	0.3333	37.8	37.3	0.25	37.04	0.58	37.24	0.31	37.24	0.31
35	1.45714	0.3137	36.5	36.76	0.07	36.52	0	36.7	0.04	36.76	0.07
36	1.41667	0.2941	35.8	36.2	0.16	35.99	0.04	36.15	0.12	36.27	0.22
37	1.37838	0.2745	34.8	35.63	0.69	35.44	0.42	35.59	0.62	35.77	0.94
38	1.34211	0.2549	34.5	35.03	0.28	34.89	0.15	35.01	0.26	35.26	0.58
39	1.30769	0.2353	33.4	34.41	1.02	34.31	0.82	34.4	1.00	34.72	1.74
40	1.275	0.2157	33.1	33.76	0.44	33.7	0.36	33.76	0.44	34.17	1.14
41	1.24390	0.1961	31.7	33.07	1.88	33.06	1.84	33.08	1.90	33.58	3.53
42	1.21429	0.1765	31.6	32.32	0.52	32.37	0.6	32.35	0.56	32.94	1.80
43	1.18605	0.1569	31.4	31.51	0.01	31.63	0.05	31.55	0.02	32.25	0.72
44	1.15909	0.1373	31.3	30.58	0.52	30.79	0.26	30.65	0.42	31.48	0.03
45	1.13333	0.1176	28.5	29.5	1.00	29.82	1.76	29.6	1.21	30.58	4.33
46	1.10870	0.0980	29.5	28.15	1.82	28.63	4.11	28.28	1.49	29.46	0.00
47	1.08511	0.0784	26.6	26.18	0.18	26.92	0.27	26.37	0.05	27.85	1.56
48	1.0625	0.0588	26.4	25.97	0.18	25.56	0.71	24.46	3.76	26.66	0.07
49	1.04082	0.0392	18.22	18.45	0.05	17.11	1.24	17.81	0.17	19.43	1.46
50	1.02	0.0196	17.56	16.93	0.40	16.66	0.82	16.76	0.64	16.82	0.55
Suma =				62.13		51.26		60.70		74.32	
Error cuadrático mín. =				7.88		7.16		7.79		8.62	
Orden de ajuste				3		1		2		4	

5.6.3. PRUEBA DE BONDAD Y AJUSTE

Para este estudio se realizó la prueba de bondad y ajuste de Kolmogorov Smirnov la cual como sabemos consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia $\Delta=|F(Z)-P(X)|$, entre la función de distribución observada y la estimada, respecto a una probabilidad, para este ajuste se tuvo que ordenar los datos en forma ascendente (de menor a mayor),

Todo estos datos fueron realizados mediante el hidroesta 2 del cual se tiene todo el desarrollo en el anexo “D”.



CUADRO 17: Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, Distribución log normal de 2 parámetros.

ESTACIÓN HUARAYA-MOHO

m	X	P(X)	F(Z) Ord.	F(Z) Mom Lin.	Delta
1	17.5	0.0196	0.0017	0.0014	0.0179
2	18.2	0.0392	0.0025	0.0021	0.0367
3	26.4	0.0588	0.0650	0.0613	0.0062
4	26.6	0.0784	0.0684	0.0646	0.0100
5	29.5	0.0980	0.1295	0.1249	0.0315
6	31.3	0.1176	0.1779	0.1732	0.0603
7	31.4	0.1373	0.1808	0.1761	0.0436
8	31.6	0.1569	0.1867	0.1820	0.0298
9	31.7	0.1765	0.1896	0.1850	0.0132
10	32.1	0.1961	0.2017	0.1971	0.0056
11	33.1	0.2157	0.2329	0.2285	0.0172
12	33.4	0.2353	0.2426	0.2383	0.0073
13	34.5	0.2549	0.2791	0.2752	0.0242
14	34.8	0.2745	0.2893	0.2855	0.0148
15	35.8	0.2941	0.3238	0.3205	0.0296
16	36.5	0.3137	0.3483	0.3454	0.0345
17	37.8	0.3333	0.3941	0.3921	0.0607
18	38.0	0.3529	0.4012	0.3993	0.0482
19	38.6	0.3725	0.4223	0.4208	0.0498
20	38.7	0.3922	0.4258	0.4244	0.0337
21	39.0	0.4118	0.4364	0.4351	0.0246
22	39.5	0.4314	0.4538	0.4529	0.0225
23	40.0	0.4510	0.4712	0.4706	0.0202
24	41.2	0.4706	0.5121	0.5123	0.0415
25	41.5	0.4902	0.5221	0.5225	0.0319
26	42.0	0.5098	0.5386	0.5394	0.0288
27	42.5	0.5294	0.5549	0.5560	0.0255
28	42.6	0.5490	0.5581	0.5592	0.0091
29	43.6	0.5686	0.5897	0.5914	0.0210
30	43.8	0.5882	0.5958	0.5977	0.0076
31	45.0	0.6078	0.6317	0.6342	0.0238
32	45.2	0.6275	0.6375	0.6401	0.0100
33	45.3	0.6471	0.6403	0.6430	0.0067
34	46.0	0.6667	0.6600	0.6630	0.0066
35	46.0	0.6863	0.6600	0.6630	0.0262
36	48.1	0.7059	0.7148	0.7186	0.0089
37	50.5	0.7255	0.7693	0.7736	0.0438
38	50.5	0.7451	0.7693	0.7736	0.0242
39	51.0	0.7647	0.7795	0.7840	0.0148
40	51.0	0.7843	0.7795	0.7840	0.0048
41	51.6	0.8039	0.7914	0.7959	0.0126
42	52.4	0.8235	0.8064	0.8110	0.0172
43	54.7	0.8431	0.8446	0.8493	0.0015
44	55.4	0.8627	0.8549	0.8596	0.0078
45	56.2	0.8824	0.8660	0.8706	0.0164
46	58.3	0.9020	0.8915	0.8960	0.0104
47	62.0	0.9216	0.9262	0.9301	0.0047
48	62.0	0.9412	0.9262	0.9301	0.0150
49	63.2	0.9608	0.9351	0.9388	0.0257
50	74.3	0.9804	0.9811	0.9829	0.0007
MEDIANA :	3.73			VALOR MAX.:	0.0607
DESV. EST. :	0.29				
PROMEDIO :	3.71				
CS :	-0.68				



CUADRO 18: Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov –Smirnov, Distribución Log Normal de 3 Parámetros.

ESTACIÓN HUARAYA-MOHO

m	X	F(X)	Z	F(Z)	Delta
1	17.6	0.0196	-2.4760	0.0066	0.0130
2	18.2	0.0392	-2.4047	0.0081	0.0311
3	26.4	0.0588	-1.4865	0.0686	0.0098
4	26.6	0.0784	-1.4653	0.0714	0.0070
5	29.5	0.0980	-1.1642	0.1222	0.0241
6	31.3	0.1176	-0.9827	0.1629	0.0452
7	31.4	0.1373	-0.9727	0.1653	0.0281
8	31.6	0.1569	-0.9528	0.1703	0.0135
9	31.7	0.1765	-0.9429	0.1729	0.0036
10	32.1	0.1961	-0.9033	0.1832	0.0129
11	33.1	0.2157	-0.8051	0.2104	0.0053
12	33.4	0.2353	-0.7758	0.2189	0.0164
13	34.5	0.2549	-0.6695	0.2516	0.0033
14	34.8	0.2745	-0.6407	0.2608	0.0137
15	35.8	0.2941	-0.5456	0.2927	0.0014
16	36.5	0.3137	-0.4796	0.3158	0.0020
17	37.8	0.3333	-0.3584	0.3600	0.0267
18	38.0	0.3529	-0.3400	0.3669	0.0140
19	38.6	0.3725	-0.2848	0.3879	0.0154
20	38.7	0.3922	-0.2756	0.3914	0.0007
21	39.0	0.4118	-0.2482	0.4020	0.0098
22	39.5	0.4314	-0.2026	0.4197	0.0117
23	40.0	0.4510	-0.1574	0.4375	0.0135
24	41.2	0.4706	-0.0497	0.4802	0.0096
25	41.5	0.4902	-0.0230	0.4908	0.0006
26	42.0	0.5098	0.0213	0.5085	0.0013
27	42.5	0.5294	0.0654	0.5261	0.0034
28	42.6	0.5490	0.0742	0.5296	0.0195
29	43.6	0.5686	0.1615	0.5642	0.0045
30	43.8	0.5882	0.1789	0.5710	0.0173
31	45.0	0.6078	0.2823	0.6111	0.0033
32	45.2	0.6275	0.2994	0.6177	0.0098
33	45.3	0.6471	0.3079	0.6209	0.0261
34	46.0	0.6667	0.3675	0.6434	0.0233
35	46.0	0.6863	0.3675	0.6434	0.0429
36	48.1	0.7059	0.5436	0.7066	0.0008
37	50.5	0.7255	0.7404	0.7705	0.0450
38	50.5	0.7451	0.7404	0.7705	0.0254
39	51.0	0.7647	0.7808	0.7825	0.0178
40	51.0	0.7843	0.7808	0.7825	0.0018
41	51.6	0.8039	0.8290	0.7965	0.0075
42	52.4	0.8235	0.8929	0.8141	0.0095
43	54.7	0.8431	1.0739	0.8586	0.0154
44	55.4	0.8627	1.1282	0.8704	0.0076
45	56.2	0.8824	1.1899	0.8830	0.0006
46	58.3	0.9020	1.3495	0.9114	0.0095
47	62.0	0.9216	1.6235	0.9478	0.0262
48	62.0	0.9412	1.6235	0.9478	0.0066
49	63.2	0.9608	1.7105	0.9564	0.0044
50	74.3	0.9804	2.4744	0.9933	0.0129
n	:	50		Media (Yi):	3.71
V. Max	:	0.0452		Desv. Est. (Yi):	0.30
Cs (yi)	:	0.71		Xo:	-51.8313



CUADRO 19: Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, Distribución log Pearson tipo III.

ESTACIÓN HUARAYA-MOHO

m	X	P(X)	G(Y) Ord.	G(Y) M. Lin.	Delta
1	17.6	0.0196	0.0000	0.0000	0.0196
2	18.2	0.0392	0.0000	0.0000	0.0392
3	26.4	0.0588	0.0000	0.0426	0.0162
4	26.6	0.0784	0.0000	0.0462	0.0323
5	29.5	0.0980	0.0000	0.1165	0.0185
6	31.3	0.1176	0.0000	0.1753	0.0577
7	31.4	0.1373	0.0000	0.1789	0.0416
8	31.6	0.1569	0.0000	0.1860	0.0291
9	31.7	0.1765	0.0000	0.1896	0.0131
10	32.1	0.1961	0.0000	0.2042	0.0081
11	33.1	0.2157	0.0000	0.2418	0.0261
12	33.4	0.2353	0.0000	0.2534	0.0181
13	34.5	0.2549	0.0000	0.2964	0.0415
14	34.8	0.2745	0.0000	0.3083	0.0337
15	35.8	0.2941	0.0000	0.3478	0.0537
16	36.5	0.3137	0.0000	0.3754	0.0617
17	37.8	0.3333	0.0000	0.4258	0.0925
18	38.0	0.3529	0.0000	0.4334	0.0805
19	38.6	0.3725	0.0000	0.4560	0.0835
20	38.7	0.3922	0.0000	0.4597	0.0676
21	39.0	0.4118	0.0000	0.4708	0.0591
22	39.5	0.4314	0.0000	0.4890	0.0577
23	40.0	0.4510	0.0000	0.5069	0.0559
24	41.2	0.4706	0.0000	0.5482	0.0776
25	41.5	0.4902	0.0000	0.5582	0.0680
26	42.0	0.5098	0.0000	0.5744	0.0646
27	42.5	0.5294	0.0000	0.5903	0.0608
28	42.6	0.5490	0.0000	0.5934	0.0443
29	43.6	0.5686	0.0000	0.6235	0.0549
30	43.8	0.5882	0.0000	0.6293	0.0411
31	45.0	0.6078	0.0000	0.6627	0.0549
32	45.2	0.6275	0.0000	0.6681	0.0406
33	45.3	0.6471	0.0000	0.6707	0.0236
34	46.0	0.6667	0.0000	0.6887	0.0220
35	46.0	0.6863	0.0000	0.6887	0.0024
36	48.1	0.7059	0.0000	0.7375	0.0316
37	50.5	0.7255	0.0000	0.7848	0.0593
38	50.5	0.7451	0.0000	0.7848	0.0397
39	51.0	0.7647	0.0000	0.7936	0.0289
40	51.0	0.7843	0.0000	0.7936	0.0093
41	51.6	0.8039	0.0000	0.8037	0.0003
42	52.4	0.8235	0.0000	0.8164	0.0071
43	54.7	0.8431	0.0000	0.8487	0.0056
44	55.4	0.8627	0.0000	0.8574	0.0054
45	56.2	0.8824	0.0000	0.8667	0.0157
46	58.3	0.9020	0.0000	0.8883	0.0136
47	62.0	0.9216	0.0000	0.9182	0.0034
48	62.0	0.9412	0.0000	0.9182	0.0230
49	63.2	0.9608	0.0000	0.9260	0.0348
50	74.3	0.9804	0.0000	0.9701	0.0103
n:	50		Media (Yi):	3.73	
V. Max:	0.9701		Desv. Est. (Yi):	0.29	
Cs (yi):	-0.68		Xo:	-2.6612	
Param. Escala β:	0.0776		Param. Forma Y:	13.5125	

CUADRO 20: Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, Distribución valor extremo tipo I o Gumbel

ESTACIÓN HUARAYA-MOHO

m	X	P(X)	G(Y) Ord.	G(Y) M. Lineal	Delta
1	17.6	0.0196	0.0001	0.0003	0.0195
2	18.2	0.0392	0.0002	0.0005	0.0390
3	26.4	0.0588	0.0342	0.0435	0.0246
4	26.6	0.0784	0.0369	0.0465	0.0415
5	29.5	0.0980	0.0920	0.1056	0.0060
6	31.3	0.1176	0.1421	0.1567	0.0245
7	31.4	0.1373	0.1453	0.1598	0.0080
8	31.6	0.1569	0.1516	0.1662	0.0053
9	31.7	0.1765	0.1548	0.1694	0.0217
10	32.1	0.1961	0.1680	0.1825	0.0281
11	33.1	0.2157	0.2028	0.2169	0.0128
12	33.4	0.2353	0.2138	0.2277	0.0215
13	34.5	0.2549	0.2556	0.2684	0.0007
14	34.8	0.2745	0.2674	0.2798	0.0071
15	35.8	0.2941	0.3074	0.3185	0.0133
16	36.5	0.3137	0.3359	0.3460	0.0222
17	37.8	0.3333	0.3894	0.3972	0.0560
18	38.0	0.3529	0.3976	0.4051	0.0446
19	38.6	0.3725	0.4221	0.4285	0.0495
20	38.7	0.3922	0.4262	0.4324	0.0340
21	39.0	0.4118	0.4383	0.4440	0.0266
22	39.5	0.4314	0.4584	0.4633	0.0270
23	40.0	0.4510	0.4783	0.4822	0.0273
24	41.2	0.4706	0.5247	0.5266	0.0541
25	41.5	0.4902	0.5360	0.5374	0.0458
26	42.0	0.5098	0.5545	0.5551	0.0447
27	42.5	0.5294	0.5725	0.5724	0.0431
28	42.6	0.5490	0.5761	0.5758	0.0271
29	43.6	0.5686	0.6107	0.6091	0.0421
30	43.8	0.5882	0.6174	0.6155	0.0292
31	45.0	0.6078	0.6559	0.6527	0.0481
32	45.2	0.6275	0.6621	0.6586	0.0346
33	45.3	0.6471	0.6651	0.6615	0.0181
34	46.0	0.6667	0.6858	0.6816	0.0192
35	46.0	0.6863	0.6858	0.6816	0.0004
36	48.1	0.7059	0.7422	0.7363	0.0363
37	50.5	0.7255	0.7961	0.7893	0.0706
38	50.5	0.7451	0.7961	0.7893	0.0510
39	51.0	0.7647	0.8061	0.7991	0.0413
40	51.0	0.7843	0.8061	0.7991	0.0217
41	51.6	0.8039	0.8174	0.8103	0.0135
42	52.4	0.8235	0.8316	0.8245	0.0081
43	54.7	0.8431	0.8671	0.8600	0.0240
44	55.4	0.8627	0.8765	0.8694	0.0137
45	56.2	0.8824	0.8864	0.8795	0.0041
46	58.3	0.9020	0.9091	0.9025	0.0071
47	62.0	0.9216	0.9389	0.9334	0.0173
48	62.0	0.9412	0.9389	0.9334	0.0023
49	63.2	0.9608	0.9464	0.9412	0.0144
50	74.3	0.9804	0.9842	0.9817	0.0038
Media	: 41.75			Valor Max.:	0.0706
Desv. Est.	: 11.54				
α	: 8.9439				
μ	: 37.2774				

Los parámetros como media desviación estándar, posición se muestran en el siguiente cuadro para las diferentes funciones de distribución:

CUADRO 21: Parámetros y valores de distribuciones estación Huaraya Moho

Distribución	Parámetro	Valor
Log normal 2 parámetros	Media	3.73
	Desv. estándar	0.29
Log normal 3 parámetros	Media	3.71
	Desv. estándar	0.30
	Posición $X_0 =$	-51.83
Pearson tipo III	Forma $\gamma =$	13.5125
	Escala $\beta =$	0.0776
	Posición $X_0 =$	2.6612
Gumbel	Posición μ	38.95
	Escala α	8.2

La elección de la función de distribución será aquella que mayor diferencia presente entre el valor máximo menos el valor crítico se muestra los resultados para las tres estaciones pluviométricas en el siguiente cuadro:

CUADRO 22: Orden de la distribución est. Huaraya Moho

Distribución	Δ_{max}	Δ_0 crítico	Diferencia	Ajuste	Orden
Log normal 2 param.	0.0607	0.1923	0.1316	Bueno	1
Log normal 3 param.	0.0452	0.1923	0.1471	Bueno	2
Pearson tipo III	0.9701	0.1923	-0.7778	Malo	4
Gumbel	0.0706	0.1923	0.1217	Bueno	3

Selección de función de Distribución; Una vez realizada las pruebas para la selección de función de distribución se procede a elegir la distribución que más se ajusta a las pruebas de *análisis gráfico, método del error cuadrático mínimo, y la prueba de bondad y ajuste de Kolmogorov - Smirnov*. Se llega a la siguiente conclusión:

La Estación Huaraya – Moho; analizando las diferentes pruebas antes mencionadas se concluye que la distribución que más se ajusta a los datos analizados son: Log normal de 3 parámetros.

CUADRO 23: Selección de función de distribución est. Huaraya - Moho

	DISTRIBUCION	ANÁLISIS GRÁFICO	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO	KOLMOGOROV
ESTACIÓN HUARAYA MOHO	Log normal 2 Parámetros	2	3	1
	Log normal 3 Parámetros	1	1	2
	Pearson tipo III	3	2	4
	Gumbel	4	4	3

5.7 CALCULO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN BASE AL PERIODO DE RETORNO

Una vez seleccionada la distribución se tiene las precipitaciones para diferentes periodos de retorno, tomando como base la distribución Log normal de 3 parámetros.

Los datos mostrados son calculados mediante factores de frecuencia, para diferentes periodos de retorno y es mostrado en el cuadro N° 21 con la única diferencia de que solo se muestran de la función seleccionada (Log Normal de 3 parámetros)

CUADRO 24: Precipitaciones máximas en base al Periodo de retorno

TR (Años)	PROBABILIDAD	Log Normal 3 param.
5	20.00%	51.76
10	10.00%	57.4
20	5.00%	62.29
25	4.00%	6.75
50	2.00%	68.05
100	1.00%	72.05

5.8 APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS HIDROMETEOROLÓGICAS

5.8.1. CÁLCULO VARIABLES HIDROMETEOROLÓGICAS

a) Cálculo de Coeficientes de Esguerrimiento C

A continuación se presenta el procedimiento realizado para la determinación de C , en gran parte, con la ayuda de un programa de computadora referente a sistemas de información geográfica.

Para la obtención de esta variable, es necesario utilizar mapas de uso de suelo y curvas de nivel, del área en estudio correspondiente. Utilizando un programa desarrollado para Sistemas de Información Geográfica, se manejaron imágenes de satélites; fotografías aéreas de los años; imágenes; cuadrantes topográficos 1:25,000; visitas de campo; archivos de curvas de nivel a cada 10 metros. A partir de estos mapas, y con las herramientas del software referente a Sistemas de Información Geográfica, se obtuvo la división de áreas de cobertura del suelo, cada una de estas áreas son subdivididas en subáreas que estén contenidas dentro de los rangos de pendientes de 0 a 2%, 2 a 7% y mayores a 7%. Estas subáreas se multiplican por el valor de C que le corresponda, según su cobertura de suelo y su pendiente. Los valores de C por los que deben multiplicarse estas subáreas varían según el período de retorno requerido. Chow, (1994).

Luego deberá sumarse cada uno de estos valores y su sumatoria deberá ser dividida entre el área total de la cuenca de drenaje de la estación para, así, obtener un valor de C ponderado.

A continuación se presenta el cálculo representativo del Coeficiente de Esguerrimiento de la cuenca donde se ubica la estación Huaraya - Moho. Todos los demás valores de C , para las demás estaciones, se calculan similarmente, presentando sólo los valores finales de C para cada una de las estaciones en estudio.

Los siguientes cuadros contienen los valores de C correspondientes según cobertura de suelo, pendiente y período de retorno, cada uno de ellos ha sido multiplicado por las áreas correspondientes.

CUADRO 25: cálculo del valor de c ponderado para un periodo de retorno de 5 años

T= 5 Años	S= 0% - 2%			S= 2% - 7%			S > 7%		
	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)
Urbana	12.57	0.80	10.06	1.05	0.40	0.42	206.38	0.43	88.74
Cultivos	60.06	0.34	20.42	872.46	0.38	331.54	107.48	0.42	45.14
Pastos	672.26	0.28	188.23	10370.60	0.36	3733.41	1837.15	0.40	734.86
Bosques	29.45	0.25	7.36	1544.11	0.34	525.00	536.44	0.39	209.21
Suma C x Areas	226.07			4590.37			1077.96		
C PONDERADO	0.36								

CUADRO 26: cálculo del valor de c ponderado para un periodo de retorno de 10 años

T= 10 Años	S= 0% - 2%			S= 2% - 7%			S > 7%		
	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)
Urbana	12.57	0.83	10.43	1.05	0.83	0.87	206.38	0.83	171.30
Cultivos	60.06	0.36	21.62	872.46	0.41	357.71	107.48	0.44	47.29
Pastos	672.26	0.30	201.68	10370.60	0.38	3940.83	1837.15	0.42	771.60
Bosques	29.45	0.28	8.25	1544.11	0.36	555.88	536.44	0.41	219.94
Suma C x Areas	241.98			4855.28			1210.13		
C PONDERADO	0.39								

CUADRO 27: cálculo del valor de c ponderado para un periodo de retorno de 20 años

T= 20 Años	S= 0% - 2%			S= 2% - 7%			S > 7%		
	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)
Urbana	12.57	0.87	10.94	1.05	0.87	0.91	206.38	0.87	179.55
Cultivos	60.06	0.39	23.42	872.46	0.43	375.16	107.48	0.47	50.51
Pastos	672.26	0.33	221.84	10370.60	0.41	4251.94	1837.15	0.45	826.72
Bosques	29.45	0.30	8.84	1544.11	0.39	602.20	536.44	0.44	236.03
Suma C x Areas	265.04			5230.22			1292.82		
C PONDERADO	0.42								

CUADRO 28: cálculo del valor de c ponderado para un periodo de retorno de 25 años

T= 25 Años	S= 0% - 2%			S= 2% - 7%			S > 7%		
	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)
Urbana	12.57	0.88	11.06	1.05	0.88	0.92	206.38	0.88	181.62
Cultivos	60.06	0.40	24.02	872.46	0.44	383.88	107.48	0.48	51.59
Pastos	672.26	0.34	228.57	10370.60	0.42	4355.65	1837.15	0.46	845.09
Bosques	29.45	0.31	9.13	1544.11	0.40	617.64	536.44	0.45	241.40
Suma C x Areas	272.78			5358.10			1319.69		
C PONDERADO	0.43								

CUADRO 29: cálculo del valor de c ponderado para un periodo de retorno de 50 años

T= 50 Años	S= 0% - 2%			S= 2% - 7%			S > 7%		
Uso de Suelo	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)
Urbana	12.57	0.92	11.57	1.05	0.92	0.96	215.76	0.92	198.50
Cultivos	60.06	0.43	25.83	872.46	0.48	418.78	107.48	0.51	54.81
Pastos	672.26	0.37	248.73	10370.60	0.45	4666.77	1837.15	0.49	900.20
Bosques	29.45	0.35	10.31	1544.11	0.43	663.97	536.44	0.48	257.49
Suma C x Areas	296.43			5750.48			1411.01		
C PONDERADO	0.46								

CUADRO 30: cálculo del valor de c ponderado para un periodo de retorno de 100 años

T= 100 Años	S= 0% - 2%			S= 2% - 7%			S > 7%		
Uso de Suelo	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)	Area (m2)	C	AxC (m2)
Urbana	12.57	0.95	11.94	1.05	0.95	1.00	206.38	0.95	196.06
Cultivos	60.06	0.47	28.23	872.46	0.51	444.96	107.48	0.54	58.04
Pastos	672.26	0.41	275.62	10370.60	0.49	5081.59	1837.15	0.53	973.69
Bosques	29.45	0.39	11.49	1544.11	0.47	725.73	536.44	0.52	278.95
Suma C x Areas	327.28			6253.27			1506.74		
C PONDERADO	0.50								

Para finalizar, la cuadro 31 contiene, en resumen, los valores finales de coeficientes de escurrimiento ponderados para diferentes períodos de retorno para cada una de las estaciones en estudio.

CUADRO 31: Valores de C finales ponderados según de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años

Cuenca	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO C					
	T= 5 años	T= 10 Años	T= 20 años	T= 25 años	T= 50 años	T= 100 años
Haraya - Moho	0.36	0.39	0.42	0.43	0.46	0.50

b) Cálculo de Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia

La intensidad por periodo de retorno es obtenida de las curvas de Intensidad- Frecuencia-Duración. Se determinó las intensidades para las duraciones de 1 a 24 horas para la estación meteorología de Huaraya - Moho. Esta información fue procesada en hojas de cálculo de Excel.

A continuación se presentan tanto las ecuaciones de las curvas I-D-F específicas para estación hidrometeorológica en estudio, como las curvas Intensidad-Duración- Frecuencia en escala aritmética. El cuadro 32 contiene los valores de intensidades para la estación Huaraya-Moho calculados a partir de la ecuación de intensidades que le corresponde. Las demás gráficas, de las demás estaciones hidrométricas, están construidas de manera semejante.

CUADRO 32: Intensidades para diferentes períodos de retorno

INTENSIDADES (mm/hr)							
Estacion Huaraya - Moho							
N°	Duracion hr	T=5	T=10	T=20	T=25	T=50	T=100
1	1	23.72	26.31	28.55	29.22	31.19	33.02
2	2	15.35	17.02	18.48	18.91	20.18	21.37
3	3	11.73	13.01	14.12	14.45	15.42	16.33
4	4	9.63	10.68	11.59	11.86	12.66	13.40
5	5	8.23	9.13	9.90	10.14	10.82	11.45
6	6	7.22	8.00	8.69	8.89	9.49	10.05
7	8	5.84	6.48	7.03	7.20	7.68	8.13
8	10	4.94	5.47	5.94	6.08	6.49	6.87
9	12	4.29	4.76	5.16	5.28	5.64	5.97
10	14	3.80	4.21	4.57	4.68	5.00	5.29
11	16	3.42	3.79	4.11	4.21	4.49	4.76
12	20	2.85	3.16	3.43	3.52	3.75	3.97
13	24	2.45	2.72	2.95	3.02	3.23	3.42

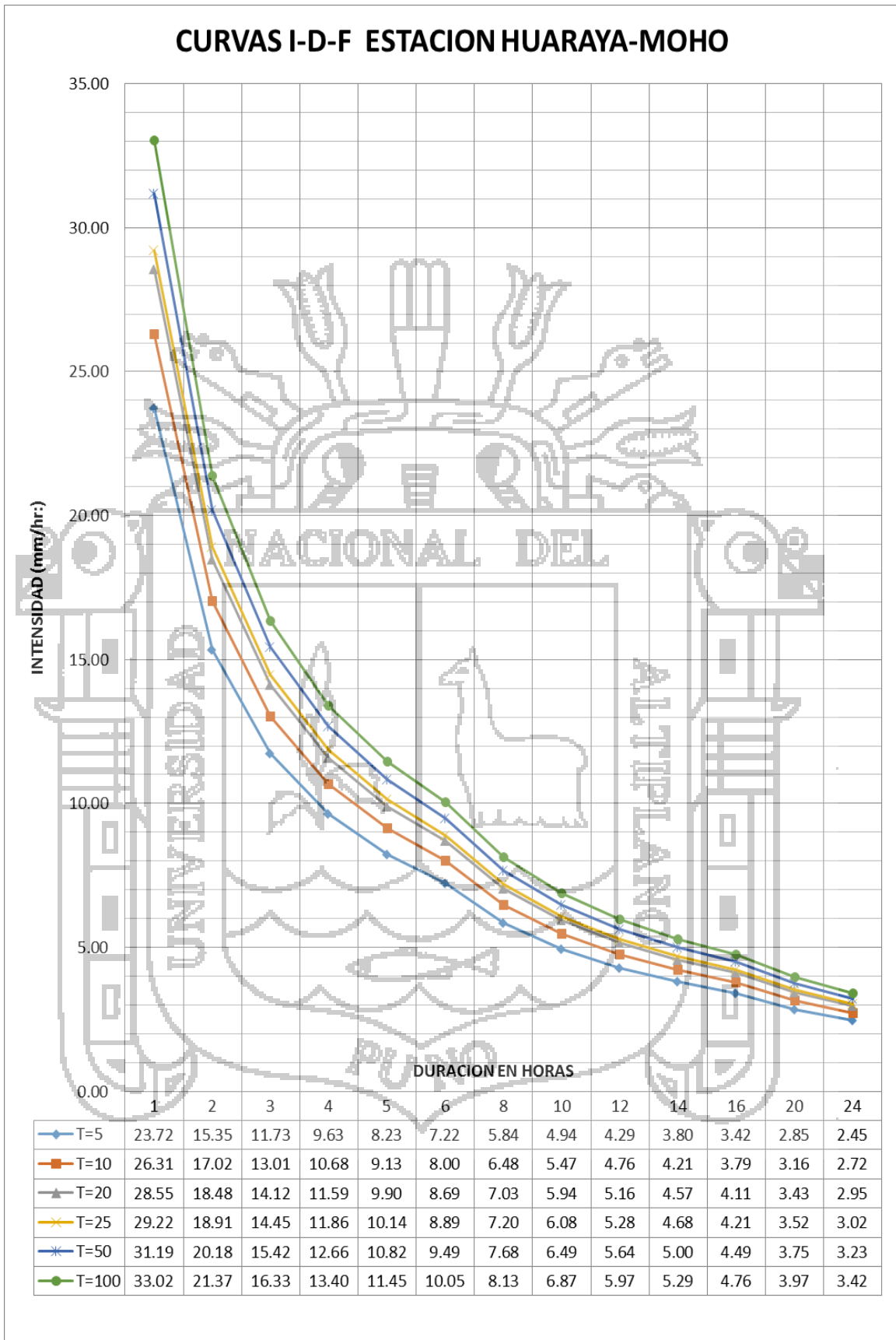


Figura 29: Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia

c) Determinación de los Tiempos de Concentración

Para obtener la intensidad de lluvia de las curvas de Intensidad-Frecuencia-Duración por período de retorno, es necesario conocer el tiempo de concentración t_c del área de drenaje. Para determinar esta variable existen varios métodos de cálculo, de los cuales se utilizaron, en este documento, las fórmulas empíricas de Kirpich, Temmez, y Bransby Williams.

Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, (pendientes, longitudes, elevaciones medias y el área de la cuenca) las cuales fueron previamente obtenidas a partir del procesamiento de información de la micro cuenca Moho, mediante un programa de Sistema de Información Geográfica.

Con los datos de cotas máximas y mínimas se calcularon las pendientes de los ríos hasta la ubicación del punto de interés, las mismas que son utilizadas para determinar el tiempo de concentración a utilizar en los períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años.

A continuación se presenta en la cuadro 33 con los valores de tiempos de concentración calculados por las fórmulas empíricas de Kirpich, Bransby W. y Temmez y demás valores utilizados.

CUADRO 33: Cálculo de Tiempos de Concentración con fórmulas empíricas de Kirpich, Temmez y Bransby W.

Cuenca	Area (Km ²)	Longitud del cauce (m)	Cota de cuenca (msnm)		Desnivel de cuenca (m)	Pendiente del cauce (m/m)	Tiempo de concentración (hrs)			
			Max	Min			Kirpich	Temmez	Bransby Williams	Tc Diseño
Moho	16.25	6,756.36	4,340.0	3,840.0	500.00	0.0740	0.79	2.10	2.09	1.66

d) Calculo de Intensidades Máximas a utilizar

Las intensidades para cada estación hidrológica se calculan introduciendo el valor de tiempo de concentración como duración y cada uno de los períodos de retorno (5, 10, 20, 25, 50 y 100 años) en las ecuaciones generadas de las curvas I-D-F.

Al evaluar las ecuaciones de Intensidad se determina los distintos valores a utilizar, valores obtenidos de la curva Intensidad- Frecuencia-Duración ha sido construida para esta duración máxima, y una extrapolación de la ecuación.

A continuación se presentan los valores de intensidades máximas para diferentes períodos de retorno calculadas a través de las curvas Intensidad-Frecuencia-Duración y de los tiempos de concentración calculados a través del promedio ponderado de las fórmulas empíricas utilizadas para su determinación. En el cuadro 34 se muestra los valores de intensidades máximas para los distintos períodos de retorno.

CUADRO 34: Valores de Intensidades Máximas a utilizar

INTENSIDADES MÁXIMAS (En mm/hora)		
T. R. (Años)	T.C. (horas)	I max
5	1.66	17.31
10	1.66	19.19
20	1.66	20.83
25	1.66	21.32
50	1.66	22.76
100	1.66	24.09

e) **Cálculo del Número de Curva CN**

El número de curva CN es la representación gráfica estandarizada de la información de la precipitación total y la precipitación efectiva para muchas cuencas. Para la obtención de este valor, se obtienen áreas de cobertura del suelo, contenidas en la clasificación de los tipos de suelo, para luego obtener una tabla de áreas de cobertura del suelo dentro de los tipos hidrológicos del suelo según la tabla SCS (1986) que se presenta en la tabla C-2 del anexo C; estas áreas se obtienen utilizando un programa de computadora desarrollado para Sistemas de Información Geográfica. Las áreas obtenidas se multiplicaron con los valores de Número de Curva correspondientes, para obtener una tabla de áreas por Número de Curva (CN) y la suma de todas estas operaciones, se dividió entre el área total de la cuenca de aporte a la estación, para obtener valores de CN ponderados.

CUADRO 35: Clasificación de áreas y valores de CN

Uso de Suelo	GRUPO A			GRUPO B			GRUPO C			GRUPO D		
	Area (m2)	NC	AxC (m2)	Area (m2)	NC	AxC (m2)	Area (m2)	NC	AxC (m2)	Area (m2)	NC	AxC (m2)
Urbana	0.00	77.00	0.00	7.33	85.00	623.33	212.67	90.00	19140.00	0.00	92.00	0.00
Cultivos	0.00	72.00	0.00	902.49	81.00	73101.88	137.51	88.00	12100.67	0.00	91.00	0.00
Pastos	0.00	68.00	0.00	10706.72	79.00	845831.13	2173.28	86.00	186901.80	0.00	89.00	0.00
Bosques	0.00	25.00	0.00	1558.83	55.00	85735.84	551.17	70.00	38581.66	0.00	77.00	0.00
Suma C x Areas		0.00			1005292.19			256724.13			0.00	
C PONDERADO	77.66											

5.8.2. DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

a) Cálculo de Caudales Máximos por Método Racional modificado

El método de la Fórmula Racional está basado en la suposición de que ocurre un evento de lluvia de intensidad constante sobre toda el área de drenaje de la cuenca. Previamente y Utilizando mapas topográficos para verificar el área, se usó un programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para corroborar la determinación de la información. Además mediante el programa ArcGIS se pudo obtener valores de la longitud del cauce y las cotas de altura mínima y máxima donde inicia el recorrido la gota de agua. Estos datos fueron revisados utilizando cuadrantes 1:25,000 del área en estudio.

A continuación se presentan los valores calculados de caudales máximos por la metodología de la Fórmula Racional Modificado de Temmez, mediante la multiplicación de los valores de intensidades, coeficientes de escurrimiento y área de la cuenca.

CUADRO 36: Características físicas de la cuenca

Cuenca	Area (Km ²)	Longitud del cauce (m)	Cota de cuenca (msnm)		Desnivel de cuenca (m)	Pendiente del cauce (m/m)
			Max	Min		
Moho	16.25	6,756.36	4,340.0	3,840.0	500.00	0.0740

CUADRO 37: Cálculo de Caudales Máximos (m³/s) por metodología de la Fórmula Racional modificado

CAUDAL MAXIMO METODO RACIONAL MODIFICADO							
Periodo de Retorno (Años)		5	10	20	25	50	100
DATOS	T.C. (horas)	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
	Log. Norm. 3 param	51.76	57.4	62.29	63.76	68.05	72.05
	Coefficiente de uniformidad Cu	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
	Coefficiente de Simultaneidad Ka	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	Precipitacion maxima (mm)	49.96	55.40	60.12	61.54	65.68	69.55
	Int. de Precipitacion (mm/hr)	16.64	18.46	20.03	20.50	21.88	23.17
	Número de curva	77.66	77.66	77.66	77.66	77.66	77.66
	Umb. de Escorrentia	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38
Coef. de Escorrentia	0.32	0.36	0.39	0.40	0.42	0.44	
CAUDAL MAX. DE DISEÑO m ³ /s		27.27	33.50	39.20	40.96	46.23	51.29

b) Cálculo de Caudales Máximos a través del Hidrograma Sintético Triangular

El procedimiento para el cálculo de caudales máximos por HU Sintéticos Triangular y SCS es la misma. Construidos los Hidrogramas Unitarios de la cuenca, se procedió a obtener el registro de lluvia máxima por periodo de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años a partir de registros históricos en la estación meteorológica que se eligió para la cuenca, se procedió a obtener el Número de Curva *CN*, a partir de la información física de la cuenca, que se procesó en un programa de Sistemas de Información Geográfica. El valor de *CN* de la cuenca, resulta, al igual que el coeficiente de escurrimiento *C*, un valor ponderado debido a los distintos usos del suelo dentro de la cuenca, que se encuentran contenidos en los diferentes grupos hidrológicos de suelos descritos.

A partir del valor de *CN* se procedió a estimar la lluvia efectiva o lamina de escurrimiento de la lluvia máxima por periodo de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años, obtenida de la lluvia de diseño, La información se procesó en hojas de cálculo de Excel para obtener el hidrograma de caudales, del cual se extrae el pico o caudal máximo.

En la siguiente tabla se presentan los valores de caudales máximos para las estaciones en estudio calculados a través del HS Triangular.

CUADRO 38: Cálculo de Caudales Máximos a través del HS Triangular.

CAUDAL MAXIMO METODO HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR							
Periodo de Retorno (Años)		5	10	20	25	50	100
DATOS	T.C. (horas)	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
	Log. Norm. 3 param	51.76	57.4	62.29	63.76	68.05	72.05
	Dur. en exceso de (Hr)	2.58	2.58	2.58	2.58	2.58	2.58
	Tiempo Pico tp (horas)	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29
	Tiempo Base tb (horas)	6.13	0.89	0.90	0.90	0.91	0.92
CAUDAL MAXIMO DE DISEÑO m ³ /s		76.25	84.56	91.77	93.93	100.25	106.15

c) Cálculo de Caudales Máximos a través del Hidrograma Sintético SCS

El procedimiento utilizado para la obtención de los caudales máximos a través del Hidrograma Sintético SCS, es el mismo que el realizado para la determinación de caudales máximos a través del Hidrograma Sintético Triangular. A continuación se presenta la tabla 4.35 con las variables necesarias para la obtención del hidrograma sintético SCS y para la construcción de la secuencia de acumulación de caudales para la construcción del Hidrograma de caudales de la cuenca en estudio; y luego, los valores de caudales máximos para todos los periodos de retorno.

CUADRO 39: Cálculo de Caudales Máximos a través del HS SCS.

CAUDAL MAXIMO METODO HIDROGRAMA UNITARIO SINTETICO SCS							
Periodo de Retorno (Años)		5	10	20	25	50	100
DATOS	T.C. (horas)	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
	Log. Norm 3 param	51.76	57.40	62.29	63.76	68.05	72.05
	Coef. de escorrentia (C)	0.36	0.39	0.42	0.43	0.46	0.50
	Intensidad maxima (mm/h)	17.24	19.12	20.75	21.24	22.67	24.00
CAUDAL MAXIMO DE DISEÑO m ³ /s		28.23	33.50	39.13	41.01	46.94	53.92

5.8.3. COMPARACIÓN ENTRE LOS CAUDALES MÁXIMOS CALCULADOS

Se analizan los resultados del Método Racional modificado y de los Hidrogramas sintéticos; se compararon los caudales máximos obtenidos, y para finalizar, de ser necesario, se determinaron pretende validar una de las metodologías Hidrometeorológicas con el objetivo de validar las diferentes metodologías para la determinación de caudales máximos en micro cuenca Milli milli - Moho

CUADRO 40: Comparativo de Caudales Máximos

CUADRO COMPARATIVO DE LOS METODOS UTILIZADOS							
Periodo de Retorno (Años)		5	10	20	25	50	100
METODOS	Met. Racional Modificado	27.27	33.50	39.20	40.96	46.23	51.29
	Hidrograma Sintetico Triangular	76.25	84.56	91.77	93.93	100.25	106.15
	Hidrograma Sintetico SCS	28.23	33.50	39.13	41.01	46.94	53.92
CAUDAL MAXIMO P PROMEDIO m3/s		43.92	50.52	56.70	58.63	64.47	70.45

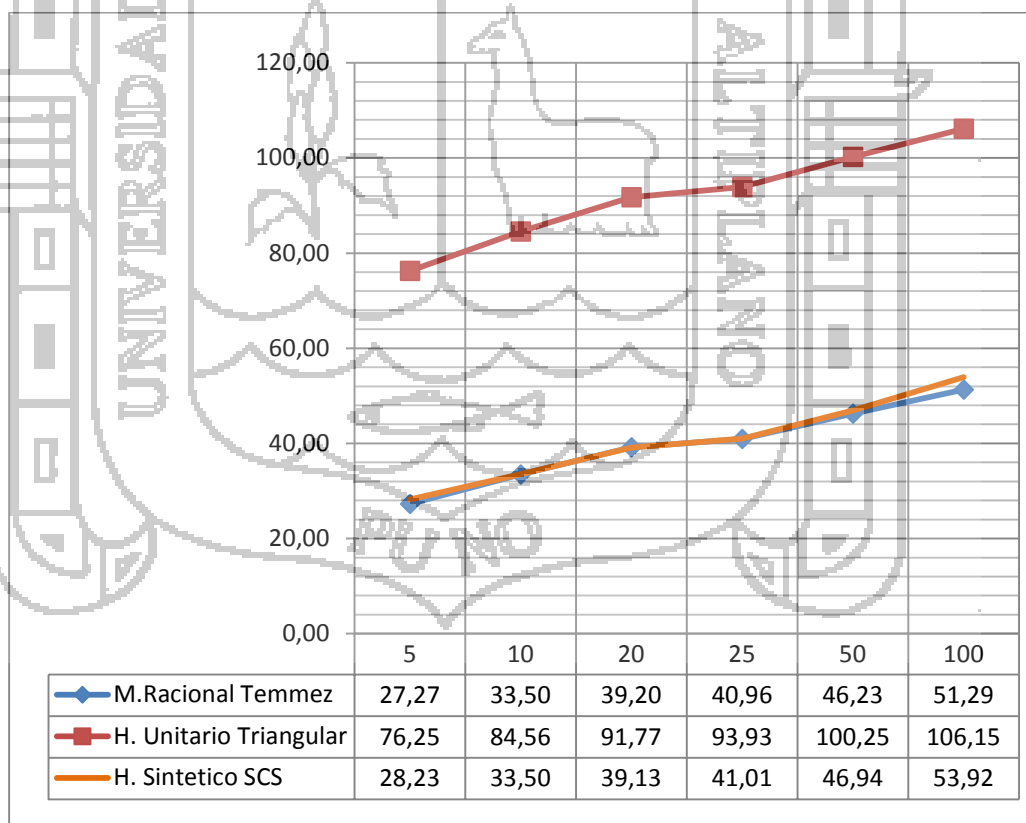


Figura: 30 Caudales máximos

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Los datos de precipitaciones máximas en 24 horas o precipitaciones diarias, de la estación de Huaraya – Moho, son consistentes, homogéneas y cuentan con registro total de 48 años, determinando el análisis estadístico se llegó a la conclusión de que la variación es de 1.9 para la mediana y 2,0 desviación estándar, lo que equivale a menos del 5% de variación, , ello es suficiente para realizar los análisis de frecuencia y determinar las intensidades de lluvia.

Con la aplicación de los tres métodos para determinar caudales máximos, utilizados en la presente investigación, se obtuvo los siguientes resultados; mediante la aplicación del método racional modificado de Temmez se obtuvo para un periodo de retorno de 5 años es de 27.27m^3 ; para un periodo de retorno de 10 años es de 33.50m^3 ; para un periodo de retorno de 20 años es de 39.20m^3 ; para un periodo de retorno de 25 años es de 40.96m^3 ; para un periodo de retorno de 50 años es de 46.23m^3 ; para un periodo de retorno de 100 años es de 100.25m^3 ; mediante la aplicación del Hidrograma sintético triangular, se obtuvo para un periodo de retorno de 5 años es de 76.25m^3 ; para un periodo de retorno de 10 años es de 84.56m^3 ; para un periodo de retorno de 20 años es de 91.77m^3 ; para un periodo de retorno de 25 años es de 93.933m^3 ; para un periodo de retorno de 50 años es de 100.25m^3 ; para un periodo de retorno de 100 años es de 106.15m^3 ; mediante la aplicación del método Hidrograma sintético SCS se obtuvo para un periodo de retorno de 5 años es de 28.23m^3 ; para un periodo de retorno de 10 años es de 33.50m^3 ; para un periodo de retorno de 20 años es de 39.13m^3 ; para un periodo de retorno de 25 años es de 41.01m^3 ; para un periodo de retorno de 50 años es de 46.94m^3 ; para un periodo de retorno de 100 años es de 53.92m^3 .

Además se determinó las intensidades para la estación meteorología Huaraya – Moho y estas varían de acuerdo a su periodo de retorno por esto tenemos, para 5 años es 17.24, para 10 años es 19.12, para 20 años es 20.75, para 25 años es 21.24 para 50 años es 2.67 y para 100 años es 24.00.

Mediante el uso mapas del suelo obtenidos mediante el google earth y exploraciones de la zona, donde se determinó a través de un criterio de practicidad la delimitación de las diversas áreas existentes para dar prioridad a estas variables y que no se viera afectada por los cambios que el paso del tiempo pueda provocar llegando así al siguiente resultado, para un periodo de retorno de 5 años es de 0.36; para un periodo de retorno de 10 años es de 0.39; para un periodo de retorno de 20 años es de 0.42; para un periodo de retorno de 25 años es de 0.43; para un periodo de retorno de 50 años es de 0.46; para un periodo de retorno de 100 años es de 0.50 .

A partir de los resultados geomorfológicos de la cuenca, obtenidos mediante en ArcGIS, se calculan los tiempos de concentración mediante: Kirpich, Bransby Williams, Temmez modificado, es posible validar cada una de estas metodologías y concluir que con cualquiera de ellas, debido a que los resultados obtenidos serán aceptables ya que están dentro de los rangos encontrados in-situ (huellas hídricas), y por motivos de practicidad es que se utilizó el promedio de las tres variables para obtener un mejor resultado que se ajuste a la realidad siendo este 1.66 horas evidentemente los tiempos de concentración calculados no varían con el período de retorno 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años y se utiliza el mismo valor conforme el periodo de retorno.

La estimación del número de curva CN se realizó mediante modelaciones de uso de suelo generados en el ArcGIS con la ayuda del earth google, programas que ayudaron a delimitar las distintas áreas como so urbana, bosques, pastizales y áreas de cultivo, obteniendo las áreas de cada una de las divisiones según características se determinó que la curva numero siendo este valor 77.66, para esta cuenca esto debido a las fuertes pendientes que se tiene en la micro cuenca.

Para concluir todas las metodologías Hidrometeorológicas que fueron aplicadas en este documento, necesitan un factor de ajuste (que varía conforme al pasar el tiempo), para ser aplicadas, estas tienen que ser actualizadas y reajustadas, debido a que se pueden generar errores en su aplicación, ya que el uso de suelo y las condiciones meteorológicas varían conforme pasa el tiempo.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda tener cuidado en la aplicación de datos de precipitación máximas diarias debido a que el dato de lluvia en 24 horas puede ser fruto de dos ó más sucesos de lluvia.

Si bien se escogió la metodología estadística como patrón de comparación para determinar la altura de precipitación en la microcuenca, sus resultados deben de tomarse con suma reserva, en el caso del análisis realizado en este documento se determinó con registros de 50 años; en caso de no existir información esto obligaría a utilizar los resultados obtenidos para extrapolar las medidas de las precipitaciones de otras estaciones meteorológicas y determinar para períodos de retorno altos, por ejemplo 25, 50 y 100 años, que son los utilizados con fines de diseño.

Se recomienda, para futuros cálculos de Caudales por Fórmula Racional Modificada y SCS, actualizar los valores del Coeficiente de Escurrimiento C y el Número de curva CN, puesto que las coberturas cambian con el tiempo.

Evaluar de nuevo los resultados de los análisis realizados cuando se cuente con algunos años más de registro, pues sería conveniente compararlos con los nuevos datos para determinar si la función de distribución estadística utilizada para el cálculo de caudales máximos sigue siendo la más apropiada.

BIBLIOGRAFIA

- Aliaga, V. 1985 “Hidrología Estadística” INAF Lima – PE.
- Aparicio F, 1998 “Fundamentos de Hidrología de Superficie”, Editorial Limusa, México
- Aparicio E. 2006 “Balance hídrico de la microcuenca san José con aplicación del sistema de información geográfica” Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, FIA, Puno-PE. 201p.
- Berry J.K., 1986 “Learning Computer Assisted Map Analysis in Geographic Information Systems”, Vol. III. USA.
- Chávez, A. 2009. Aplicación del método de regionalización para la determinación de caudales en el puente Carrasquillo. Universidad de Piura, Piura, PE. 120p.
- Chow V. 1994, “Hidrología Aplicada”, Mc. Graw Hill, Bogotá-CO. 785p
- Churata J. 1977 Hidrología de la cuenca del río Ramís - Puno, Universidad Nacional del Altiplano, Agronomía. Puno – PE. 182p.
- Chuvieco E. 1992, “II Curso Avanzado sobre Sistemas de Información Geográfica - Sistema de Información Geográfica”, Santiago de Chile - CH. 287p.
- Jhon E. 1999. Aplicación de modelos hidrológicos en el Análisis de máximas avenidas del río Grande Ilave – Puno. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, FIA, Puno- PE.
- INRENA - ALT. 2003, “Estudio Integral de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Ramís”, Puno - PE.
- Linsley, R. 1974 Ingeniería de los recursos hidráulicos. Editorial continental, México.
- Llamas, J. 1993 Hidrología General. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, Bilbao, ES. 186p.
- Linsley R. y Franzini J. 1972, “Ingeniería de los Recursos Hidráulicos”, CECSA, México.
- Mejía A. 1991, “Métodos Estadísticos en Hidrología”, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - PE.
- Reyes L. 1992, “Hidrología Básica”, CONCYTEC, Lima – PE.
- MTC, (2008). “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje”. Lima – PE. 209 p.
- Monsalve G. 1999 Hidrología en la Ingeniería. Alfa Omega Grupo Editor S.A.; Impreandes Presencia S.A, Bogota-CO. 475p
- Puerta T. Ronald, Regifo T. Juan y Bravo M. Nino, 2013 “ArcGIS Básico y Intermedio”, Universidad Agraria de la Selva, Tingo María-PE. 2013. 148p.

Ramos U. (2010) “Análisis de precipitaciones máximas diarias para la deducción de fórmulas de intensidad de lluvia, y curvas idf para las estaciones de Huancané, Moho y Putina” Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, FIA, Puno-PE.

Vilca J. 2002 “Estudio Hidrológico de la Cuenca Ramis”, Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno-PE. 126p.

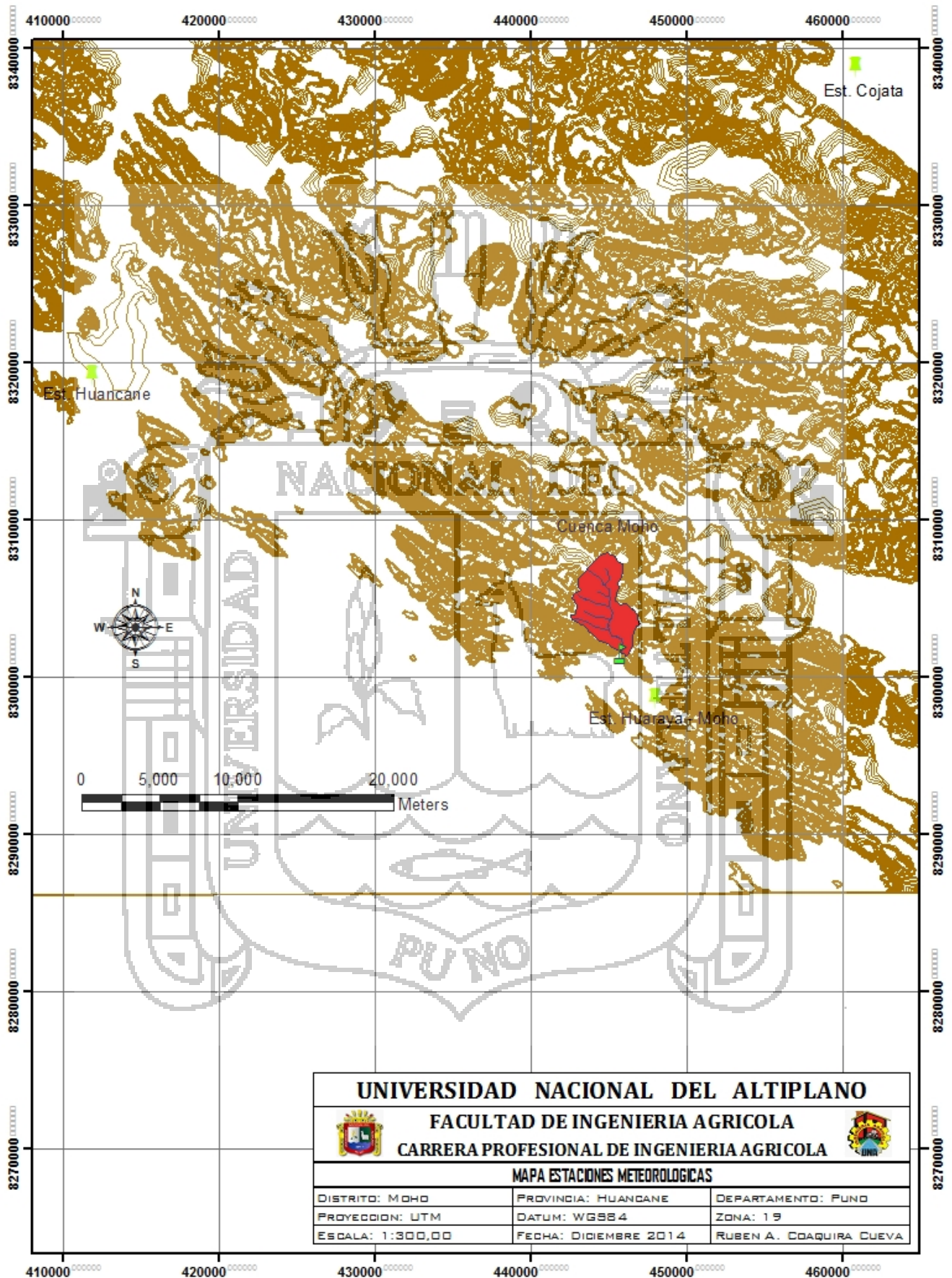
Villón M. 2002. “Hidrología Estadística”, instituto tecnológico de Costa Rica Editorial Villón, Lima-PE376p.

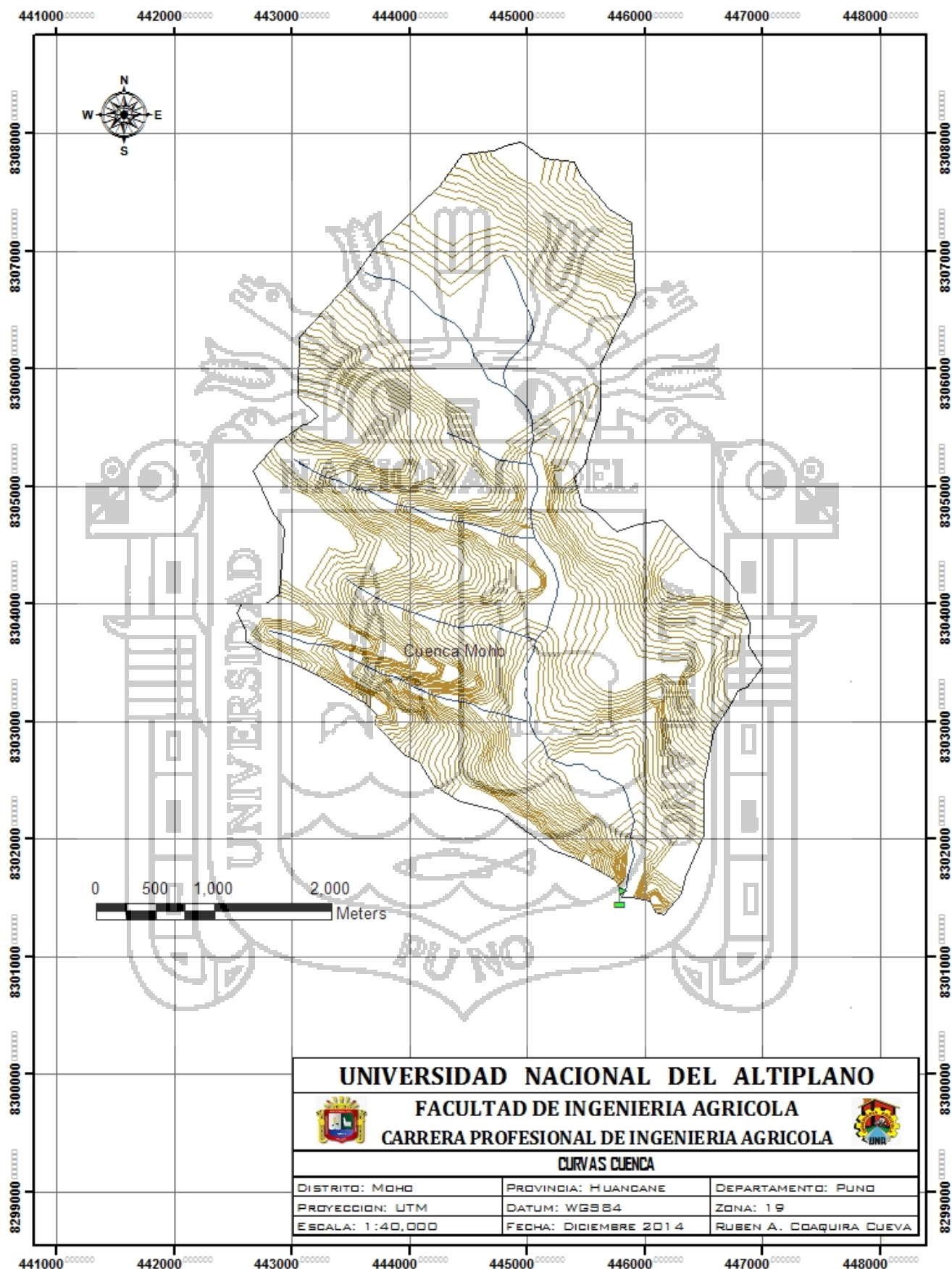
Villón M. 2011 “Hidrología”, instituto tecnológico de Costa Rica Editorial Villón. Lima-PE., 436p.

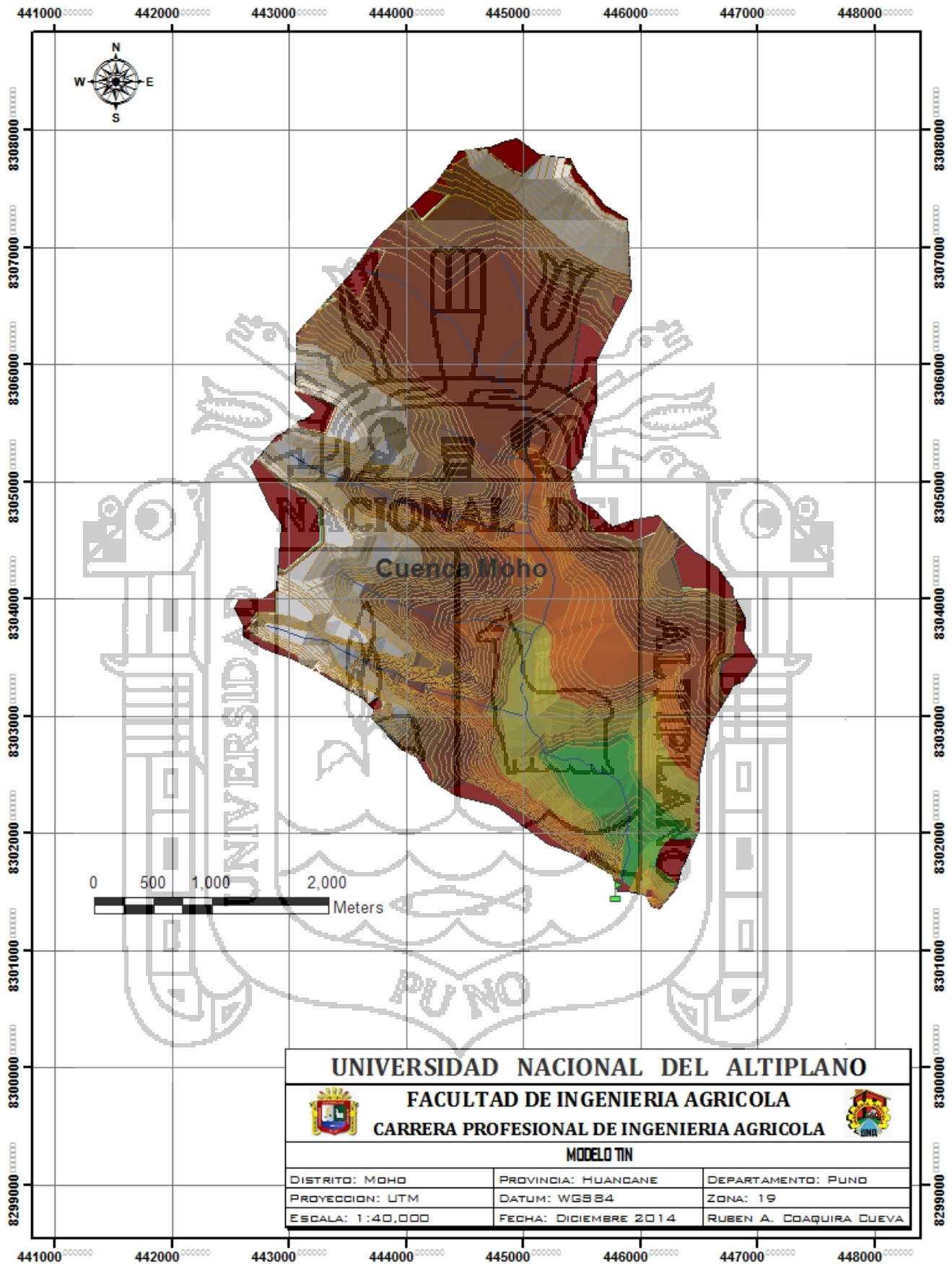
Villón M. 2002 “Hidroesta 2”, Instituto Tecnológico de Costa Rica Editorial V. Lima-PE., 384p.

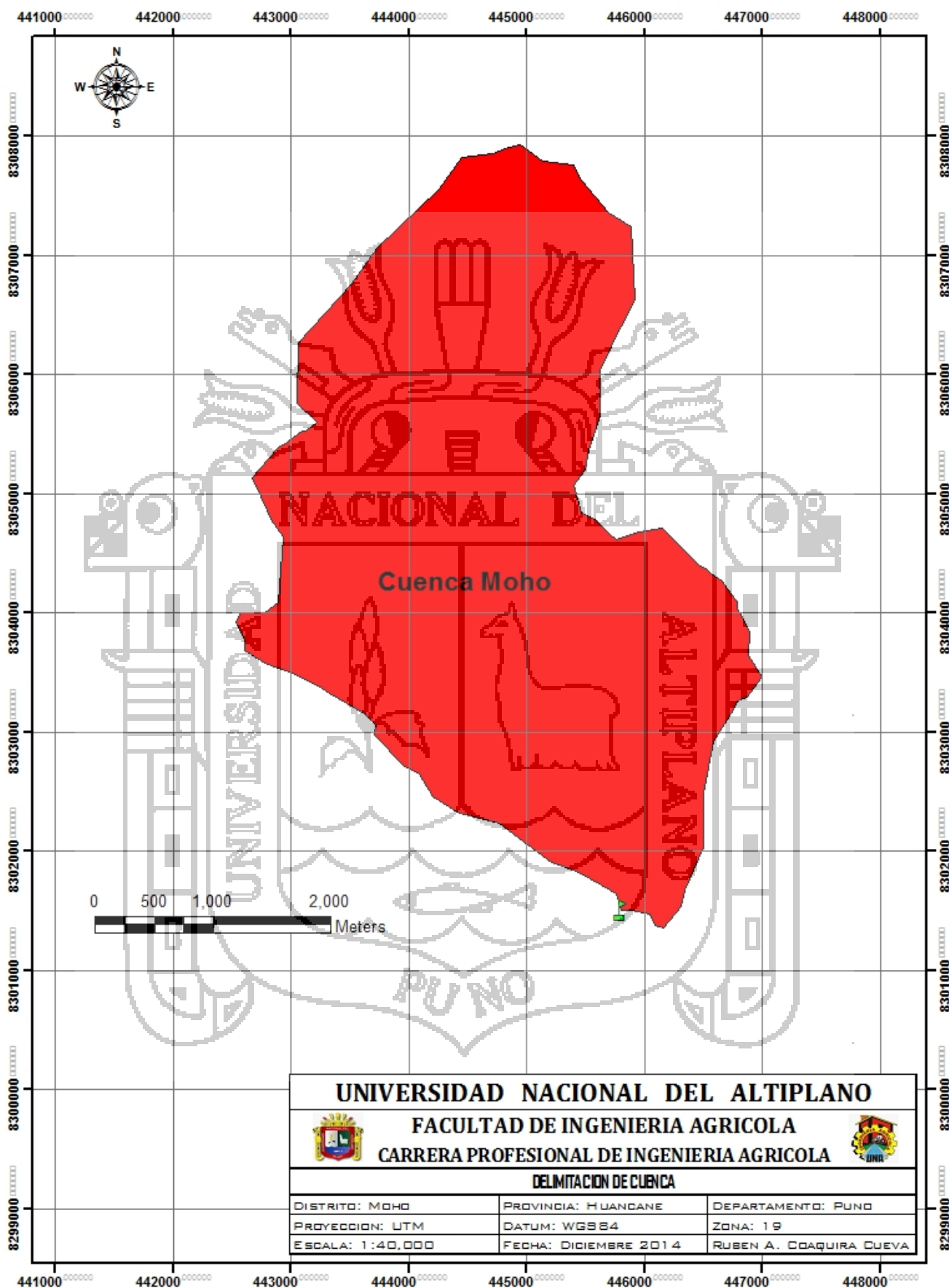


ANEXO: A Mapas construidos a partir del Arcgis













ANEXOS: B Datos meteorológicos originales

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HRS. ORIGINAL (mm)			
ESTACION	HUARAYA - MOHO		CODIGO
			110787

CUENCA	TITICACA	LATITUD	15°23'17.8" S	REGION	PUNO
RIO		LONGITUD	69°29'03.4" W	PROV	MOHO
TIPO	CO	ALTITUD	3,890.00 m.s.n.m	DIST	MOHO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1964	16.5	43.6	33.8	31.5	29.5	0.0	0.0	1.4	7.1	0.0	16.8	23.6	17.0
1965	58.3	33.7	27.6	11.0	3.0	0.8	5.0	0.5	14.2	26.3	0.0	40.0	18.4
1966	56.2	25.0	50.0	23.9	0.0	0.0	0.0	0.5	8.5	9.4	14.2	26.8	17.9
1967	12.1	18.8	46.0	0.5	13.2	7.3	12.0	12.0	21.0	0.0	5.4	31.3	15.0
1968	22.0	40.0	20.2	29.5	10.0	2.5	18.6	6.5	15.0	0.0	32.0	31.5	19.0
1969	15.0	18.2	30.5	7.0	3.5	0.1	17.1	7.8	8.2	5.7	41.2	22.1	14.7
1970	24.8	18.5	22.0	22.6	21.3	0.8	0.2	0.6	18.1	20.0	17.3	31.3	16.5
1971	34.9	42.5	17.3	15.0	3.2	0.6	0.0	22.0	2.0	19.0	19.7	23.6	16.7
1972	35.6	45.0	24.3	17.4	3.2	0.0	2.0	3.6	20.4	23.0	18.5	38.7	19.3
1973	20.7	32.2	16.3	18.5	13.6	1.8	6.0	15.0	26.1	17.3	16.0	36.5	18.3
1974	42.2	51.0	16.2	14.7	0.9	7.8	0.0	5.7	5.7	9.8	16.7	29.1	16.7
1975	30.0	31.7	31.0	15.0	21.6	5.6	0.0	0.4	15.2	19.1	10.6	22.1	16.9
1976	28.4	19.9	23.6	14.0	50.5	8.6	7.0	2.7	25.5	8.7	5.0	31.8	18.8
1977	23.7	27.0	27.2	2.1	29.5	0.3	2.0	0.2	11.1	19.2	21.3	33.1	16.4
1978	55.4	39.8	38.9	23.2	3.0	11.2	1.5	1.3	9.6	19.3	25.8	46.3	22.9
1979	34.5	32.4	27.5	22.9	3.1	0.0	6.8	8.0	9.3	18.8	28.5	54.7	20.5
1980	31.6	22.5	20.5	13.3	1.5	1.9	9.5	15.0	15.2	15.9	7.2	9.8	13.7
1981	42.6	24.6	13.2	21.5	5.0	1.0	0.0	17.2	27.8	21.2	10.6	27.8	17.7
1982	39.0	22.1	18.4	25.3	3.0	0.3	1.6	5.3	31.4	25.7	20.5	22.2	17.9
1983	20.0	22.5	15.8	19.3	25.8	5.9	3.0	1.4	23.6	26.6	11.4	9.6	15.4
1984	53.3	39.0	32.0	5.7	14.5	22.2	1.0	11.6	1.0	8.3	23.2	62.0	22.8
1985	41.8	23.3	33.5	38.6	8.5	10.7	0.2	1.0	25.2	22.0	48.4	51.6	25.4
1986	30.0	37.8	22.6	14.6	30.5	0.0	15.1	27.3	13.5	11.6	31.0	34.2	22.4
1987	27.9	21.1	38.0	15.0	7.0	4.6	17.7	12.3	4.8	14.6	22.1	34.5	18.3
1988	63.2	49.3	54.7	22.2	20.3	0.0	0.0	0.0	1.7	16.7	5.8	13.7	20.6
1989	21.7	31.4	18.0	21.2	21.0	5.2	3.0	12.8	6.6	14.6	10.8	10.8	14.8
1990	25.5	24.8	21.9	19.0	3.4	26.4	0.0	7.2	12.3	24.7	24.5	20.2	17.5
1991	29.2	45.2	32.3	10.2	13.0	24.5	0.0	6.8	10.4	6.4	25.4	37.6	20.1
1992	21.3	17.2	19.0	10.5	0.0	20.2	1.5	51.0	2.8	21.5	8.5	32.0	17.1
1993	45.3	11.7	12.2	19.7	10.9	15.6	1.4	4.2	8.5	14.7	19.7	20.2	15.3
1994	33.8	23.1	26.5	28.2	21.2	1.8	0.0	2.0	2.0	10.7	15.4	41.5	17.2
1995	17.8	33.4	20.7	4.3	10.0	0.0	0.0	1.4	11.8	12.7	28.4	28.1	14.1
1996	37.0	19.6	38.7	11.0	3.0	0.0	6.0	2.6	9.6	6.2	24.6	27.7	15.5
1997	46.0	24.0	24.3	23.4	7.2	0.0	0.2	15.2	15.6	13.4	31.2	24.6	18.8
1998	28.7	31.6	34.5	15.0	0.0	11.0	0.0	2.0	1.6	8.8	17.6	11.5	13.5
1999	13.6	12.6	50.5	17.5	4.0	0.5	0.4	0.8	12.4	15.6	15.0	10.5	12.8
2000	29.8	16.5	39.5	18.0	5.9	4.4	0.0	14.2	6.5	26.6	18.5	33.6	17.8
2001	62.0	30.4	27.0	20.4	13.8	5.1	18.3	4.3	3.4	25.5	15.6	45.3	22.6
2002	38.6	43.8	41.2	10.4	9.3	2.0	10.2	5.8	15.3	23.1	35.3	16.5	21.0
2003	39.4	40.1	36.4	18.5	10.2	10.6	7.2	7.8	17.7	17.4	7.2	74.3	23.9
2004	52.4	22.5	35.5	13.8	3.1	5.8	8.4	25.9	7.2	7.3	35.3	15.4	19.4
2005	24.7	27.8	6.2	34.9	0.5	0.0	0.0	9.0	17.2	22.8	33.2	35.8	17.7
2006	34.8	26.8	22.1	11.9	2.4	0.0	0.0	0.9	26.7	9.6	24.0	22.2	15.1
2007	26.4	28.5		25.6	3.6	0.0	2.2	0.0	16.9	21.1	24.4	23.0	15.6
2008	34.5	30.5	42.0	3.0	18.0	0.0	0.0	0.0	3.6	26.6	6.3	33.6	16.5
2009	21.3	20.2	21.4	6.6	2.2	0.0	4.6	0.0	3.6	37.6	38.6	23.2	14.9
2010	29.8	42.6		12.2	20.6	0.9	0.0	4.7	1.4	20.4	0.5	48.1	16.5
2011	10.6	29.5	22.0	5.0	6.2	0.0	4.1	7.3	9.8	14.5	18.0	15.3	11.8
2012	16.7	18.2	13.7	7.2	7.3	9.0	11.3	7.4	10.1	13.2	14.9	14.4	12.0
2013	17.3	17.6	15.6	7.1	7.0	7.6	6.9	8.7	8.5	11.2	13.0	14.8	11.3

N° DATOS	50	50	48	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
MEDIA	32.4	29.0	27.5	16.4	10.6	4.9	4.2	7.6	12.1	16.1	19.5	29.4	17.4
DESV.STD	13.3	9.9	10.9	8.4	10.2	6.7	5.5	9.1	7.9	7.8	10.5	13.7	3.1
MIN	10.6	11.7	6.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	9.6	11.3
MAX	63.2	51.0	54.7	38.6	50.5	26.4	18.6	51.0	31.4	37.6	48.4	74.3	25.4
MEDIANA	29.9	27.4	25.4	15.0	7.1	1.8	1.6	5.5	10.3	16.3	18.2	28.0	17.2



PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HRS. ORIGINAL (mm)

ESTACION	COJATA	CODIGO	157418
-----------------	---------------	---------------	---------------

CUENCA		LATITUD	15°01'31,5" S	REGION	PUNO
RIO		LONGITUD	69°21'49,3" W	PROV	HUANCANE
TIPO	CO	ALTITUD	4,380.00 m.s.n.m	DIST	COJATA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	23.0	38.2	31.2	13.2	12.4	0.1	7.5	2.5	6.5	13.5	16.7	9.4	14.5
1965	19.4	19.2	20.6	23.7	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	9.8	17.9	9.4
1966	20.5	38.0	14.0	8.0	28.0	0.0	0.0	0.0	12.7	8.7	7.2	37.0	14.5
1967	7.8	27.9	24.6	18.0	17.5	8.3	12.7	17.6	6.3	8.5	5.8	27.0	15.2
1968	24.8	16.0	5.2	10.0	3.9	0.0	26.4	3.9	19.8	10.2	17.0	16.4	12.8
1969	15.2	10.0	13.4	10.0	1.6	2.5	22.3	3.9	8.2	13.5	18.2	13.2	11.0
1970	23.2	17.4	23.6	33.5	4.5	0.0	2.3	3.7	25.2	11.4	16.7	17.6	14.9
1971	37.3	18.9	15.6	4.0	2.3	0.6	0.0	1.5	6.8	25.5	19.7	17.8	12.5
1972	34.3	48.4	16.4	14.8	0.0	0.0	2.0	7.5	5.9	14.5	18.5	11.0	14.4
1973	17.6	15.7	12.0	22.0	12.4	4.2	1.2	1.0	14.9	21.7	12.2	21.8	13.1
1974	19.9	21.3	12.4	12.3	3.0	5.0	0.0	13.5	9.0	15.6	17.8	25.0	12.9
1975	22.5	20.7	34.6	3.7	14.0	4.8	0.0	1.0	8.5	13.7	15.7	32.6	14.3
1976	23.0	13.1	18.0	18.0	10.0	10.8	5.0	11.3	19.2	4.8	5.0	22.0	13.4
1977	20.0	19.0	19.8	25.0	14.0	9.9	0.0	0.0	12.0	18.3	13.0	37.0	15.7
1978	18.0	30.0	16.0	15.0	0.0	8.0	0.0	0.0	16.0	0.0	29.0	33.4	13.8
1979	20.0	12.4	19.8	24.8	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	8.3	18.6	13.0	9.9
1980	29.6	15.0	21.0	6.1	15.7	1.4	5.3	10.0	10.0	18.2	18.0	19.2	14.1
1981	24.7	25.0	15.8	35.0	3.0	4.2	0.0	13.5	69.0	18.3	12.0	26.0	20.5
1982	30.0	10.5	32.6	17.1	8.3	0.0	0.0	9.7	11.8	14.0	25.0	33.1	16.0
1983	16.9	31.0	29.0	34.0	8.3	0.0	0.0	7.0	9.5	20.2	9.7	18.6	15.4
1984	20.2	29.0	20.5	12.0	0.0	8.0	8.0	14.0	5.8	16.3	13.7	33.6	15.1
1985	38.9	20.4	28.0	20.0	6.0	7.0	0.0	0.0	15.1	16.8	27.0	27.9	17.3
1986	20.2	14.7	22.0	15.3	10.2	0.0	3.5	15.9	12.5	8.3	18.6	31.0	14.4
1987	24.8	13.5	15.0	35.1	13.3	26.0	10.4	3.6	4.6	13.5	19.7	0.0	15.0
1988	33.2	38.6	17.6	20.0	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	26.3	0.0	19.8	14.4
1989	24.8	15.0	15.6	14.7	3.2	5.3	1.8	9.8	1.2	4.8	10.4	15.3	10.2
1990	15.8	15.7	25.0	8.5	3.7	21.2	0.0	4.9	6.0	11.5	15.6	24.9	12.7
1991	26.7	14.0	18.3	16.4	6.2	14.0	0.0	0.0	5.0	12.8	13.0	23.8	12.5
1992	24.9	18.4	21.2	4.4	0.0	9.3	0.0	29.7	13.4	7.1	28.3	55.5	17.7
1993	20.7	17.1	12.0	4.4	0.0	9.3	3.7	15.7	8.9	19.2	13.5	15.9	11.7
1994	19.9	21.5	34.0	18.7	10.6	5.9	0.0	0.0	18.2	16.8	21.0	22.5	15.8
1995	27.5	14.8	13.7	9.3	5.8	0.0	4.6	0.0	7.7	10.0	14.0	16.4	10.3
1996	20.2	12.6	19.2	15.1	12.2	0.0	5.3	9.8	12.9	17.0	13.7	17.4	13.0
1997	15.3	26.0	45.4	14.5	4.1	0.0	5.9	7.2	8.5	25.1	14.9	9.4	14.7
1998	15.0	20.0	17.4	22.1	0.0	7.2	0.0	3.6	2.3	15.8	20.4	13.7	11.5
1999	21.6	25.4	32.5	11.7	7.8	4.9	3.4	0.0	11.4	9.8	14.7	27.2	14.2
2000	20.8	16.7	15.5	7.9	5.8	8.7	5.4	11.9	10.6	21.6	7.8	19.5	12.7
2001	24.2	12.4	17.6	8.9	27.2	6.8	7.2	9.5	8.3	22.1	17.0	28.1	15.8
2002	10.0	34.4	10.7	15.0	18.2	0.4	5.9	5.6	13.8	11.8	22.8	12.1	13.4
2003	61.1	25.7	21.5	10.0	4.4	6.8	0.0	14.4	5.2	9.9	12.6	18.5	15.8
2004	30.6	10.1	14.7	12.6	4.4	3.4	2.2	6.2	9.0	5.7	12.2	8.1	9.9
2005	19.2	13.5	7.3	8.2	0.8	0.0	1.6	1.8	6.4	19.1	10.6	7.6	8.0
2006	40.9	12.3	15.0	10.2	2.3	0.0	0.0	3.2	11.0	13.4	9.8	9.8	10.7
2007	29.6	13.9	21.0	11.1	9.3	0.0	0.0	2.9	9.8	5.5	16.0	24.5	12.0
2008	15.8	14.2	19.6	8.4	3.1	8.5	0.0	2.5	6.1	16.1	12.2	22.6	10.8
2009	25.0	9.7	9.8	4.2	1.3	0.0	3.6	0.0	5.8	12.9	20.3	22.2	9.6
2010	17.6	17.9	20.8	7.7	5.8	0.2	2.0	1.0	0.4	7.9	1.3	35.6	9.9
2011	13.9	17.5	13.6	10.1	6.2	0.5	4.4	8.5	9.6	11.8	13.4	12.2	10.1
2012	12.8	13.5	11.4	8.4	8.5	9.3	10.3	8.5	9.8	11.2	12.0	11.8	10.6
2013	13.1	13.2	12.3	8.4	8.4	8.6	8.3	9.1	9.1	10.3	11.1	11.9	10.3
N° DATOS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
MEDIA	23.0	19.8	19.3	14.4	7.3	4.6	3.6	6.2	10.4	13.4	14.9	21.0	13.2
DESV.STD	8.8	8.6	7.7	8.0	6.6	5.5	5.4	6.1	9.9	6.0	6.0	9.8	2.5
MIN	7.8	9.7	5.2	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0
MAX	61.1	48.4	45.4	35.1	28.0	26.0	26.4	29.7	69.0	26.3	29.0	55.5	20.5
MEDIANA	20.8	17.3	17.8	12.5	5.8	3.8	1.9	3.9	9.0	13.5	14.4	19.4	13.2



PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HRS. ORIGINAL (mm)

ESTACION	HUANCANE	CODIGO	110786
-----------------	-----------------	---------------	---------------

CUENCA		LATITUD	15°12'05.4" S	REGION	PUNO
RIO		LONGITUD	69°45'12.8" W	PROV	HUANCANE
TIPO	CO	ALTITUD	3,890.00 m.s.n.m	DIST	HUANCANE

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	13.0	14.0	34.0	19.0	11.0	0.0	0.0	1.2	4.0	4.0	48.0	8.0	13.0
1965	35.0	28.5	18.0	8.0	1.5	0.0	3.0	2.0	8.0	14.0	17.0	25.0	13.3
1966	34.0	49.0	24.5	11.0	31.5	0.0	0.0	0.0	11.6	10.0	17.0	23.0	17.6
1967	6.0	21.0	16.0	2.0	7.0	1.0	13.0	5.0	11.0	18.0	5.8	54.2	13.3
1968	14.4	35.4	30.5	14.0	6.5	5.4	5.8	5.0	26.6	13.8	27.7	26.5	17.6
1969	20.0	31.2	25.0	9.2	0.0	2.2	7.5	8.2	7.2	5.2	16.5	7.5	11.6
1970	47.5	8.5	31.2	10.0	6.2	1.0	0.0	0.0	12.0	20.0	17.0	34.0	15.6
1971	19.0	44.0	18.5	3.5	1.0	1.0	0.0	1.5	0.0	12.4	20.8	13.4	11.3
1972	33.0	35.0	17.0	6.0	0.0	0.0	4.5	5.0	32.0	5.8	29.5	29.0	16.4
1973	23.0	9.2	39.5	17.5	3.5	0.0	0.0	5.5	28.8	17.0	4.5	15.0	13.6
1974	29.6	22.6	22.5	15.0	0.0	2.5	0.0	12.0	14.0	9.0	39.0	12.0	14.9
1975	21.0	36.0	17.5	10.0	5.5	0.0	0.0	0.0	3.0	30.5	6.0	20.0	12.5
1976	15.0	15.0	5.2	0.0	9.0	4.5	1.8	10.5	11.0	24.7	13.5	16.8	10.6
1977	6.8	34.1	19.0	0.0	1.8	0.0	1.9	3.2	19.0	19.0	21.0	13.6	11.6
1978	18.8	45.2	37.0	16.8	0.1	4.8	6.8	0.1	11.8	18.0	44.2	42.2	20.5
1979	36.8	34.8	7.4	23.2	1.6	0.0	2.8	6.8	1.6	16.6	33.0	22.3	15.6
1980	25.4	23.3	32.4	11.2	7.0	0.1	2.6	4.8	27.4	24.0	10.2	23.0	16.0
1981	42.2	26.2	26.4	34.8	11.2	0.1	0.0	8.8	12.0	24.8	8.8	35.2	19.2
1982	38.2	18.2	34.8	14.2	1.2	1.2	0.0	4.2	8.6	9.8	32.8	28.2	16.0
1983	18.2	21.2	13.2	9.6	7.8	1.0	0.0	1.4	12.2	15.6	16.0	19.8	11.3
1984	21.2	26.0	29.2	14.2	9.6	4.2	0.0	4.8	1.4	38.6	46.6	24.2	18.3
1985	22.8	9.8	26.4	42.2	6.2	10.4	0.0	2.2	29.6	15.6	39.0	31.8	19.7
1986	35.8	39.4	35.2	14.4	4.8	0.0	5.6	16.2	13.8	8.4	20.2	19.8	17.8
1987	58.0	7.2	25.2	7.9	7.9	8.8	8.8	9.8	5.4	21.2	32.3	15.2	17.3
1988	52.4	18.2	43.2	30.2	19.2	0.0	0.0	0.0	6.3	15.8	4.0	19.6	17.4
1989	32.0	31.2	15.2	15.8	1.8	2.0	1.0	7.4	9.0	6.0	13.6	35.0	14.2
1990	21.6	23.6	15.2	6.9	9.6	23.2	0.0	16.2	16.1	13.6	21.2	23.8	15.9
1991	23.9	58.0	44.2	6.6	12.8	24.6	1.0	0.6	12.6	5.4	20.4	38.0	20.7
1992	15.3	14.0	29.8	3.8	0.0	9.6	8.8	48.5	10.6	24.6	14.3	27.9	17.3
1993	25.5	17.8	21.5	19.1	7.2	2.1	0.0	4.6	3.6	21.5	32.0	31.2	15.5
1994	20.0	24.0	68.7	15.2	14.0	1.8	0.0	0.0	6.6	10.2	15.9	41.1	18.1
1995	16.2	22.9	16.8	9.7	1.2	0.0	0.8	1.2	8.3	11.0	35.0	15.6	11.6
1996	50.2	10.5	19.3	9.2	1.3	0.0	7.6	2.7	4.7	7.4	19.2	51.6	15.3
1997	35.6	34.0	30.2	24.3	7.4	0.0	0.0	11.0	13.1	8.6	28.1	15.0	17.3
1998	28.5	17.2	24.0	14.8	0.0	2.9	0.0	0.5	2.3	14.1	54.5	21.1	15.0
1999	26.1	11.6	45.0	43.7	9.2	0.5	1.3	0.9	10.8	15.9	25.3	13.4	17.0
2000	13.0	14.6	19.6	5.5	7.8	3.0	0.5	9.4	10.5	17.8	13.7	28.4	12.0
2001	24.8	24.9	29.7	5.9	10.5	3.5	2.8	5.9	2.3	28.2	12.0	25.7	14.7
2002	15.0	30.9	22.6	32.0	5.9	4.8	10.0	2.0	8.3	29.6	20.0	25.3	17.2
2003	26.8	32.3	31.3	19.0	1.6	11.0	1.1	1.6	6.9	27.2	19.9	39.2	18.2
2004	33.1	32.2	23.5	11.4	2.5	2.3	5.4	19.0	7.8	13.6	32.7	35.9	18.3
2005	15.2	19.3	26.4	4.5	0.5	0.0	0.0	4.6	12.6	18.5	13.8	25.0	11.7
2006	31.6	14.9	19.4	20.2	0.5	1.0	0.0	2.6	8.3	26.5	11.0	22.0	13.2
2007	29.2	22.2	34.6	18.9	2.6	0.0	1.4	0.7	21.8	3.6	19.6	25.7	15.0
2008	23.0	36.6	15.9	3.3	7.3	0.0	0.0	0.0	2.6	16.6	13.5	43.9	13.6
2009	21.0	25.3	16.5	6.7	0.5	0.0	1.6	0.0	10.0	4.5	18.0	16.8	10.1
2010	20.6	13.1	9.5	10.5	13.5	0.0	0.0	0.0	0.3	12.6	0.4	19.7	8.4
2011	15.1	32.2	15.9	15.6	3.9	0.0	3.0	0.8	4.2	10.6	15.4	11.7	10.7
2012	13.7	15.7	9.6	0.7	0.8	3.2	6.3	1.0	4.7	8.9	11.2	10.5	7.2
2013	14.5	14.8	12.2	0.6	0.5	1.3	0.3	2.7	2.5	6.2	8.6	11.0	6.3

N° DATOS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
MEDIA	25.6	24.9	24.9	13.4	5.7	2.9	2.3	5.2	10.4	15.5	21.2	24.7	14.7
DESV.STD	11.3	11.2	11.3	9.9	5.8	5.1	3.2	7.7	7.7	7.9	12.1	10.8	3.3
MIN	6.0	7.2	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.4	7.5	6.3
MAX	58.0	58.0	68.7	43.7	31.5	24.6	13.0	48.5	32.0	38.6	54.5	54.2	20.7
MEDIANA	23.0	23.5	23.8	11.1	5.2	1.0	0.9	2.7	8.8	14.9	18.6	23.4	15.2

ANEXOS: C Tablas

Coefficientes de escorrentía para ser usados

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
<i>Área de cultivos</i>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<i>Pastizales</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Bosques</i>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con Autorización.

Tabla C-1. Tabla de valores de coeficientes de escurrimiento C

Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, Ia = 0.2S)

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas.	45	66	77	83
cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75 % o más	39	61	74	80
condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75 %	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85 % impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ² :				
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable ³			
1/8 acre o menos	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁴	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

1 Para una descripción más detallada de los números de curva para los usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9

2 Una buena cubierta será protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

3 Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

4 Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.

5 En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

Tabla C-2. Tabla de valores de Números de Curva CN

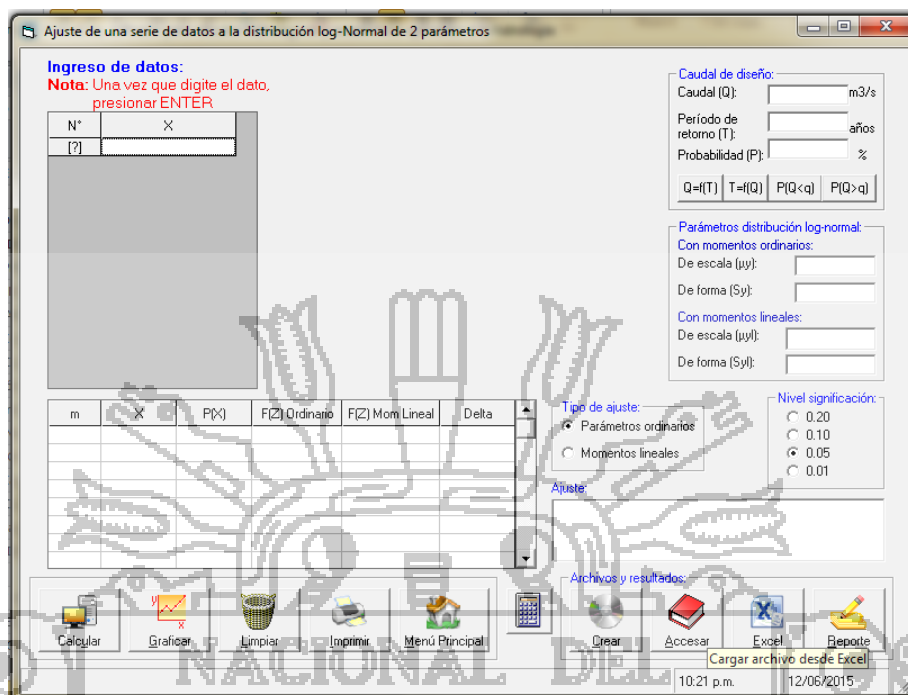
ANEXOS: D Calculo de Kolmogorov - Smirnov mediante el Hidroesta 2



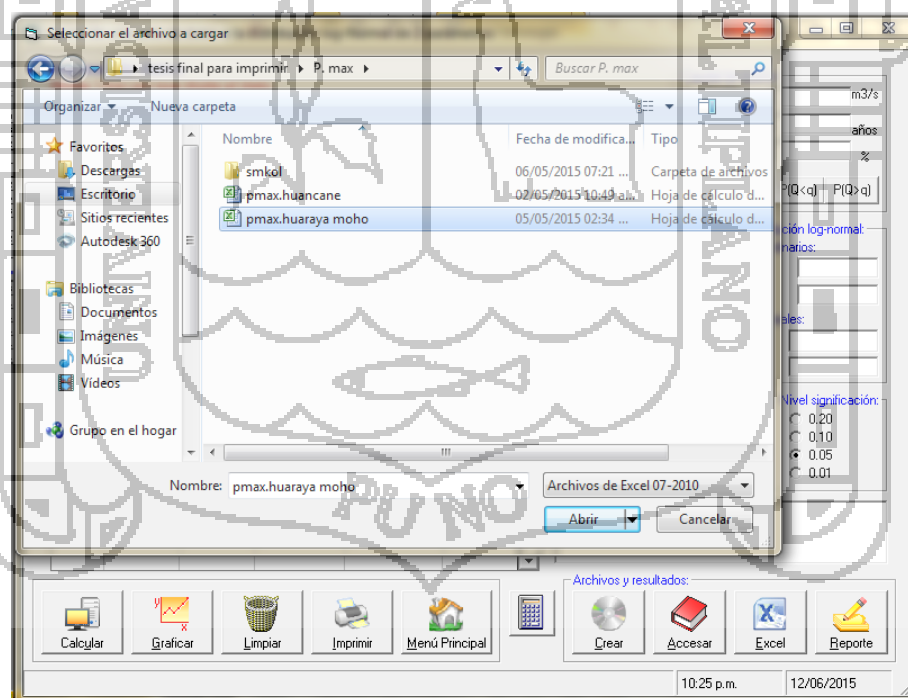
Paso 1: Iniciamos el programa.



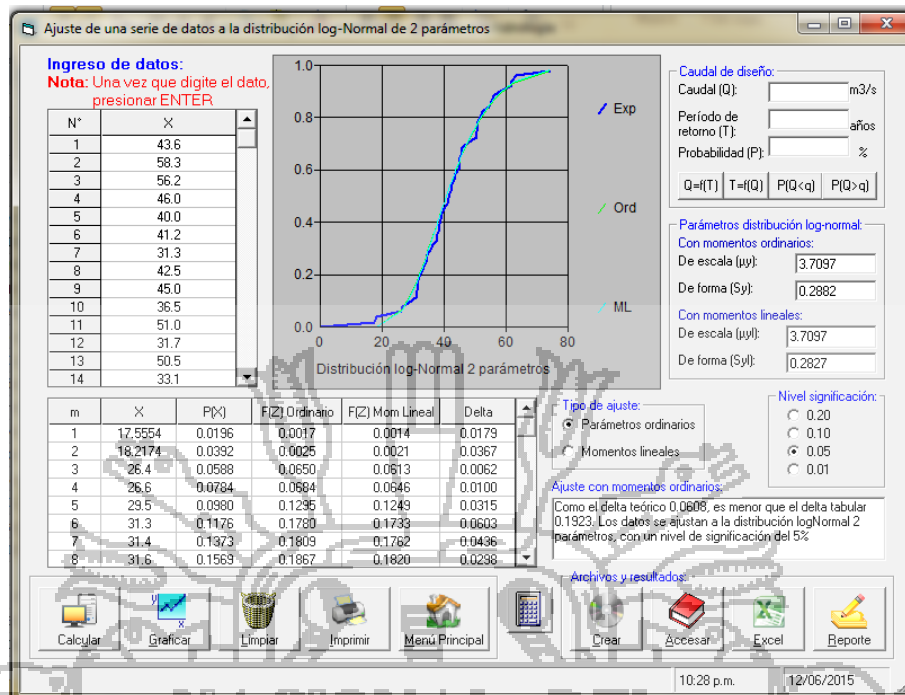
Paso 2: Escoger la distribución a utilizar.



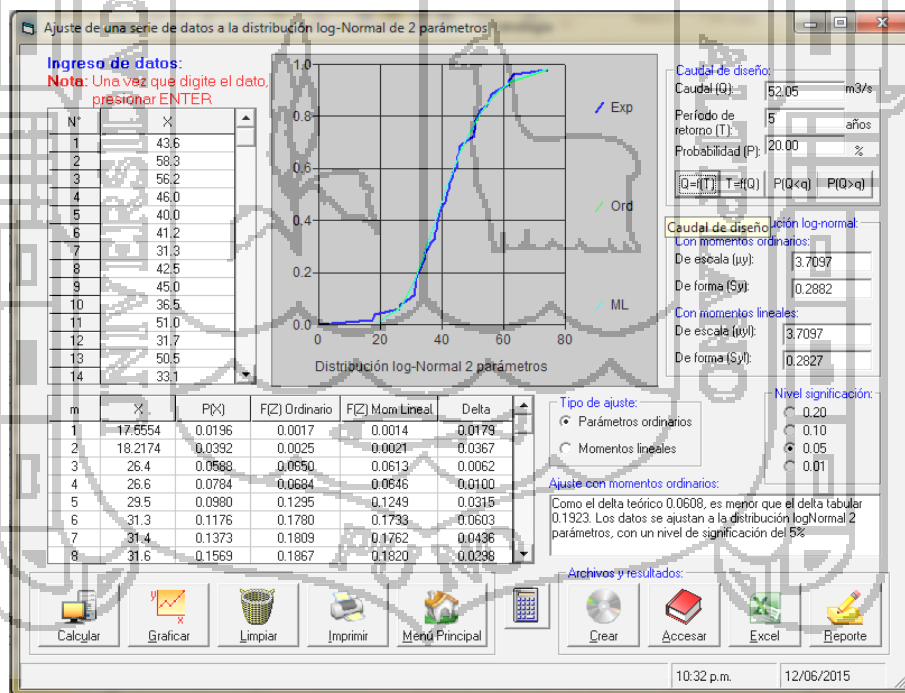
Paso 3: Cargar los datos desde la hoja Excel.



Paso 4: Abrir el archivo.



Paso 5: Presionamos los iconos "calcular y graficar".



Paso 6: ingresamos el periodo de retorno y presionamos el caudal de diseño.

Nota: Este proceso se repite para cada distribución (log normal 2 parámetros, log normal 3 parámetros, log Pearson tipo III, gumbel) y para cada periodo de retorno, para obtener un reporte final realizamos un clic en el icono reporte y así obtenemos el reporte final otorgado por el Hidroesta2

Anexo E: Análisis de consistencia

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA - ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANÁLISIS DE TENDENCIAS

ESTACION: MOHO - HUARAYA

CUADRO No 1 MEDIA, DESVEST. Y COEFICIENTE DE REGRESION DE LAS TENDENCIAS EN LA MEDIA Y EN LA DESVIACION ESTANDAR.

TENDENCIA EN LA:	MEDIA	DESVEST	COEFICIENTE DE REGRESION		COEFIC. DE CORRELACION R	# DE DATOS N	TOTAL DE DATOS N
			Am	Bm			
MEDIA (Tm)	57,08	58,76	-0,0030	-	-0,0084	571	571
DESVEST(Ts)	57,24	16,98	0,0522	-	0,0430	48	48

CUADRO No 2 ANALISIS ESTADISTICO DE LA TENDENCIA EN LA MEDIA Y DESVIACION ESTANDAR

TENDENCIA EN LA:	ESTADISTICO		COMPARACION	TENDENCIA SIGNIFICATIVA
	Tc	Tt		
MEDIA (Tm)	-0,2004	1,9641	[Tc] < [Tt]	NO
DESVEST(Ts)	0,2919	2,0117	[Tc] < [Tt]	NO

ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA

tj	Xt	t*Tm	MEDIA	DESVEST.
1	116,00	116	57,08	58,76
2	74,50	149	286,00	164,93
3	151,00	453	1624,322	-
4	54,50	218	-	-
5	9,00	45	-	-
6	0,00	0	-	-
7	0,00	0	-	-
8	4,70	37,6	-	-
9	56,50	508,5	-	-
10	28,50	285	-	-
11	50,50	555,5	-	-
12	40,00	480	-	-
13	121,00	1578	-	-
14	60,40	845,6	-	-
15	142,60	2139	-	-
16	40,00	640	-	-
17	2,00	34	-	-
18	0,00	0	-	-
19	0,00	0	-	-
20	0,50	10	-	-
21	18,00	378	-	-
22	22,00	484	-	-
23	55,60	1278,8	-	-
24	128,10	3074,4	-	-
25	23,70	592,5	-	-
26	100,10	2602,6	-	-
27	64,80	1749,6	-	-
28	15,70	498,6	-	-
29	64,70	1676,3	-	-
30	10,00	0	-	-
31	0,00	0	-	-
32	25,00	80	-	-
33	13,00	429	-	-
34	33,30	1132,2	-	-
35	63,20	2212	-	-
36	83,90	3020,4	-	-
37	53,10	2149,7	-	-
38	106,00	4028	-	-
39	103,60	4040,4	-	-
40	5,50	220	-	-
41	25,00	1025	-	-
42	11,00	42	-	-
43	18,00	774	-	-
44	19,60	862,4	-	-
45	69,50	3127,5	-	-
46	65,40	3008,4	-	-
47	14,20	667,4	-	-
48	151,60	7276,8	-	-

tj	Xt	t*Tm	MEDIA	DESVEST.
1	116,00	116	57,08	58,76
2	74,50	149	286,00	164,93
3	151,00	453	1624,322	-
4	54,50	218	-	-
5	9,00	45	-	-
6	0,00	0	-	-
7	0,00	0	-	-
8	4,70	37,6	-	-
9	56,50	508,5	-	-
10	28,50	285	-	-
11	50,50	555,5	-	-
12	40,00	480	-	-
13	121,00	1578	-	-
14	60,40	845,6	-	-
15	142,60	2139	-	-
16	40,00	640	-	-
17	2,00	34	-	-
18	0,00	0	-	-
19	0,00	0	-	-
20	0,50	10	-	-
21	18,00	378	-	-
22	22,00	484	-	-
23	55,60	1278,8	-	-
24	128,10	3074,4	-	-
25	23,70	592,5	-	-
26	100,10	2602,6	-	-
27	64,80	1749,6	-	-
28	15,70	498,6	-	-
29	64,70	1676,3	-	-
30	10,00	0	-	-
31	0,00	0	-	-
32	25,00	80	-	-
33	13,00	429	-	-
34	33,30	1132,2	-	-
35	63,20	2212	-	-
36	83,90	3020,4	-	-
37	53,10	2149,7	-	-
38	106,00	4028	-	-
39	103,60	4040,4	-	-
40	5,50	220	-	-
41	25,00	1025	-	-
42	11,00	42	-	-
43	18,00	774	-	-
44	19,60	862,4	-	-
45	69,50	3127,5	-	-
46	65,40	3008,4	-	-
47	14,20	667,4	-	-
48	151,60	7276,8	-	-

ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

tj	Sp	t*Sp	MEDIA	DESVEST
1	47,20	47,20	57,24	16,98
2	53,50	107,00	1412,61	-
3	35,10	109,30	-	-
4	47,80	191,20	-	-
5	48,20	241,00	-	-
6	32,00	192,00	-	-
7	57,80	404,60	-	-
8	53,00	424,00	-	-
9	59,60	536,40	-	-
10	63,60	636,00	-	-
11	67,40	741,40	-	-
12	61,20	734,40	-	-
13	48,80	635,70	-	-
14	56,90	791,00	-	-
15	69,20	1098,00	-	-
16	65,00	1040,00	-	-
17	63,70	1082,90	-	-
18	75,60	1360,80	-	-
19	57,40	1090,60	-	-
20	34,50	690,00	-	-
21	101,50	2131,50	-	-
22	111,20	2446,40	-	-
23	108,80	2502,40	-	-
24	37,50	900,00	-	-
25	66,20	1655,00	-	-
26	37,50	975,00	-	-
27	43,20	1166,40	-	-
28	47,30	1324,40	-	-
29	55,30	1023,70	-	-
30	47,70	1431,00	-	-
31	69,20	1835,20	-	-
32	55,90	1788,80	-	-
33	46,80	1544,40	-	-
34	63,90	2172,60	-	-
35	46,90	1606,50	-	-
36	42,80	1540,80	-	-
37	57,50	2127,50	-	-
38	76,30	2899,40	-	-
39	55,10	2148,90	-	-
40	58,40	2336,00	-	-
41	67,90	2783,90	-	-
42	53,10	2230,20	-	-
43	41,40	1780,20	-	-
44	48,30	2125,20	-	-
45	63,70	2866,50	-	-
46	50,80	2336,80	-	-
47	58,70	2758,90	-	-
48	68,30	3278,40	-	-

COEF. DE CORRELACION	
R =	0,0430
N =	48



ANÁLISIS DE TENDENCIAS

ESTACION: **COJATA**

CUADRO No 1 MEDIA, DESVEST. Y COEFICIENTE DE REGRESION DE LAS TENDENCIAS EN LA MEDIA Y EN LA DESVIACION ESTANDAR.

TENDENCIA EN LA:	MEDIA	DESVEST	COEFICIENTE DE REGRESION		COEFIC. DE CORRELACION DE DATOS	
			Am	Bm	R	N
MEDIA (Tm)	66.40	74.34	69.3158	-0.0122	-0.0226	477
DESVEST. (Ts)	72.52	19.40	72.9798	-0.0209	-0.0135	43

CUADRO No 2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA TENDENCIA EN LA MEDIA Y DESVIACION ESTANDAR

TENDENCIA EN LA:	ESTADÍSTICO		COMPARACIÓN	TENDENCIA SIGNIFICATIVA
	Tc	Tt		
MEDIA (Tm)	-0.4927	1.9650	|Tc| < Tt	NO
DESVEST. (Ts)	-0.0865	2.0181	|Tc| < Tt	NO

ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA

tj	Xt	tTm	MEDIA	DESVEST
1	114.20	114.2	66.40	74.34
2	162.20	364.4	239.00	137.84
3	363.90	1091.4	15638.43	-
4	108.40	436.6	-	-
5	67.60	338	-	-
6	0.00	0	-	-
7	0.00	0	-	-
8	4.00	32	-	-
9	38.40	345.6	-	-
10	103.40	1034	-	-
11	117.90	1295.8	-	-
12	213.30	2559.6	-	-
13	167.80	2441.4	-	-
14	248.20	3474.8	-	-
15	113.90	1707	-	-
16	0.00	0	-	-
17	5.00	85	-	-
18	0.00	0	-	-
19	24.40	463.6	-	-
20	39.90	786	-	-
21	190.40	3998.4	-	-
22	53.50	1177	-	-
23	103.80	2387.4	-	-
24	49.40	1185.6	-	-
25	5.70	142.5	-	-
26	54.60	1419.6	-	-
27	0.00	0	-	-
28	0.90	25.2	-	-
29	0.00	0	-	-
30	16.30	489	-	-
31	29.40	911.4	-	-
32	99.40	3180.8	-	-
33	49.20	1623.6	-	-
34	217.50	7395	-	-
35	36.40	1274	-	-
36	1.00	36	-	-
37	8.60	325.6	-	-
38	20.40	775.2	-	-
39	34.10	1329.9	-	-
40	143.90	5756	-	-
41	104.80	4296.8	-	-
42	178.90	7513.8	-	-
43	192.90	8268.9	-	-
44	42.90	1887.6	-	-
45	21.40	963	-	-
46	17.70	814.2	-	-
47	1.80	84.6	-	-
48	2.10	100.8	-	-

COEF. DE CORRELACION	
R =	-0.0226
N =	477

ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

tj	Sp	tPs
1	105.40	105.40
2	99.60	198.20
3	38.20	114.60
4	76.30	305.20
5	71.30	356.50
6	46.10	276.60
7	51.00	357.00
8	66.30	530.40
9	74.80	673.20
10	64.90	649.00
11	76.20	838.20
12	88.90	1066.80
13	69.10	896.30
14	79.90	1118.60
15	90.90	1204.50
16	78.20	1251.20
17	28.60	491.30
18	38.30	707.40
19	69.90	1320.50
20	114.80	2296.00
21	63.40	1331.40
22	79.00	1738.00
23	96.00	2277.00
24	63.90	1593.60
25	70.30	1757.50
26	53.70	1396.20
27	105.90	2946.50
28	116.20	3253.60
29	65.10	1887.90
30	69.20	2076.00
31	84.80	2628.80
32	51.70	1654.40
33	89.00	2937.00
34	66.40	2233.60
35	79.40	2719.00
36	71.00	2556.00
37	82.60	3056.20
38	68.50	2603.00
39	66.00	2574.00
40	75.50	3020.00
41	52.70	2160.70
42	76.20	3200.40
43	51.40	2210.20

COEF. DE CORRELACION	
R =	-0.0135
N =	43

MEDIA		DESVEST	
Sp	72.52	DESVEST	19.40
t	22.00	t	12.56
tPs	1592.16	tPs	-



ANALISIS DE CONSISTENCIA - ANALISIS ESTADISTICO

ANALISIS DE TENDENCIAS

ESTACION: HUANCANE

CUADRO No 1 MEDIA, DESVEST. Y COEFICIENTE DE REGRESION DE LAS TENDENCIAS EN LA MEDIA Y EN LA DESVIACION ESTANDAR.

TENDENCIA EN LA:	MEDIA	DESVEST	COEFICIENTE DE REGRESION	COEFIC. DE CORRELACION	# TOTAL DE DATOS
			A_m	R	N
MEDIA (T_m)	51.43	55.00	0.0165	0.0439	507
DESVEST (T_s)	53.90	13.97	0.3104	0.2791	43

CUADRO No 2 ANALISIS ESTADISTICO DE LA TENDENCIA EN LA MEDIA Y DESVIACION ESTANDAR

TENDENCIA EN LA:	ESTADISTICO	T	TENDENCIA SIGNIFICATIVA
	T_c	T_t	
MEDIA (T_m)	0.9875	1.9647	NO
DESVEST (T_s)	1.8611	2.0181	NO

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA

t_i	X_t	$t^2 T_m$	MEDIA	DESVEST
1	64.20	64.2	51.43	55.00
2	108.60	217.2	254.00	146.50
3	152.90	362.4	13416.91	-
4	197.20	508.8		
5	241.50	655.2		
6	285.80	801.6		
7	330.10	948.0		
8	374.40	1094.4		
9	418.70	1240.8		
10	463.00	1387.2		
11	507.30	1533.6		
12	551.60	1680.0		
13	595.90	1826.4		
14	640.20	1972.8		
15	684.50	2119.2		
16	728.80	2265.6		
17	773.10	2412.0		
18	817.40	2558.4		
19	861.70	2704.8		
20	906.00	2851.2		
21	950.30	2997.6		
22	994.60	3144.0		
23	1038.90	3290.4		
24	1083.20	3436.8		
25	1127.50	3583.2		
26	1171.80	3729.6		
27	1216.10	3876.0		
28	1260.40	4022.4		
29	1304.70	4168.8		
30	1349.00	4315.2		
31	1393.30	4461.6		
32	1437.60	4608.0		
33	1481.90	4754.4		
34	1526.20	4900.8		
35	1570.50	5047.2		
36	1614.80	5193.6		
37	1659.10	5340.0		
38	1703.40	5486.4		
39	1747.70	5632.8		
40	1792.00	5779.2		
41	1836.30	5925.6		
42	1880.60	6072.0		
43	1924.90	6218.4		
44	1969.20	6364.8		
45	2013.50	6511.2		
46	2057.80	6657.6		
47	2102.10	6804.0		
48	2146.40	6950.4		

X_t	MEDIA	DESVEST
51.43	51.43	55.00
254.00	254.00	146.50
13416.91	13416.91	-

$t^2 T_m$	MEDIA	DESVEST
51.43	51.43	55.00
254.00	254.00	146.50
13416.91	13416.91	-

COEF. DE CORRELACION	
R =	0.0439
N =	507

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

t_i	S_p	$t^2 P_s$
1	41.20	41.20
2	48.50	97.00
3	25.60	76.80
4	53.00	212.00
5	49.30	246.50
6	36.90	221.40
7	62.00	434.00
8	49.80	398.40
9	65.10	585.90
10	45.40	454.00
11	43.30	476.30
12	53.90	646.80
13	45.50	591.50
14	57.10	798.40
15	72.60	1087.50
16	48.50	776.00
17	48.30	821.10
18	60.20	1093.60
19	58.70	1223.60
20	85.80	1803.90
21	63.50	1397.00
22	58.90	1364.70
23	54.00	1296.00
24	54.00	1296.00
25	69.10	1727.50
26	56.50	1468.00
27	33.70	908.90
28	32.30	904.40
29	30.20	875.80
30	51.60	1548.00
31	48.30	1497.30
32	24.80	793.60
33	76.90	2537.70
34	53.60	1822.40
35	65.40	2289.00
36	68.60	2469.60
37	69.70	2578.90
38	60.30	2291.40
39	86.00	2574.00
40	76.40	3056.00
41	55.20	2263.20
42	46.50	1953.00
43	61.30	2635.90

COEF. DE CORRELACION	
R =	0.2791
N =	43