

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



TESIS

**“DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LA MICROCUENCA CHAILHUAGÓN,
UTILIZANDO EL MODELO DETERMINÍSTICO ESTOCÁSTICO LUTZ
SCHOLZ Y EL VOLUMEN TRANSPUESTO DE LA CUENCA TRES RÍOS”**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO HIDRÁULICO

Presentado por el bachiller:

ELGAR REYES RODRÍGUEZ

Asesor:

Dr. Ing. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE

Cajamarca-Perú

2018

AGRADECIMIENTO

La virtud de agradecer es tan grande como ser leal consigo mismo y con los demás, es por ello que agradezco a todos los que me acompañaron en los momentos fáciles y difíciles y con las disculpas meritorias a todos ellos, permítanme puntualizar en algunos de ellos.

A mi Alma Mater Universidad Nacional de Cajamarca.

Un profundo agradecimiento, a todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Hidráulica, por los conocimientos brindados y por la paciencia en la enseñanza.

Además, mi sincero reconocimiento a mis padres, mis hermanos, y a todas las personas que de una u otra manera han apoyado para la realización de la presente tesis.

Al Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre asesor de la presente tesis profesional, por sus conocimientos y por el tiempo dedicado.

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la dicha de la vida, y con ella las mil y un bendiciones que día a día experimento.

A mis padres Matilde y Laurencio por su amor, apoyo y sacrificio incondicional, los que siempre me incentivan a seguir luchando por alcanzar mis metas.

A mis hermanos Nélide, Flor, Willam, Francelí y Alex por su apoyo incondicional durante toda mi vida; y también a Marilyn, por ser amiga, compañera, cómplice y mi amor.

Elgar.

ÍNDICE

	Pg.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS.....	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES	4
2.2. BASES TEÓRICAS.....	5
Parámetros Geomorfológicos.....	5
Similitud Hidrológica.....	12
Transferencia de Información Hidrometeorológica	13
Modelos Matemáticos en Hidrología	14
Tratamiento de Información Hidrometeorológica.....	19
Modelo Determinístico Estocástico de Lutz Scholz	33
Prueba de bondad de ajuste	44
Disponibilidad de agua.....	46
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
3.1. UBICACIÓN ESPACIAL.....	49
3.2. ACCESIBILIDAD	51
3.3. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS	52
3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	53
3.5. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	59
3.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
3.7. PROCEDIMIENTO	60
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	65
4.1. RESULTADOS	65
4.2. DISCUSIÓN.....	82
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85

5.1. CONCLUSIONES.....	85
5.2. RECOMENDACIONES	86
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	89
A.1. Periodo de registro de precipitaciones en (mm).....	89
A.2. Periodo registro de temperatura (°C)	93
A.3. Precipitaciones completadas y extendidas	94
A.4. Análisis visual de las estaciones en estudio.	100
A.5. Análisis de doble masa de las estaciones en estudio.	106
A.6. Análisis de consistencia de la media y varianza.....	107
A.7. Análisis de tendencia de la media y varianza.....	109
A.8. Caudales medios mensuales generados para la microcuenca del río Chailhuagón, tomando como punto emisor la sección bajo el puente Chailhuagón.	111
A.9. Prueba de bondad de ajuste del registro de caudales.....	113
A.10. Fotos de la sección de aforo del río en el puente chailhuagón	121

ÍNDICE DE TABLAS

Pg.

Tabla 1. Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos.....	5
Tabla 2. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad	7
Tabla 3. Clasificación de pendientes de laderas de la cuenca	9
Tabla 4. Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%).....	40
Tabla 5: Valores críticos de Δ_0 del estadístico Smirnov-Kolmogorov Δ	46
Tabla 6. Accesibilidad al área de estudio	51
Tabla 7. Tipo de geología de la microcuenca Chailhuagón	55
Tabla 8. Características de las lagunas, por espejo de agua	57
Tabla 9. Estaciones Meteorológicas	61
Tabla 10. Estación Hidrométrica	64
Tabla 11. Punto de aforo del río de la microcuenca Chailhuagón.....	64
Tabla 12. Resumen de parámetros geomorfológicos	66
Tabla 13. Áreas y precipitaciones para el cálculo de la precipitación media mensual.....	68
Tabla 14. Planilla de precipitaciones mensuales (mm)	69
Tabla 15. Precipitación media total mensual (mm) de la microcuenca Chailhuagón (período 1968-2017)	70
Tabla 16. Planilla de precipitaciones efectivas mensuales (mm)	71
Tabla 17. Precipitación media efectiva mensual (mm) de la microcuenca Chailhuagón (período 1968-2017)	72
Tabla 18. Parámetros para calcular la retención en la microcuenca Chailhuagón	72
Tabla 19. Relación de caudales del flujo base, para meses de estiaje	73
Tabla 20. Gasto de la retención para los meses de estiaje	74
Tabla 21. Abastecimiento de la retención para los meses lluviosos.....	74
Tabla 22. Caudales generados para el año promedio	74
Tabla 23. Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple.....	75
Tabla 24. Cálculos de Qt mensual.....	76
Tabla 25. Cálculo del error (e) mensual	77
Tabla 26. Caudales generados Q_m (mm/mes) para un período extendido	77
Tabla 27. Número aleatorios para la planilla de precipitación	78
Tabla 28. Generación de caudales medios mensuales (mm/mes)	79
Tabla 29. Caudales medios mensuales (m^3/s) registrados en la estación Ronquillo	80
Tabla 30. Caudales medios mensuales (m^3/s) transpuestos de la estación Ronquillo a la microcuenca Chailhuagón.	81
Tabla 31. Caudales aforados en el río Chailhuagón bajo el puente Chailhuagón.	81
Tabla 32. Caudales medios mensuales aforados (m^3/s) para el año 2017	82
Tabla 33. Comparación de caudales medios mensuales (m^3/s) para el año 2017	84
Tabla 34. Periodo de registro de la estación Augusto Weberbauer.....	89
Tabla 35. Periodo de registro de la estación Encañada	90
Tabla 36. Periodo de registro de la estación Quebrada Shugar	91
Tabla 37. Periodo de registro de la estación Celendín	92
Tabla 38. Periodo de registro de la estación Maqui Maqui	92
Tabla 39. Periodo de registro de la estación Maqui Maqui	93

Tabla 40. Precipitaciones completadas de la estación Augusto Weberbauer.....	94
Tabla 41. Precipitaciones completadas de la estación La Encañada	95
Tabla 42. Precipitaciones completadas de la estación Quebrada Shugar	96
Tabla 43. Precipitaciones completadas de la estación Celendín	98
Tabla 44. Precipitaciones completadas de la estación Maqui Maqui	99
Tabla 45. Análisis visual de la estación índice Augusto Weberbauer.....	100
Tabla 46. Análisis visual de la estación índice La Encañada	101
Tabla 47. Análisis visual de la estación Quebrada Shugar.....	102
Tabla 48. Análisis visual de la estación Celendín	104
Tabla 49. Análisis visual de la estación Maqui Maqui.....	105
Tabla 50. Análisis de doble masa	106
Tabla 51. Periodo confiable de la estación Maqui Maqui	107
Tabla 52. Periodo dudoso de la estación Maqui Maqui	107
Tabla 53. Periodo dudoso corregido de saltos en la media y varianza.....	108
Tabla 54. Datos corregidos de saltos de la estación Maqui Maqui	108
Tabla 55. Datos finales corregidos de saltos y tendencias de la estación Maqui Maqui...	109
Tabla 56. Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales (mm)	110
Tabla 57. Análisis de tendencias de las precipitaciones mensuales (mm)	110
Tabla 58. Generación de caudales medios mensuales (MMC)	111
Tabla 59. Generación de caudales medios mensuales (m ³ /s)	112

ÍNDICE DE FIGURAS	Pg.
Figura 1. Criterio de Horton para estimar la pendiente de la cuenca	8
Figura 2. Diferencia entre modelo determinístico y estocástico	15
Figura 3. Modelo determinístico	16
Figura 4. Esquema del proceso de modelización	16
Figura 5. Modelo Estocástico	17
Figura 6. Método de las curvas isoyetas para calcular la precipitación	21
Figura 7. Ubicación política del área en estudio	49
Figura 8. Ubicación geográfica del área en estudio.....	50
Figura 9. Ubicación referencial del área en estudio – Google Earth.....	51
Figura 10. Ruta de acceso al área de estudio - Google Earth.....	52
Figura 11. Centros poblados en el área de estudio.	52
Figura 12. Geología del área de estudio	56
Figura 13. Ubicación de lagunas y represas en el área de estudio.....	57
Figura 14. Ubicación de ríos y quebradas en el área de estudio.....	58
Figura 15. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas.	61
Figura 16. Perfil del cauce principal del río Chailhuagón.....	65
Figura 17. Delimitación de la microcuenca Chailhuagón	67
Figura 18. Isoyetas del mes de enero del 2016.....	68
Figura 19. Precipitaciones medias totales mensuales y precipitaciones medias efectivas mensuales	72
Figura 20. Caudales generados para el año promedio	75
Figura 21. Comparación de caudales medios mensuales para el año 2017.....	84
Figura 22. Precipitación total anual - A. Weberbauer	101
Figura 23. Precipitación total mensual - A. Weberbauer	101
Figura 24. Precipitación total anual - Encañada	102
Figura 25. Precipitación total mensual - Encañada	102
Figura 26. Precipitación total anual – Quebrada Shugar	103
Figura 27. Precipitación total mensual – Quebrada Shugar	103
Figura 28. Precipitación total anual – Celendín	104
Figura 29. Precipitación total mensual – Quebrada Shugar	104
Figura 30. Precipitación total anual – Maqui Maqui.....	105
Figura 31. Precipitación total mensual – Maqui Maqui	105
Figura 32. Análisis de doble masa de las estaciones en estudio.....	106

ÍNDICE DE IMÁGENES	Pg.
Imagen 1. Suelos negros orgánicos.	53
Imagen 2. Tipo de cultivo en la zona baja y media	54
Imagen 3. Vegetación cercana a los cauces.....	54
Imagen 4. Cobertura vegetal de las laderas	55
Imagen 5. Cobertura de la zona alta de la microcuenca	55

RESUMEN

El presente trabajo de investigación “Disponibilidad De Agua De La Microcuenca Chailhuagón, Utilizando El Modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz Y El Volumen Transpuesto De La Cuenca Tres Ríos”, consiste en estimar los caudales medios mensuales y la disponibilidad de agua de la microcuenca Chailhuagón mediante modelos hidrológicos. Para ello realizamos la delimitación de la microcuenca y calculamos sus parámetros geomorfológicos tomando como punto emisor una sección ubicada bajo el puente Chailhuagón, se recopiló la información meteorológica, fue analizada, procesada y sintetizada mediante sus parámetros estadísticos convirtiéndolo en un producto apto para aplicar el modelo de Lutz Scholz y el de transferencia de información hidrometeorológica. Se calculó la precipitación media mensual de la microcuenca mediante el método de Isoyetas, se determinó la precipitación efectiva, retención de la cuenca, abastecimiento de la retención y se hizo la transposición de caudales de la cuenca Tres Ríos hacia la microcuenca Chailhuagón. Se determinó que los caudales medios mensuales generados por el modelo determinístico-estocástico Lutz Scholz muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos y menores en los meses de estiaje; en los meses lluviosos varía de $0.64 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0.38 \text{ m}^3/\text{s}$ y en los meses de estiaje de $0.30 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0.21 \text{ m}^3/\text{s}$. Y los caudales medios mensuales generados por el modelo de transferencia de información hidrometeorológica, también varían en relación al régimen de precipitación pluvial de la microcuenca Chailhuagón; tal que en los meses lluviosos varía de $1.27 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0.50 \text{ m}^3/\text{s}$ y en los meses de escasez varía de $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$ a $0.19 \text{ m}^3/\text{s}$, notándose una gran diferencia entre ambos periodos.

Palabras Clave: Microcuenca Chailhuagón, Modelo Lutz Scholz, Transposición de Caudales, Caudales Medios Mensuales, Disponibilidad de Agua.

ABSTRACT

The present investigation work “Water Availability of the Chailhuagón Microbasin, Using the Stochastic Deterministic Model Lutz Scholz and the Transposed Volume of the Tres Ríos Basin”, consists of estimating the average monthly flows and water availability of the Chailhuagón micro-basin using hydrological models. To do this, we delineate the micro-basin and calculate its geomorphological parameters, taking a section located under the Chailhuagón bridge as the emitting point, meteorological information was collected, analyzed, processed and synthesized by means of its statistical parameters turning it into a suitable product for the design and allowing in this way, to apply the Lutz Scholz model and the hydrometeorological information transfer. The average monthly rainfall of the micro-basin was calculated using the Isoyetas method, effective precipitation was determined, retention of the basin, retention supply and the transposition of flows from the Three Rivers basin to the Chailhuagón micro-basin. It was determined that the monthly average flows, generated by the stochastic deterministic model Lutz Scholz, show a direct relationship with precipitation; being higher in the rainy months and lower in the months of low rain. In the rainy months it varies from 0.64 m³/s to 0.38 m³/s and in the months of low rain from 0.30 m³/s to 0.21 m³/s. And the monthly average flows generated by the hydrometeorological information transfer model, also vary in relation to the precipitation regime of the Chailhuagón micro-watershed; such that in the rainy months it varies from 1.27 m³/s to 0.50 m³/s and in the months of shortage it varies from 0.35 m³/s to 0.19 m³/s, noticing a great difference between both periods.

Key words: Chailhuagón Micro-watershed, Lutz Scholz Model, Transposition of Flows, Monthly Average Flows, Water Availability.

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería hidráulica se ocupa de la proyección y realización de obras relacionadas con el agua y se emplea para diferentes funciones, como la obtención de la energía hidráulica, irrigación, potabilización, canalización y para la construcción de estructuras hidráulicas; dentro de los campos de la ingeniería hidráulica encontramos a la hidrología, la cual trabaja con información hidrometeorológica y de escorrentías, ambas escasas; y no por ello dejan de ser la base fundamental en cualquier proyecto hidráulico. La escasez de información hidrométrica en las cuencas impide un análisis consistente en los proyectos hidráulicos, hecho que afecta el planeamiento, diseño y operación de los mismos.

Esta situación obliga a la búsqueda constante de metodologías sencillas que permitan generar información local en cantidad y calidad lo suficientemente aceptable para fines prácticos, lo cual se logra usando modelos hidrológicos. Una de las alternativas de generación de información local es usando el modelo hidrológico de Lutz Scholz y el de Transferencia de información hidrometeorológica.

El modelo hidrológico Lutz Scholz utiliza datos mensuales de: precipitación media areal, temperatura, cantidad de retención, abastecimiento y gasto de la retención; dando como el producto final caudales medios mensuales, con los que se calcula la disponibilidad de agua de la cuenca que va generar por cada año hidrológico; y el modelo de Transferencia de Información Hidrometeorológica relaciona gastos de escorrentía, altitudes medias, lámina de precipitación y área de la cuenca, este parámetro es utilizado en cuencas andinas donde la precipitación es función de la altura y además carecen de información hidrometeorológica.

El objeto de este trabajo es estimar la disponibilidad de agua de la microcuenca Chailhuagón mediante la aplicación de los dos modelos hidrológicos antes mencionados, para generar caudales medios mensuales.

La aplicación de estos modelos hidrológicos se limita a regiones que no cumplan con los parámetros requeridos por los modelos, tal es el caso para hacer la transferencia de información hidrometeorológica, ambos sistemas tienen que cumplir con la similitud hidráulica tanto geométrica, cinemática y dinámica.

1.1. PROBLEMA

En la microcuenca Chailhuagón la escasa o falta de información hidrométrica e hidrológica, dificulta el planeamiento, administración y gestión de los recursos hídricos, afectando en gran medida el diseño, operación y mantenimiento de los proyectos hidráulicos (abastecimiento de agua potable, canales de riego, embalses de agua, entre otros). Este problema atraviesa la microcuenca Chailhuagón, y es común en distintas regiones de nuestro país.

Pregunta principal: ¿Cuál es la disponibilidad de agua de la microcuenca Chailhuagón?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Considerando que la microcuenca en estudio se ubica en cabecera de cuenca y no cuenta con estudios hidrológicos que faciliten su buena gestión y aprovechamiento hídrico, se cree por conveniente estudiar y analizar la cuenca. Esta investigación permitirá estimar la disponibilidad de agua de la microcuenca del río Chailhuagón para planificar el aprovechamiento óptimo del recurso hídrico, además de proporcionar datos hidrológicos que faciliten el diseño y operación de proyectos hidráulicos.

1.3. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación de este trabajo radica en estimar la disponibilidad de agua de una cuenca mediante el uso de los modelos hidrológicos Lutz Scholz y el de Transferencia de información Hidrometeorológica; los cuales se usan cuando se tiene la falta o escasez de información hidrometeorológica en cuencas altoandinas, estos modelos pueden ser aplicables a otras regiones siempre y cuando cumplan con los parámetros requeridos por los modelos en mención.

1.4. OBJETIVOS

Objetivo General

- Estimar la disponibilidad de agua del río Chailhuagón, utilizando el Modelo hidrológico de Lutz Scholz y el volumen transpuesto de la cuenca Tres Ríos mediante Transferencia de Información Hidrometeorológica.

Objetivos Específicos

- Delimitar y calcular los parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Chailhuagón tomando como punto emisor una sección ubicada bajo el puente Chailhuagón.
- Estimar los caudales medios mensuales del río Chailhuagón mediante el modelo hidrológico de Lutz Scholz, tomando como punto emisor una sección ubicada bajo el puente Chailhuagón para el periodo 1968-2017.
- Estimar los caudales medios mensuales del río Chailhuagón mediante Transferencia de Información Hidrometeorológica desde la cuenca Tres Ríos hacia la microcuenca Chailhuagón para el periodo 2008-2017.
- Realizar los aforos tomando como punto emisor una sección ubicada bajo el puente Chailhuagón durante el año 2017.
- Determinar el modelo hidrológico que más se ajusta a los caudales medidos durante el año 2017.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

(Ttimp, N. 2012); desarrolló el trabajo de investigación titulada “Generación de descargas medias mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz para la subcuenca del río Azángaro”, en dicho trabajo se ha podido analizar el desarrollo secuencial de los modelos determinísticos para la generación de caudales del año promedio y el modelo estocástico para la generación de las series extendidas.

En el 2012 se realizó el Inventario de Fuentes Hídricas Superficiales en la Cuenca del “Río Chailhuagón” a cargo de La Autoridad Administrativa de Agua VI Marañón Cajamarca-Perú. El inventario permitió identificar y registrar en el mes de noviembre del año 2012, un caudal de 177,45 L/s.

(Teran, N. 2014); realizó una investigación titulada “Volumen de Agua Aprovechable en la Microcuenca del Río Tres Ríos, usando el Modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz Validado, para los años hidrológicos 2008-2012”, en donde se aplica este modelo hidrológico para determinar el ajuste entre caudales medios generados por el modelo y los caudales medidos directamente durante los años hidrológicos 2008-2012 en la cuenca Tres Ríos.

(Ortiz, 2015) En su artículo científico sobre Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica; manifiesta que las leyes físicas que gobiernan los sistemas hidrológicos altoandinos con base en el fenómeno precipitación-escorrentía se rigen por la morfometría adimensional, lo cual permite solucionar problemas de escasez de información hidrometeorológica con fines de manejo integral de cuencas hidrográficas piloto, que sean motivos de réplica en cuencas similares.

2.2. BASES TEÓRICAS.

Parámetros Geomorfológicos

Según (Ortiz, 2004)

Las características fisiográficas de la cuenca pueden ser explicadas a partir de ciertos parámetros o constantes que se obtienen del procesamiento de la información cartográfica y conocimiento de la topografía de la zona de estudio.

La cuenca como unidad dinámica natural es un sistema hidrológico en el que se reflejan acciones recíprocas entre parámetros y variables. Las variables pueden clasificarse en variables o acciones externas, conocidas como entradas y salidas al sistema, tales como: precipitación, escorrentía directa, evaporación, infiltración, transpiración; y variables de estado, tales como: contenido de humedad del suelo, salinidad, cobertura vegetal, entre otros. Los parámetros en cambio permanecen constantes en el tiempo y permiten explicar las características fisiomorfológicas de la cuenca.

Los parámetros más importantes, que permiten definir la fisiografía de la cuenca, son:

a. Área (A)

Es la superficie de la cuenca comprendida dentro de la curva cerrada de divortio aquarum. Dependiendo de la ubicación de la cuenca, su tamaño influye en mayor o menor grado en el aporte de escorrentía, tanto directa como de flujo base.

El tamaño relativo de estos espacios hidrológicos define o determinan, aunque no de manera rígida, los nombres de microcuenca, subcuenca o cuenca, según explica la Tabla 1.

Tabla 1. Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos

Unidad Hidrológica	Área (Km ²)	Nº de Orden
Micro cuenca	10-100	1, 2, 3
Sub cuenca	101-700	4, 5
Cuenca	Más de 700	6 a más

Fuente: (Ortiz, 2004)

b. Perímetro (P)

Borde del contorno de la forma irregular de la cuenca proyectada en un plano horizontal obtenida una vez delimitada la cuenca, se obtiene mediante Software en sistemas digitalizados tales como ArcGis, QGIS, AutoCAD Civil 3D, etc. (Cahuana & Yugar, 2009).

c. Factor de Forma (F)

Es la relación entre el área A de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente. Es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Donde:

A: Área de la cuenca.

L: Longitud de máximo recorrido.

d. Coeficiente de Gravelius o Índice de Compacidad (Kc)

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro, al igual que el anterior, describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración de del sistema hidrológico.

Las cuencas redondeadas tienen tiempos de concentración cortos con gastos pico muy fuertes y recesiones rápidas, mientras que las alargadas tienen gastos pico más atenuados y recesiones más prolongadas.

$$K_c = 0.28PA^{-1/2} \quad (2)$$

Donde:

P: Perímetro de la cuenca.

A: Área de la cuenca.

Las formas de la cuenca, en concordancia con los valores que adopte los índices de compacidad, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad

Clase de geometría	Rango de clase	Forma de la cuenca
Kc1	1,0 <Kc≤ 1,25	oval redonda
Kc2	1,26 <Kc≤ 1,50	oval oblonga
Kc3	1,51 <Kc≤ 1,75	Oblonga alargada

Fuente: Henaos, (1988).

e. Altitud media (H)

Es el parámetro ponderado de las altitudes de la cuenca obtenidas en la carta o mapa topográfico. En cuencas andinas este parámetro está relacionado con la magnitud de la lámina de precipitación, variación lineal muy importante en estudios regionales donde la información local es escasa.

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i * A_i \quad (3)$$

Donde:

H: Altitud media (m.s.n.m.)

Hi: Altura correspondiente al área acumulada Ai encima de la curva Hi

A: Área de la cuenca

n: Número de áreas parciales.

f. Pendiente de laderas (Sc %)

Es el promedio de las pendientes de la cuenca, es un parámetro muy importante que determina el tiempo de concentración y su influencia en las máximas crecidas y en el potencial de degradación de la cuenca, sobre todo en terrenos desprotegidos de cobertura vegetal.

g. Pendiente de cuenca por criterio de R.E. Horton

Consiste en trazar una malla de cuadrados sobre la proyección horizontal de la cuenca orientándola según la dirección de la corriente principal. Si se trata de una cuenca pequeña, la malla llevará al menos cuatro cuadros por lado, pero si se trata de una superficie mayor, deberá aumentarse el número de cuadros por lado, ya que la precisión del cálculo depende de ello. Una vez construida la malla en un esquema similar al que se muestra en la Figura 1, se miden las longitudes de las líneas de la malla dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel.

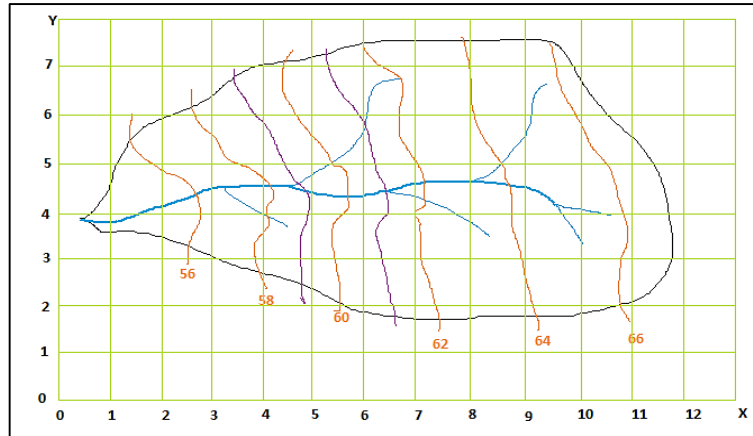


Figura 1. Criterio de Horton para estimar la pendiente de la cuenca

La pendiente de la cuenca en cada dirección de la malla se calcula así:

$$S_x = n_x \frac{De}{L_x} \quad (4)$$

$$S_y = n_y \frac{De}{L_y} \quad (5)$$

Donde:

L_x : Longitud total de líneas de la malla en sentido x, dentro de la cuenca.

L_y : Longitud total de líneas de la malla en sentido y, dentro de la cuenca.

N_x : Número total de intersecciones y tangencias de líneas de la malla con curvas de nivel, en el sentido x.

N_y : Número total de intersecciones y tangencias de líneas de la malla con curvas de nivel, en el sentido y.

S_x, S_y : Pendiente adimensional de la cuenca en cada una de las direcciones de la malla de cuadrados.

De : Desnivel constante entre las curvas de nivel de la cuenca, en Km.

Horton considera que la pendiente media puede determinarse como:

$$S_c = \frac{ND \sec \phi}{L} \quad (6)$$

Donde:

$$N = N_x + N_y$$

$$L = L_x + L_y$$

ϕ : Ángulo dominante entre las líneas de malla y curvas de nivel.

Como resulta laborioso determinar la $sec\phi$ de cada intersección, en la práctica y para propósitos de comparación es igualmente eficaz ignorar el término $sec\phi$ (aceptarlo como = 1) o bien considerar el promedio aritmético o geométrico de las pendientes S_x y S_y como pendiente de la cuenca.

Promedio aritmético:

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2} \quad (7)$$

Promedio geométrico:

$$S_c = \sqrt{S_x S_y} \quad (8)$$

El valor de la pendiente permite clasificar el relieve del terreno según la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de pendientes de laderas de la cuenca

Pendiente (%)	Tipo de terreno
0 – 3	Plano
3 – 7	Suave
7 – 12	Mediano
12 – 20	Accidentado
20 – 35	Fuerte
35 – 50	Muy Fuerte
50 – 75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Fuente: R. Heras

h. Pendiente del cauce principal (S_0)

Es el promedio de las pendientes del cauce principal. Este parámetro se relaciona directamente con la magnitud del socavamiento o erosión en profundidad y con la capacidad de transporte de sedimentos en suspensión y de arrastre. Dependiendo de la pendiente, existirán tramos críticos de erosión y tramos críticos de sedimentación, los primeros relacionados con las mayores pendientes y la segunda con las mínimas.

La metodología más recomendada para determinar la pendiente promedio del cauce principal está basada en el uso del perfil longitudinal y mediante la expresión siguiente:

$$S_0 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{S_i}\right)^{1/2}} \right]^2 \quad (9)$$

Donde:

S_0 : Pendiente del cauce principal.

l_i : Longitud de cada tramo de pendiente S_i .

n : Número de tramos de similar pendiente.

i. Longitud de máximo recorrido (L)

Es la medida de la mayor trayectoria de las partículas del flujo comprendida entre el punto más bajo del colector común, conocido como punto emisor, y el punto más alto o inicio del recorrido sobre la línea de divortio aquarum. Este parámetro tiene relación directa con el tiempo de concentración de la cuenca, el mismo que depende de la geometría de la cuenca, de la pendiente del recorrido y de la cobertura vegetal.

j. Longitud al centroide (Lc)

Es una característica muy especial de la longitud del máximo recorrido y es la longitud medida sobre el curso principal entre el punto emisor hasta el pie de la perpendicular trazada sobre el cauce y que pasa por el centroide del área de la cuenca.

k. Tiempo de concentración (Tc)

Este parámetro, llamado también tiempo de equilibrio, es el tiempo que toma la partícula, hidráulicamente más lejana en viajar hasta el punto emisor. Para ello se supone que el tiempo de duración de la lluvia es de por lo menos igual al tiempo de concentración y que se distribuye uniformemente en toda la cuenca. Este parámetro tiene estrecha relación con el gasto pico y con el tiempo de recesión de la cuenca, tiempos de concentración muy cortos tienen gastos pico intensos y recesiones muy rápidas, en cambio los tiempos de concentración más largos determinan gastos pico más atenuados y recesiones mucho más sostenidas.

Existen muchas fórmulas empíricas para estimar el tiempo de concentración de la cuenca, para esta investigación se usará la fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.06626 \left(\frac{L^2}{S_0} \right)^{0.385} \quad (10)$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración en horas.

L : Longitud de máximo recorrido (Km).

S_0 : Pendiente del cauce principal

El coeficiente de escorrentía varía entre 0.25 y 0.45, correspondiendo los valores más bajos para pendientes más altas y viceversa.

l. Coeficiente Orográfico (Co)

Es la relación entre el cuadrado de la altitud media del relieve y la superficie proyectada sobre un plano horizontal. Este parámetro expresa el potencial de degradación de la cuenca, crece mientras que la altura media del relieve aumenta y la proyección del área de la cuenca disminuye. Por esta razón toma valores bastante grandes para microcuencas pequeñas y montañosas, disminuyendo en cuencas extensas y de baja pendiente.

$$C_o = \frac{H^2}{A} \quad (11)$$

Donde:

Co: Coeficiente orográfico, adimensional.

H: Altitud media del relieve.

A: Área de la cuenca.

m. Numero de orden de la cuenca (N)

Es un número que tiene relación estrecha con el número de ramificaciones de la red de drenaje. A mayor número de orden, es mayor el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos y por tanto mayor también la componente de escorrentía directa que en otra cuenca de similar área.

Para esta investigación se utilizará el criterio de Schumn, se determina asignando el primer orden 1 a todos los cauces que no tienen tributarios y, en general las uniones de dos cauces de igual orden determinan o dan origen a otro de orden inmediatamente superior y dos de diferente orden dan origen a otro de igual orden que el de orden mayor y así sucesivamente hasta llegar al orden de la cuenca. El cauce principal tiene el orden más elevado, que es nada menos el orden de la cuenca.

n. Relación de confluencias (Rc)

Es la relación entre el número total de cauces de cierto orden al número total de cauces de orden inmediatamente superior.

La relación de confluencias de la cuenca R_c es valor promedio de todas las relaciones de confluencias parciales. Es un indicador del potencial erosivo y de la capacidad de evacuación de la escorrentía directa de la cuenca.

$$R_c = \frac{n_i}{n_{i+1}} \quad (12)$$

Donde:

R_c : Relación de confluencias, adimensionales.

n_i : Número total de cauces de orden i .

n_{i+1} : Número total de cauces $i+1$.

o. Relación de longitudes

Es la relación entre la longitud promedio de cierto orden a la longitud promedio de los cauces de orden inmediatamente inferior. Es un indicador de la capacidad de almacenamiento momentánea de agua e influye en la cantidad instantánea de la componente de escorrentía directa, conocida como máxima avenida o gasto pico.

$$R_l = \frac{L_i}{L_{i-1}} \quad (13)$$

Donde:

R_l : Relación de longitudes, adimensional.

L_i : Longitud promedio de todos los cauces de orden i .

L_{i-1} : Longitud promedio de todos los cauces de orden $i-1$.

Similitud Hidrológica

Para transferir información hacia una cuenca que no dispone desde otra vecina similar que sí la tiene, hay la necesidad que ambos sistemas hidrológicos cumplan condiciones de similitud. Dos sistemas hidrológicos son similares si cumplen las condiciones de similitud geométrica, cinemática y dinámica. (Ortiz, 2004)

a. Similitud Geométrica

Dos sistemas hidrológicos son similares geoméricamente si el Índice de Compacidad tiene un valor equivalente o idéntico en ambos sistemas.

b. Similitud Cinemática

Dos sistemas hidrológicos guardan similitud cinemática si la red de drenaje natural tiene la misma conformación geométrica, esto es, cuando la Relación de Confluencia adopta un valor equivalente o idéntico en ambos sistemas.

c. Similitud Dinámica

Dos sistemas hidrológicos son similares dinámicamente si el Coeficiente Orográfico tiene igual o idéntico valor en ambos sistemas. El cumplimiento de las tres condiciones anteriores garantiza la similitud total de los sistemas hidrológicos, que encierran implícitamente similares condiciones de clima, geológicas y hasta de cobertura vegetal.

Transferencia de Información Hidrometeorológica

La técnica de transferencia de información se realiza empleando parámetros adimensionales que contengan las variables a transferir. Los parámetros de transferencia más conocidos en hidrología son:

a. Numero de Oswald (Os)

Parámetro adimensional que relaciona gastos de escorrentía, altitudes medias, lámina de precipitación y área de la cuenca. Este parámetro es utilizado en cuencas andinas donde la precipitación es función de la altura. (Ortiz, 2004)

$$O_s = \frac{Q \cdot Z}{A^{3/2} P} \quad (14)$$

Donde:

Os: Número adimensional de Oswald.

Z: Altitud media de la cuenca.

P: Lamina de precipitación.

Aplicando este número a la cuenca con información conocida y a la cuenca problema:

$$\frac{Q_c Z_c}{A_c^{3/2} P_c} = \frac{Q_p Z_p}{A_p^{3/2} P_p} \quad (15)$$

En la cuenca problema casi nunca se conoce las escorrentías, pero sí se conoce el área, altitud media y casi siempre la lámina de precipitación, entonces:

$$Q_p = \left(\frac{Z_c}{Z_p}\right) \left(\frac{P_p}{P_c}\right) \left(\frac{A_p}{A_c}\right)^{3/2} Q_c \quad (16)$$

$$Q_p = \frac{P_e A_e^{3/2}}{Z_e} Q_c = K Q_c \quad (17)$$

Donde:

Q_p : Caudal en la cuenca problema.

Q_c : Caudal en la cuenca con información.

P_e : Escala de precipitación.

A_e : Escala en áreas.

Z_e : Escala en altitudes.

K : Constante adimensional.

El Parámetro más simple de transferencia es el que relaciona la escala de cantidad de agua precipitable con la intensidad de precipitación, muy versátil para transferir intensidades aun cuando la precipitación no dependa de la altura, como en el caso de la Selva Peruana.

$$\pi = \frac{I}{P} \quad (18)$$

Donde:

π : Parámetro adimensional.

I : Intensidad de precipitación.

P : Lámina de precipitación en un periodo de tiempo dado.

$$I_p = \left(\frac{P_p}{P_c} \right) I_c = P_e I_c \quad (19)$$

Donde:

I_p : Intensidad de precipitación en la cuenca problema.

P_p : Lámina de precipitación en la cuenca problema.

P_c : Lámina de precipitación en la cuenca con información.

P_e : Escala de cantidad de agua precipitable.

I_c : Intensidad de precipitación en la cuenca con información.

Modelos Matemáticos en Hidrología

En el campo de la hidrología, al igual que en otras ramas de la ciencia y de la técnica, el auge experimentado por los modelos matemáticos en los últimos años ha sido muy importante. Con la modelación de los sistemas hidrológicos se persigue una identificación de estos, con un cierto grado de aproximación, con un modelo matemático. El objetivo de la

evaluación de recursos hídricos de un sistema es determinar, en los puntos de interés, la cantidad de recurso hídrico y su distribución en el tiempo y para ello las herramientas que fundamentalmente se utilizan están basadas en la modelización.

Los modelos matemáticos pueden dividirse en dos grandes grupos, los determinísticos y los estocásticos. En los primeros las variables vienen determinadas por leyes físicas (empíricas, conceptuales o teóricas) consideradas como exactas y que explican toda su variabilidad, mientras que en los segundos las variables son regidas en todo o en parte por las leyes del azar, y por tanto caracterizadas en términos de probabilidad. (Estrela, 1992)

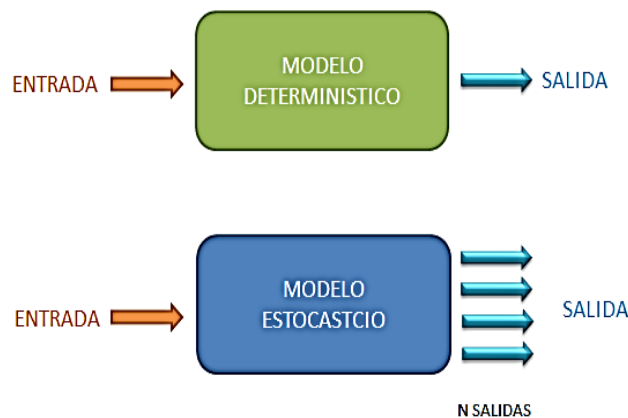


Figura 2. Diferencia entre modelo determinístico y estocástico

A. Modelos Determinísticos

Un modelo matemático del tipo determinístico es aquel que tiende a establecer relaciones cuantitativas de causa-efecto, utilizando una relación directa para obtener una respuesta debida a un requerimiento, sea por medio de una ecuación empírica o por medio de un operador desarrollado a partir de criterios e hipótesis experimentales.

Un modelo determinístico se utiliza en el caso que se disponga de poca información, caso frecuente de las obras de ingeniería hidráulica, en los cuales uno tiende a reconstruir indirectamente la evolución de los escurrimientos y flujos superficiales a partir del conocimiento de los eventos de lluvia diaria, de la cual se dispone generalmente de series temporales de datos. (Chávarri, 1989)

Los principales elementos que están incluidos en los modelos determinísticos, son:

- Tienen parámetros de entrada que representan las características físicas de la cuenca.
- Tienen como variable de entrada la precipitación u otra variable meteorológica.
- Cálculo del flujo de agua, superficial y sub superficial.

- Cálculo del almacenamiento de agua, superficial y sub superficial.
- Cálculo de las pérdidas de agua del sistema o cuenca.
- Variables de salidas de la cuenca

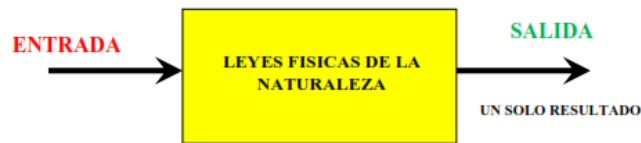


Figura 3. Modelo determinístico

a. Calibración y validación del modelo determinístico:

La calibración es la etapa del proceso de modelización que obliga a que el funcionamiento del modelo matemático reproduzca en mayor o menor grado la historia del sistema real.

Asegura que todos los datos disponibles (variables y parámetros) sean cualitativa y cuantitativamente compatibles. Además de ello, la calibración suele utilizarse para dar valores numéricos a aquellos parámetros sobre los que se dispone de pocos o ningún dato.

Aun en el caso hipotético de tener datos sobre todos los parámetros del modelo, no es conveniente proceder a la simulación sin haber calibrado el modelo, ya que sería difícil, sino imposible determinar la fiabilidad de los resultados (ver Figura 4).

La validación del modelo consiste en comprobar el adecuado funcionamiento del modelo con observaciones no utilizadas en el proceso de calibración. (Estrela, 1992)

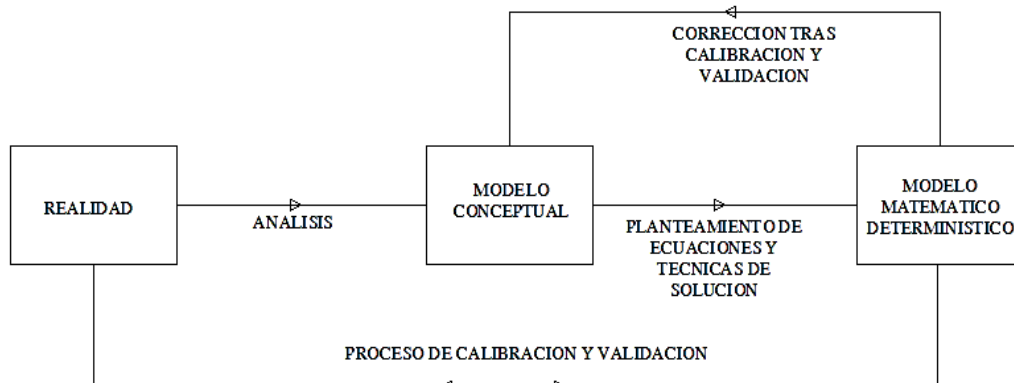


Figura 4. Esquema del proceso de modelización

B. Modelos Estocásticos

Los eventos hidrológicos, tales como lluvias, caudales, etc. son eventos estocásticos. Se caracterizan porque, de un lado tienen un patrón medio de comportamiento a largo plazo, y

por el otro el pronóstico de sus magnitudes en un momento dado tiene un mayor o menor grado de incertidumbre. El patrón medio corresponde a lo que se denomina componente determinística y la incertidumbre constituye la componente aleatoria del evento.

Cuando se realizan estudios hidrológicos definen unos caudales de diseño para abastecer de agua a un proyecto hidráulico, para lo cual debe tenerse en cuenta tanto la ocurrencia como las magnitudes de esos caudales son pronósticos hacia el futuro de eventos probables que están sujetos a un grado de incertidumbre. Lo cual será caudal real igual a caudal calculado +/- incertidumbre.

La proyección hacia el futuro se basa en la combinación de la estadística y la teoría de la probabilidad. Con la estadística se realiza el análisis de frecuencias de los eventos históricos y se definen los parámetros que determinan el patrón general de comportamiento. Con estos parámetros y con la aplicación de la teoría de la probabilidad se hace el pronóstico de lo que puede esperarse en el futuro, dentro de cierto nivel de riesgo. (Silva, 2007)

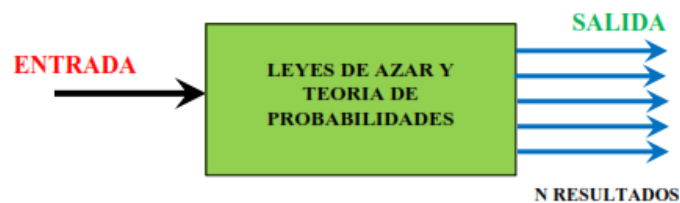


Figura 5. Modelo Estocástico

a. Generación estocástica de series hidrológicas.

La mayoría de los proyectos hidráulicos utilizan los ríos como fuente de suministro, los cuales operarán en el futuro, los datos hidrológicos que se tienen disponibles para realizar el diseño de las obras corresponden al pasado, es decir son historia. Es necesario, entonces, hacer un pronóstico hacia el futuro sobre el comportamiento de la fuente durante la vida útil del proyecto de suministro de agua. Para lograr este propósito se pueden utilizar métodos que pertenecen a la hidrología estocástica, los cuales tienen su base en los conceptos de la teoría de probabilidades y de la ingeniería de sistemas.

Uno de estos métodos consiste en determinar la serie histórica de caudales de la fuente, y con base en ella generar “n” series estocásticas de caudales virtuales, cada una de longitud igual a la vida útil del proyecto. Las “n” series generadas tienen igual probabilidad de

presentarse en el futuro, y una de ellas, no se sabe cuál, será probablemente parecida a la serie real futura. Las series estocásticas permiten, entonces, contar con un panorama de posibilidades de lo que puede ocurrir con la fuente en el futuro. Este panorama será más amplio entre mayor sea el número “n”. Si no existe serie histórica o si ésta es deficiente la generación estocástica no es aplicable.

b. Modelo Markoviano de primer orden

Algunas de las propiedades de las series de tiempo hidrológicas pueden ser investigadas en el dominio del tiempo mediante el análisis de correlogramas. Básicamente una serie de tiempo puede ser modelada matemáticamente como la combinación de una parte determinística y una componente residual aleatoria. (Linsley, Kohler, & Pulus, 1997)

En la mayoría de los esquemas de generación de los volúmenes de agua parece suficiente suponer una estructura markoviana de primer orden, o sea, que cualquier evento depende solamente del evento que le precede. Una función sencilla de generación markoviana para volúmenes de flujo anual Q está dada por:

$$Q_i = \underbrace{\bar{Q} + \rho(Q_{i-1} - \bar{Q})}_{\text{Determinístico}} + \underbrace{t_i \sigma \sqrt{1 - \rho^2}}_{\text{Aleatorio}} \tag{20}$$

Donde:

t: es una variable aleatoria tomada de una distribución apropiada con una media igual a cero y una varianza unitaria.

σ: es la desviación estándar de Q.

ρ: el coeficiente de correlación serial con rezago unitario.

\bar{Q} : es la media de Q.

El subíndice i sirve para identificar la serie de caudales desde el año 1 hasta el año n. Si los parámetros \bar{Q} , σ y ρ pueden determinarse a partir de las series históricas y si suponemos un valor inicial de Q_{i-1} , se puede construir un algoritmo muy simple y generar una serie de valores de Q usando valores de la variable aleatoria t.

Si se busca generar valores de Q por estaciones o a nivel mensual, el procedimiento debe incluir las características de las variaciones estacionales como sigue:

$$Q_{i,j} = \bar{Q}_j + \rho_j \frac{\sigma_j}{\sigma_{j-1}} (Q_{i-1,j-1} - \bar{Q}_{j-1}) + t_i \sigma_j \sqrt{1 - \rho_j^2} \quad (21)$$

Donde el subíndice j se usa para definir las estaciones o los meses. Para una síntesis mensual j varía entre 1 y 12 a lo largo del año. El subíndice i es una designación serial desde el mes 1 hasta el mes n, como en la ec. (21).

ρ_j es el coeficiente de correlación serial entre Q_j y Q_{j-1} . Los demás símbolos son iguales a los usados en la ec. (21). La ec. (18) se usa determinando los valores de Q, σ , y ρ para cada mes o estación. Luego se toma un valor inicial $Q_{i-1,j-1}$; es aconsejable comenzar al principio de un año hidrológico, cuando los caudales son bajos, aunque no es estrictamente necesario. La varianza debe corregirse si se presenta correlación serial de la siguiente manera:

$$\sigma^2 = \phi \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n \bar{X}^2}{n-1} \quad (22)$$

Donde ϕ es una función de la correlación serial ρ y de la longitud del registro.

$$\phi = \frac{\frac{n-1}{n}}{1 - \frac{(1-\rho^2)}{n(1-\rho)} + \frac{2\rho(1-\rho^n)}{n^2(1-\rho)^2}} \quad (23)$$

Si las secuencias $\{Y_i\} = \{X_i\}$, $i=1,2,3,\dots,n-1$, y $\{Z_{i-1}\} = \{X_i\}$, $i=1,2,3,\dots,n$, tienen medias aritméticas de Y y Z y varianzas σ_y^2 y σ_z^2 , respectivamente, el coeficiente de correlación serial de la serie está dado por:

$$\rho = \frac{1}{n-2} \frac{\sum_{j=1}^{n-1} (Y_j Z_j) - (n-1) \bar{Y} \bar{Z}}{\sigma_y \sigma_z} \quad (24)$$

Tratamiento de Información Hidrometeorológica

Los registros históricos de precipitaciones mensuales de las cuencas, se someten a un proceso estadístico de análisis de consistencia. Luego se completan y se extienden las series, por métodos de regresión lineal simple, de ser el caso. Para cuyo efecto, debe realizarse siempre la prueba estadística de «T» del coeficiente de regresión lineal. Con la información ya tratada se obtiene el coeficiente de transferencia o factor de escala correspondiente utilizando las ecuaciones de transferencia ya citadas.

A. Temperatura media anual

La temperatura media diaria: es la media aritmética de la temperatura mínima y máxima diaria que son la más baja y la más alta del día respectivamente. La temperatura media mensual: Es la media aritmética de las temperaturas medias diarias del mes y la temperatura media anual: Es la media aritmética de las temperaturas medias mensuales. (Huaman, 2013)

B. Precipitación

La altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Los pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en la que está instalada en el aparato. Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual. (Villón, 2002)

Existen varios métodos para calcular o estimar este dato, a continuación, presentamos algunos alcances para calcular la precipitación media de un espacio geográfico o cuenca.

C. Método de las curvas isoyetas

Este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación (interpolación de líneas) llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía.

Para el trazado de las isoyetas no suele ser suficiente por lo general una simple interpolación lineal, sino que deberán tenerse en cuenta las características de ubicación de cada pluviómetro (situación, vegetación circundante, altitud, topografía, etc.), (Cahuana & Yugar, 2009).

$$P_{isoyetas} = \frac{1}{2A} \sum_{i=2}^n (P_{i-1} + P_i) * A_{i-1} \quad (25)$$

Donde:

A_i = es el área entre isoyetas

P_i = valores asignados a cada isoyeta.

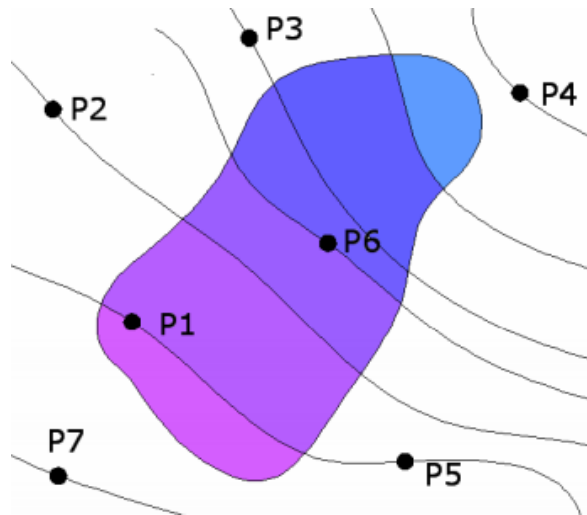


Figura 6. Método de las curvas isoyetas para calcular la precipitación

El método de las curvas isoyetas es el que da resultados más aceptables, pero el carácter subjetivo del dibujo de las mismas hace necesario que se posea para ello un buen conocimiento de las características climáticas y físicas de la zona.

D. Análisis de consistencia

Según (Villón, 2001)

Antes de utilizar la serie histórica para el modelamiento, es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente.

El análisis de consistencia de la información hidrológica, se realiza mediante los siguientes procesos:

a. Análisis visual.

La información original se grafica en coordenada aritméticas, cuyos ejes representan en las ordenadas el valor de la información (precipitación, temperatura, descarga u otros) y, en las abscisas el tiempo (anuales, mensuales, semanales, o diarios).

De la apreciación visual de estos gráficos se deduce si la información es aceptable o dudosa; considerándose como información dudosa y de poco valor para el estudio aquella que muestra en forma evidente valores constantes en periodos en los cuales no es físicamente posible debido a la necesaria característica aleatoria de los datos, y cuando no hay similitud con la información obtenida de campo.

Para indicar en este primer análisis los periodos con información dudosa y cuales son aparentemente buenos, se procede de la siguiente manera:

- Cuando se tiene estaciones vecinas, se compara los gráficos y se ve cual periodo vario notoriamente, uno respecto al otro.
- Cuando se tiene una sola estación ésta se divide en varios periodos y se compara con la información de campo obtenida.
- Cuando se tiene datos de precipitación y escorrentía, se comparan los diagramas, los cuales deben ser similares en su comportamiento.
- Se debe mantener en lo posible el período más largo y más reciente como el más confiable quedando a criterio de la decisión técnica, su selección luego de un exhaustivo trabajo de campo; en contra de lo esperado en el país los últimos registros son menos confiables que los antiguos.

Este análisis sirve pues, para tener una primera aproximación de la bondad de la información y separar los periodos dudosos para su posterior análisis de doble masa y estadístico.

b. Análisis de doble masa.

Este análisis se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar la consistencia en lo relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta de doble masa.

El diagrama doble masa se obtiene ploteando en el eje de las abscisas los acumulados de los promedios de los volúmenes anuales en millones de m³ (MM³), de todas las estaciones de la cuenca y, en el eje de las ordenadas los acumulados de los volúmenes anuales, en millones de m³, de cada una de las estaciones en estudio.

De estos doble masas se selecciona como la estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres, la cual se usa como estación base para el nuevo diagrama doble masa colocando en el eje de las abscisas la estación base y en el de las ordenadas la estación en estudio.

c. Análisis estadístico.

Después de obtener los gráficos contruidos para el análisis visual y de los de doble masa, los periodos de posible corrección, y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores

originales, se procede al análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar.

E. Análisis de saltos

Según (Villón, 2001):

a. Consistencia de la Media

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba “T” (prueba de hipótesis), si los valores medios (\bar{x}_1 , \bar{x}_2) de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación, de la siguiente manera:

- Cálculo de la media y desviación Standard para cada período, según:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i ; S_1(x) = \left[\frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{1/2} \quad (26)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j ; S_2(x) = \left[\frac{1}{n_2-1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{1/2} \quad (27)$$

Donde:

x_i : Información del período 1.

x_j : Información del período 2.

\bar{x}_1 , \bar{x}_2 : Medias de los períodos 1 y 2, respectivamente.

$S_1(x)$, $S_2(x)$: Desviación Standard de los períodos 1 y 2, respectivamente.

n_1 , n_2 : Tamaño de los períodos 1 y 2, respectivamente.

n : Tamaño de muestra $n = n_1 + n_2$

- Estadístico T.

El procedimiento para realizar esta prueba es la siguiente:

Establecer la hipótesis planteada y la alternativa posible, el nivel de significación α .

H_p : $\mu_1 = \mu_2$ (media poblacional) y H_a : $\mu_1 \neq \mu_2$.

Asumiendo que las varianzas σ_1^2 y σ_2^2 son iguales. \bar{x}_1 : Media muestral y μ_1 : Media poblacional.

$$S_d = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2} ; S_p = \left[\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \right]^{1/2} \quad (28)$$

Donde:

Sd: Desviación Standard de las diferencias de promedios.

Sp: Desviación Standard ponderada.

$$T_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d} \quad (29)$$

El valor de Tc (T calculado) se calcula con la expresión siguiente:

Dónde: $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (por hipótesis)

Se halla luego el valor de Tt (T tabulado) en la tabla con : $\alpha = 0.05$, y G.L. = $n_1 + n_2 - 2$

Donde:

GL: grados de libertad.

Tt: T tabulado

Tc: T calculado

- **Aceptación o rechazo de la hipótesis planteada y alterna.**

Si $|T_c| \leq T_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (estadísticamente), la prueba es no significativa.

Si $|T_c| > T_t$ (95%) $\rightarrow x_1 \neq x_2$ (estadísticamente), la prueba es significativa (corregir los datos del periodo dudoso).

b. Consistencia de la Desviación Standard

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba “F” o de Fisher, si los valores de las desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes, con un 95% de probabilidad o con un 5% de nivel de significación, de la siguiente forma:

- **Cálculo de las varianzas de ambos periodos:**

$$S_1^2(x) = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \quad (30)$$

$$S_2^2(x) = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \quad (31)$$

- **Estadístico “F”**

Se establece la hipótesis planteada y alterna; así como el nivel de significación:

$H_P : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (variancias poblacionales)

$H_P : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$$\alpha = 0.05$$

Cálculo de F_c :

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}, \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x) \quad (32)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}, \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x) \quad (33)$$

Hallar el valor tabulado de F_t en las tablas, con:

$$\alpha = 0.05 (5\%), \text{ G.L.N} = n_1 - 1 \text{ y } \text{G.L.D} = n_2 - 1$$

Donde:

F_c : valor de F calculado

F_t : valor de F tabular, de las tablas

α : nivel de significación.

G.L.N: grados de libertad del numerador.

G.L.D: grados de libertad del denominador.

- Comparación del F_c con el F_t :

Si $F_c \leq F_t$ (95%) $\rightarrow S_1(x) = S_2(x)$ (La prueba no es significativa)

Si $F_c > F_t$ (95%) $\rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)$ (La prueba es significativa)

c. Corrección de los datos

En los casos en que los parámetros media y desviación estándar resultasen estadísticamente iguales, la información original no se corrige por ser consistente con 95 % de probabilidades, aun cuando en la doble masa se observe pequeños quiebres. (Villón, 2001)

Si resulta la media y desviación Standard estadísticamente diferentes, entonces se corrige mediante una ecuación que permite mantener los parámetros del periodo más confiable.

Si el periodo n_1 es el dudoso:

$$x'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_1}{S_1(x)} S_2(x) + \bar{x}_2 \quad (34)$$

Si el periodo n_2 es el dudoso:

$$x'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_2}{S_2(x)} S_1(x) + \bar{x}_1 \quad (35)$$

Donde:

$\hat{x}(t)$: Valor corregido de la información

x : Valor a ser corregido

\bar{x}_1, \bar{x}_2 ; $S_1(x)$ y $S_2(x)$ son valores definidos anteriormente.

d. Bondad de la información corregida.

Para comprobar si la información corregida está dentro de los límites de aceptación con el 95% de probabilidades, se analiza estadísticamente tanto la **media** y la **desviación Standard** y, comparándolo con el periodo confiable, repitiendo el procedimiento ya descrito, vale decir desarrollando las pruebas **T** y **F**, respectivamente, cuyos resultados deben ser confiables.

Cabe mencionar que la información corregida no será una información ideal o naturalizada, puesto que mantendrá un nivel de incertidumbre en relación a los valores individuales es decir la magnitud de años secos o húmedos; pero para propósito de cálculo ó prognosis quedará libre de inconsistencia. Podemos decir entonces que la información perdida no podrá recuperarse jamás, de allí la enorme importancia de mantener una red bien manejada y controlada.

Es importante también tener presente que frecuentemente los periodos de análisis de media y varianza son coincidentes esto es n_1 y n_2 .

La serie que debería considerarse será la de valores anuales, por cuanto el criterio de aplicación de $\mu_1 - \mu_2$ y σ_1^2/σ_2^2 , corresponden a series independiente semanales o mensuales aunque se incremente con ello la longitud del registro “n”.

F. Análisis de tendencias

Según (Villón, 2001):

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

Las tendencias por lo general aproximadas por la ecuación de regresión lineal en algunos casos por polinomios que representan tendencias curvilínea o exponencial. En los dos primeros parámetros de una serie:

a. Tendencia en la Media.

La tendencia en la media T_m , puede ser expresada en forma general por el polinomio:

$$T_m = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots \quad (36)$$

En muchos casos para estimar estas tendencias, es suficiente la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_m = A_m + B_m t \quad (37)$$

Donde:

T_m : Tendencia en la media, para este caso: $T_m = X(t)$ valor corregido de saltos, es decir, datos a usarse para el cálculo de los parámetros.

t : Tiempo en años, tomado como la variable independiente de la tendencia: 1,2,3...n.

A_m, B_m, C_m, D_m : son los coeficientes de los polinomios de regresión que deben ser estimados con los datos.

Las constantes de regresión de estas ecuaciones pueden ser estimadas por el método de mínimos cuadrados o por el método de regresión lineal múltiple en el caso de polinomio.

Para calcular y analizar una tendencia lineal (en este caso), se procede de la siguiente manera:

- Cálculo de los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple:

$$A_m = \bar{T}_m - B_m \bar{t} \quad (38)$$

$$B_m = R \frac{S_{T_m}}{S_t} \quad (39)$$

$$R = \frac{\overline{t \cdot T_m} - \bar{t} \cdot \overline{T_m}}{S_t \cdot S_{T_m}} \quad (40)$$

Dónde:

$$\bar{T}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{(t)} \quad (41)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (42)$$

$$\overline{t.Tm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i . Tm_i \quad (43)$$

$$S_{Tm} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Tm_i - \overline{Tm})^2 \right]^{1/2} \quad (44)$$

$$S_t = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \right]^{1/2} \quad (45)$$

Donde:

\bar{t} : Promedio del tiempo t.

\overline{Tm} : Promedio de las tendencias Tm, o promedio de datos correg. de saltos X' (t)

STm: Desviación estándar de la tendencia Tm.

St: Desviación estándar del tiempo t.

R: Coeficiente de correlación lineal entre la variable y el tiempo.

- Evaluación de la tendencia Tm

Para averiguar si la tendencia es significativa se analiza el coeficiente de regresión “b” o también el coeficiente de correlación “R”. En este caso se analiza R según el estadístico “T”.

o Cálculo de estadístico Tc, según:

$$T_C = \frac{R \sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-R^2)}} \quad (46)$$

Donde:

TC = valor del estadístico T calculado.

n = número total de datos.

R = coeficiente de correlación.

o En las tablas se encuentran el valor “T” tabular al 95% de probabilidades, vale decir:

$$\alpha = 0.05 \text{ y G.L} = n - 2$$

o Comparación del tc con el Tt

Si [tc] < T_t (95%) = R no es significativo.

$[t_c] > T_t (95\%) = R$ es significativo y por lo tanto la tendencia es significativa y hay necesidad de corregir la información de tendencia en la media.

- **Corrección de la tendencia en la media**

Si resulta el coeficiente de correlación R no significativo, entonces la información no presenta una tendencia significativa con el 95% de probabilidades; pero si R resulta significativo, entonces la tendencia si es significativa, la misma que se elimina de la siguiente manera:

$$Y_t = X'(t) - T_m \tag{47}$$

$$Y_t = X'(t) - (A_m + B_{mt}) \tag{48}$$

Donde:

$X'(t)$: Serie corregida de saltos.

T_m : Tendencias en la media.

Y_t : Serie sin tendencia en la media, que presenta las siguientes características:

Para que el proceso X_t preserve la media constante, se devuelve el promedio de las $X't$, luego las ecuaciones (43) y (44) toman la forma:

$$Y_t = X'(t) - T_m + \bar{T}_m \tag{49}$$

$$Y_t = X'(t) - (A_m + B_m \cdot t) + \bar{T}_m \tag{50}$$

\bar{T}_m es el promedio de la tendencia en la media o promedio de los valores corregidos de saltos.

b. Tendencia en la Desviación estándar

Según Salas “la tendencia en 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.

La tendencia en la desviación estándar T_s , se expresa por la ecuación de regresión polinomial tal como:

$$T_s = A_s + B_s t + C_s t^2 + D_s t^3 + \dots \tag{51}$$

y en forma particular, por la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_s = A_s + B_s t \quad (52)$$

Donde:

T_s : Tendencia en la desviación estándar.

T_s : Y_t , valor corregido de tendencia en la media, es decir, datos a usarse para el cálculo de los parámetros.

t : Tiempo en años: 1,2,3,...n

A_s, B_s, C_s, D_s : Coeficientes de los polinomios de regresión que deben ser estimados con los datos.

Para calcular y probar si la tendencia en este parámetro es significativa, se procede de la forma siguiente:

- La información ya sin tendencia en la media (Y_t) se divide en periodos de datos anuales.
- Se calculan las desviaciones estándar para cada período de toda la información.

$$S_p = \left\{ \frac{1}{11} \sum_{p=1}^{12} (Y_p - \bar{Y}_p)^2 \right\}^{1/2} \quad (53)$$

Donde:

SP : Desviación estándar del año p , es decir de los datos mensuales del año p .

Y_p : Serie sin tendencia en la media

\bar{Y}_p : Promedio de datos mensuales del año p .

p : 1,2,3, ...,12

- Se calculan los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple (48) a partir de las desviaciones estándar anuales y el tiempo t (en años), utilizando las ecuaciones de la (34) a la (39), dadas para la tendencia en la media.
- Se analiza la significación del coeficiente de correlación R , de T_s , según la prueba "T", con los mismos criterios que en el caso anterior descrito para T_m .
- Eliminación de la tendencia en la desviación.

Si R resulta significativo en la prueba, entonces la tendencia en la desviación es significativa, por lo que se debe eliminar de la serie de la siguiente manera:

$$Z_t = \frac{X'_{(t)} - Tm}{Ts} \quad (54)$$

Z_t = Serie sin tendencia en la media ni en la desviación estándar con las características:
 $E(Z_t) = 0$ y $VAR(Z_t) = 1$

Las demás variables han sido definidas en los párrafos anteriores.

Para que el proceso preserve la media y la desviación estándar constante, la ecuación toma la forma:

$$Z_t = \frac{X'_{(t)} - Tm}{Ts} \cdot \bar{Ts} + \bar{Tm} \quad (55)$$

\bar{Ts} y \bar{Tm} son los promedios de la tendencia en la desviación estándar y media, respectivamente. La serie Z_t es una serie homogénea y consistente al 90% de probabilidad.

G. Completación y extensión

Según (Villón, 2001):

La extensión de información, es el proceso de transferencia de información desde una estación con “largo” registro histórico a otra con “corto” registro y la completación de datos, es el proceso por el cual, se llenan “huecos” que existen en un registro de datos.

Para la completación se usa preferentemente la regresión lineal simple que puede ser correlación cruzada o autocorrelación. La correlación cruzada es un cruce de información. Se emplea cuando existe información de estaciones vecinas o se cuenta con información de algunas cuencas de carácter similar a la analizada. La autocorrelación, llamada también correlación seriada o serial, consiste en correlacionar datos correspondientes al registro de una misma muestra hidrológica, considerando un desfase en el tiempo o desfasaje.

En forma general, el modelo matemático más usado para transferir información hidrológica es el modelo de regresión lineal simple.

$$y_t = a + bx_t \quad (56)$$

Donde:

y_t : Variable hidrológica dependiente.

x_t : Variable hidrológica independiente.

a y b: Parámetros de la ecuación.

$$b = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (57)$$

$$a = \bar{y}_1 - b \bar{x}_1 \quad (58)$$

N_1 : Tamaño del registro común a ambas series o tamaños del registro corto.

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum y_i}{N_1} \quad \bar{x}_1 = \frac{\sum x_i}{N_1}$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (59)$$

$$S_{t(y)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left(\sum_{i=1}^{N_1} (y_i - \bar{y}_1)^2 \right)} \quad (60)$$

$$S_{t(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left(\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right)} \quad (56)$$

Donde:

\bar{y}_1 y \bar{x}_1 : Son los estimados de las medias de los periodos comunes, de tamaño N_1 de las variables y_t , e x_t .

$St(y)$, $St(x)$: Son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar, de y_t y x_t de los períodos comunes de tamaño N_1 .

r: Coeficiente de correlación.

La ecuación de completación o extensión resulta:

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_1) \quad (61)$$

Donde:

x_t : Serie de registro “largo” de tamaño $N = N_1 + N_2$

N_1 : Tamaño del registro común.

N2: Tamaño del registro no común.

a. Criterios de confiabilidad.

- Cálculo del estadístico T_c , según:

$$T_c = \frac{r \sqrt{(N_1 - 2)}}{\sqrt{(1 - r^2)}} \quad (62)$$

Donde:

T_c : Valor del estadístico T calculado.

N_1 : Tamaño del registro común de las series.

r : Coeficiente de correlación.

- **Cálculo de T_t**

El valor de T_t se obtiene de tablas para $\alpha = 0.05$ y G.L. = $N_1 - 2$

- **Criterios de decisión**

Si $|T_c| \leq T_t \rightarrow r$ no es significativo, por lo tanto, no hay correlación significativa.

Si $|T_c| > T_t \rightarrow r$ es significativo, por lo que sí existe correlación significativa entre las variables y_t y x_t , y se puede usar la expresión (58). Si r resulta no significativo se puede aplicar el proceso de autocorrelación o probar con otra serie.

Modelo Determinístico Estocástico de Lutz Scholz

Según (Scholz, 1980)

Este modelo hidrológico, es combinado por que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso Markoviano - Modelo Estocástico). Fue desarrollado por el experto Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros

más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la Precipitación Efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas. Los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

- Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de esorrentía promedio.
- Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.
- Calibración del modelo y generación de caudales extendidos por un proceso Markoviano combinado de precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior.

Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier finalidad (abastecimiento de agua, hidroelectricidad etc.). Los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos.

A. Ecuación del balance hídrico

La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual, expresada en mm/mes es la siguiente, propuesta por Fisher:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (63)$$

Donde:

- CM_i: Caudal mensual (mm/mes).
- P_i: Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes).
- D_i: Déficit de escurrimiento (mm/mes).
- G_i: Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes).
- A_i: Abastecimiento de la retención (mm/mes).

Asumiendo:

- Que para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir $G_i = A_i$, y

- Que para el año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación.

Reemplazando (P-D) por (CP), y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m³/seg) la ecuación (58) se convierte en:

$$Q = c'CP(AR) \quad (64)$$

Que es la expresión básica del método racional.

Donde:

Q: Caudal (m³/s).

c': coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg).

C: coeficiente de escurrimiento.

P: Precipitación total mensual (mm/mes).

AR: Área de la cuenca (m²).

B. Coeficiente de escurrimiento

Un método para el cálculo del coeficiente “C” ha sido presentado por L. Turc. La fórmula es desarrollada sobre la base de observaciones hechas en 254 cuencas situadas en todos los climas alrededor del globo, tiene la expresión:

$$C = \frac{P-D}{P} - \frac{D}{P} \quad (65)$$

Aplicando la fórmula de Turc a las observaciones en las 19 cuencas de las cuales se dispone de registros hidrometeorológicos, se constata que mediante la fórmula (61) se puede calcular el déficit de escurrimiento solamente en el norte del país, en la región de Cajamarca, con una precisión satisfactoria.

$$D = P \frac{1}{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})^{1/2}} \quad (66)$$

$$L = 300 + 25(t) + 0.05(T)^3 \quad (62)$$

$$T = 197 - 23.1 \ln(H) \quad (67)$$

Donde:

L: Coeficiente de Temperatura.

T: Temperatura media anual (°C).

H: Altitud media de la cuenca.

C. Precipitación efectiva

Para el cálculo de la precipitación efectiva (PE), se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calculó para el coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al coeficiente de escorrentía.

$$PE_i = C * PT_c \quad (68)$$

Donde:

PE_i: Precipitación efectiva del mes “i” (mm/año)

PT_c: Precipitación total generada (mm/año)

C: Coeficiente de escorrentía.

D. Retención de la cuenca

Bajo la suposición de que exista un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y además que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según las fórmulas:

$$R_i = CM_i - PE_i \quad (69)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (70)$$

Donde:

CM_i: Caudal mensual. (mm/mes)

PE_i: Precipitación Efectiva Mensual. (mm/mes)

R_i: Retención de la cuenca. (mm/mes)

G_i: Gasto de la retención. (mm/mes)

A_i: Abastecimiento de la retención. (mm/mes)

Sumando los valores de G o A respectivamente, se halla la retención total de la cuenca para el año promedio en (mm/año).

Esta ecuación se realiza básicamente para la calibración de la retención de la cuenca. En cuencas de la sierra, la retención varía de: 43 a 188 (mm/año), resultados que se indican en el volumen del modelo, asimismo muestran una uniformidad del cambio de los valores G y A durante el año para las cuencas pertenecientes a la misma región.

$$R = \frac{(C_a * AR * LA + AL * LL + AN * LN)}{AR} \quad (71)$$

Donde:

R: Retención de la cuenca	(mm/año)
Ca: Coeficiente	(15% - 30%)
AR: Área de la cuenca	(Km ²)
LA: Almacenamiento de acuíferos	(mm/año)
AL: Área de lagunas	(Km ²)
LL: Almacenamiento de lagunas y pantanos	(mm/año)
AN: Área de los nevados	(Km ²)
LN: Almacenamiento de nevados	(mm/año)

E. Coeficiente de agotamiento (α)

En principio, es posible determinar el coeficiente de agotamiento real mediante aforos sucesivos en el río durante la estación seca; sin embargo, cuando no sea posible ello, se puede recurrir a las ecuaciones desarrolladas para cuatro clases de cuencas:

Cuencas con agotamiento muy rápido: Debido a temperaturas elevadas (>10°C) y retención que va de reducida (50 mm/año) a mediana (80 mm/año):

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.034 \quad (72)$$

Cuencas con agotamiento rápido: Retención entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna):

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.030 \quad (73)$$

Cuencas con agotamiento mediano: Retención mediana (80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados):

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.026 \quad (77)$$

Cuencas con agotamiento reducido: Debido a la alta retención (> 100 mm/año) y vegetación mezclada:

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.023 \quad (75)$$

Donde:

a : coeficiente de agotamiento por día

AR: área de la cuenca (km²)

R: retención total de la cuenca (mm/año)

F. Relación de caudales del flujo base (b_0)

Durante la estación seca, el gasto de la retención alimenta los ríos, constituyendo el caudal o descarga básica. La reserva o retención de la cuenca se agota al final de la estación seca; durante esta estación la descarga se puede calcular en base a la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)} \quad (76)$$

$$b_0 = e^{-a(t)} \quad (77)$$

Donde:

Q_t : Descarga en el tiempo t

Q_0 : Descarga inicial

a : Coeficiente de agotamiento

t : Tiempo (número de días del mes)

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. En base a los hidrogramas se ha determinado que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa continuando de forma progresiva pero menos pronunciada, hasta el final de dicha estación.

G. Almacenamiento hídrico

El experto Lutz Scholz propone tres fuentes principales para el almacenamiento hídrico que inciden en la retención de la cuenca: acuíferos, lagunas-pantanos y nevados; para los cuales propone diferentes aportes específicos en función del área de la cuenca:

La determinación de la lámina "L" que almacena cada tipo de estos almacenes está dado por:

Acuíferos:

$$L_A = -750 * I + 350 \quad (78)$$

Donde:

L_A : Almacenamiento de acuíferos (200 – 300 mm/año)

I : pendiente del cauce principal ($I \leq 15 \%$)

Lagunas y Pantanos:

$$L_L = 500 \text{ (mm/año)} \quad (79)$$

Donde:

L_L : lámina específica de lagunas y pantanos

Nevados

$$L_N = 500 \text{ (mm/año)} \quad (80)$$

Donde:

L_N : lámina específica de nevados

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías. Los almacenamientos de corto plazo no son considerados para este caso, estando los mismos incluidos en las ecuaciones de la precipitación efectiva.

H. Gasto de la retención (G_i)

Es el volumen de agua que entrega la cuenca en los meses secos bajo un determinado régimen de entrega. Al régimen de entrega del gasto de la retención se le denomina: coeficientes de agotamiento “ b_i ”. El Gasto de la Retención es el aporte a la escorrentía de las aguas subterráneas en los meses de estiaje y se calcula mediante la ecuación:

$$G_i = \frac{b_0}{b_m} * R \quad (81)$$

Donde:

R : Retención de la cuenca.

b_0 : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior.

b_m : Suma de factores mensuales durante la estación de estiaje ($\sum b_{oi}$).

b_{oi} : Relación entre el caudal del mes “ i ” y el caudal inicial (Q_i / Q_0).

El cálculo se hace para los meses de estiaje, en este caso los meses de mayo a septiembre.

I. Abastecimiento de la retención

Es el volumen de agua que almacena la cuenca en los meses lluviosos bajo un determinado régimen de almacenamiento. Al régimen de almacenamiento del abastecimiento de la retención se le denomina: coeficientes de abastecimiento “ai”.

El abastecimiento durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. En la región del Cusco el abastecimiento comienza en el mes de noviembre con 5%, alcanzando hasta enero el valor del 80 % del volumen final. Las precipitaciones altas del mes de febrero completan el 20 % restante, y las precipitaciones efectivas del mes de marzo escurren directamente sin contribuir a la retención. Los coeficientes mensuales expresados en porcentaje del almacenamiento total anual se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%)

Región	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Cusco	0	5	35	40	20	0	100
Huancavelica	10	0	35	30	20	5	100
Junín	10	0	25	30	30	5	100
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35	100

Fuente: (Scholz, 1980)

La lámina de agua A_i que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la Precipitación Efectiva PE_i . Se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) \quad (82)$$

Donde:

A_i : abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes)

a_i : coeficiente de abastecimiento (%)

R : retención de la cuenca (mm/año)

J. Determinación del caudal mensual para el año promedio

Está basado en la ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual a partir de los componentes descritos anteriormente:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (83)$$

Donde:

CM_i: Caudal del mes i (mm/mes)

PE_i: Precipitación efectiva del mes i (mm/mes)

G_i: Gasto de la retención del mes i (mm/mes)

A_i: abastecimiento del mes i (mm/mes)

K. Generación de caudales para periodos extendidos

A fin de generar una serie sintética de caudales para períodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en una combinación de un Proceso Markoviano de primer orden, según la ecuación (80) con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva en la ecuación (81):

$$Q_t = f(Q_{t=1}) \quad (84)$$

$$Q = g(PE_t) \quad (85)$$

Con la finalidad de aumentar el rango de valores generados y obtener una óptima aproximación a la realidad, se utiliza además una variable aleatoria.

$$Z = z(S)\sqrt{(1 - r^2)} \quad (86)$$

Finalmente, la ecuación integral para la generación de caudales mensuales combinando los componentes citados, se escribe a continuación:

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2} \quad (87)$$

Donde:

Q_t: Caudal del mes “t”.

Q_{t-1}: Caudal del mes anterior

PE_t: Precipitación efectiva del mes

B₁: Factor constante o caudal básico.

$B_{2,3}$: Parámetros del modelo para el año promedio

S: Desviación estándar de los residuos.

R: Coeficiente de correlación múltiple.

z: Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año "t".

El proceso de generación requiere de un valor inicial, el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes,
- Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor Q_0 sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

L. Test estadísticos

Para determinar la calidad de la coincidencia de los caudales generados con los observados, se desarrolla la comparación de los promedios y desviaciones tipo de los valores históricos y los generados.

Para probar si los promedios salen de la misma población, se utiliza el test de Student (Prueba "t"). Esta prueba debe ser desarrollada para cada mes.

Se compara el valor de t con el valor límite $t_{p,n}$ que indica el límite superior que, con una probabilidad de error del P%, permite decir que ambos promedios pertenecen a la misma población.

La comparación estadística de promedios se realiza mediante el test de Fischer (Prueba "F") que se compara con el valor límite $F_{p/2}(\%, n_1, n_2)$

M. Regresión Múltiple

Se calculan los parámetros $B_{1,2,3}$ S, r sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante el cálculo de regresión con "Qt" como valor dependiente y "Qt-1, PET" como valores independientes.

Ejemplo: sea "Qt" los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz para el mes "t" del año promedio, y "PET" la precipitación efectiva calculada para el mes "t" del año promedio, entonces las series para la regresión múltiple se elabora como se muestra en la tabla adjunta:

Las ecuaciones normales para estimar el cálculo de las variables B1,2,3, son:

$$\Sigma Q_t = 12B_1 + B_2 \Sigma Q_{t-1} + B_3 \Sigma PE_t \quad (88)$$

$$\Sigma(Q_t Q_{t-1}) = B_1 \Sigma Q_{t-1} + B_2 \Sigma(Q_{t-1})^2 + B_3 \Sigma(Q_{t-1} PE_t) \quad (89)$$

$$\Sigma(Q_t PE_t) = B_1 \Sigma PE_t + B_2 \Sigma(Q_{t-1} PE_t) + B_3 \Sigma(PE_t)^2 \quad (90)$$

Luego, el caudal estimado se define como : “ \hat{Q}_t ” y obtenidos los parámetros B1,2,3, se obtiene:

$$\hat{Q}_t = B_1 + B_2 Q_{t-1} + B_3 PE_t \quad (91)$$

$$e = Q_t - \hat{Q}_t \quad (92)$$

Los 12 valores de \hat{Q}_t se obtienen con los pares de valores de la tabla 5 y también se calculan los 12 valores del error “e”

Donde:

Qt: Caudales muestrales (experimentales) del mes “t”.

Qt-1: Caudales muestrales (experimentales) del mes anterior.

\hat{Q}_t : Caudales estimados del mes “t”.

e: Error entre los valores muestrales y estimados.

Cálculo de la desviación estándar de los residuos:

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(e^2)}{n-p}} \quad (93)$$

Luego, el coeficiente de regresión múltiple “r” se calcula:

$$r = \left[1 - \frac{S^2}{S^2_{Q_t}}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (94)$$

$$S_{Q_t}^2 = \frac{1}{n-1} [\Sigma(Q_t^2 - n(\bar{Q}_t)^2)] \quad (95)$$

Donde:

n: Número de grupos de la muestra (para nuestro caso 12)

p: Número de parámetros a estimar (para nuestro caso 3)

N. Restricciones del modelo

El modelo presenta ciertas restricciones de uso o aplicación tales como:

- Su uso es únicamente para el cálculo de caudales mensuales promedio.
- Los registros generados en el período de secas presentan una mayor confiabilidad que los valores generados para la época lluviosa.
- La aplicación del modelo se restringe a las cuencas en las que se ha calibrado sus parámetros (sierra peruana: Cusco, Huancavelica, Junín, Cajamarca)

Prueba de bondad de ajuste

Según: (Villón, 2001)

La prueba de bondad de ajuste consiste en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base a los valores maestres. Las pruebas estadísticas tienen por objetivo medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre la población, es decir calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria, se distribuya según una cierta función de probabilidades.

a. Prueba de Smirnov-Kolmogorov

La prueba de ajuste de Smirnov-Kolmogorov, consiste en comprar 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 y el valor de la recta teórica del modelo, es decir:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)| \quad (96)$$

Donde:

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 un nivel de significación α se tiene que:

$$P[\text{máx}|F(x) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha \quad \text{ó} \quad P(\Delta \geq \Delta_0) = \alpha \quad (97)$$

También:

$$P(\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha \quad (98)$$

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 esto usar la fórmula de Weibull:

$$P(x) = \frac{M}{N+1} \quad (99)$$

Donde:

$P(x)$ = probabilidad empírica o experimental

M = número de orden

N = número de datos

2° calcular la probabilidad teórica $F(x)$:

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

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

4° seleccionar la máxima diferencia:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)| \quad (100)$$

5° calcular el valor crítico del estadístico Δ , es decir Δ_0 , un $\alpha = 0.05$ y N igual al número de datos. Los valores de Δ_0 , se muestran en la tabla siguiente tabla.

Tabla 5: Valores críticos de Δ_0 del estadístico Smirnov-Kolmogorov Δ

Tamaño Muestral N	NIVEL DE SIGNIFICACION α				
	0.2	0.15	0.1	0.05	0.01
N > 35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: (Villón, 2001)

6° Comparar el valor del estadístico Δ con el valor crítico Δ_0 de la tabla anterior, con los siguientes criterios de decisión deducidos de la ecuación (97).

Si $\Delta < \Delta_0 \Rightarrow$ el ajuste es bueno, al nivel de significancia seleccionado.

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

Disponibilidad de agua

Huamán V. señala que la disponibilidad de agua de la cuenca hidrográfica es el volumen total de agua ya precipitada sobre esta, para ser utilizado, por ejemplo para el riego, para generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable entre otros. Cuando se trata de proyectos ubicados aguas abajo del punto emisor, y no se conoce el registro hidrométrico en dicho punto, los caudales medios mensuales se estiman con algún modelo hidrológico, conociendo la precipitación media e información climática, así como los parámetros geomorfológicos de la cuenca en cuestión.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Cuenca Hidrográfica:

Se llama cuenca hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la línea de «divortio aquarum» o divisoria de aguas. (Ortiz, 2004)

Microcuenca:

Es la unidad hidrográfica más pequeña de los sectores altos de las cuencas compuestas por quebradas, pequeños riachuelos o nacimientos de aguas. Su identificación está referenciada por menos de 4000 hectáreas, mientras que las mesocuenas y cuencas hacen referencia a áreas de drenaje mayores. (Ordoñez, 2011)

Modelo hidrológico determinístico:

Un modelo matemático del tipo determinístico es aquel que tiende a establecer relaciones cuantitativas de causa-efecto, utilizando una relación directa para obtener una respuesta debida a un requerimiento, sea por medio de una ecuación empírica o por medio de un operador desarrollado a partir de criterios e hipótesis experimentales. (Chávarri, 1989)

Modelo hidrológico estocástico:

Un modelo matemático del tipo estocástico sus variables son regidas en todo o en parte por las leyes del azar, y por tanto caracterizadas en términos de probabilidad. (Silva, 2007)

Año hidrológico:

Periodo continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante se reduce al mínimo. Según SENAMHI, en Perú inicia el 01 de setiembre y culminó el 31 de agosto del siguiente año. (Ordoñez, 2011)

Coefficiente de agotamiento:

Constante propia de un acuífero. Su valor caracteriza la ley de decrecimiento exponencial, en régimen no influenciado, del caudal del manantial que representa la descarga del sistema, como consecuencia de la disminución de reservas que sigue a la interrupción de la alimentación. (Linsley, Kohler, & Pulus, 1997)

Precipitación efectiva:

Es aquella fracción de la precipitación que da origen a la escorrentía directa y al flujo base. Se obtiene multiplicando la precipitación total por el coeficiente de escorrentía, tal que éste última toma en cuenta el flujo superficial y el flujo base. (Chow, Maidment, & Mays, 2000)

Caudal de escorrentía superficial:

Es la precipitación que no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno por la acción de la gravedad. (Villón, 2002).

Caudal base:

Parte del caudal aportado por las reservas de una cuenca, en particular las subterráneas, que se mantiene fuera de periodos de lluvia o de fusión de nieves. (Breña & Jacobo, 2006)

Tiempo de concentración (tc):

El tiempo de concentración de una cuenca, es el tiempo necesario para que una gota de agua que cae en el punto “hidrológicamente” más alejado de aquella, llegue a la salida (estación de aforo). (Aparicio, 1989)

Gasto de la retención (Gi)

Es el volumen de agua que entrega la cuenca en los meses secos bajo un determinado régimen de entrega. Al régimen de entrega del gasto de la retención se le denomina: coeficientes de agotamiento.

Abastecimiento de la retención

Es el volumen de agua que almacena la cuenca en los meses lluviosos bajo un determinado régimen de almacenamiento. Al régimen de almacenamiento del abastecimiento de la retención se le denomina: coeficientes de abastecimiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN ESPACIAL

Política

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: La Encañada

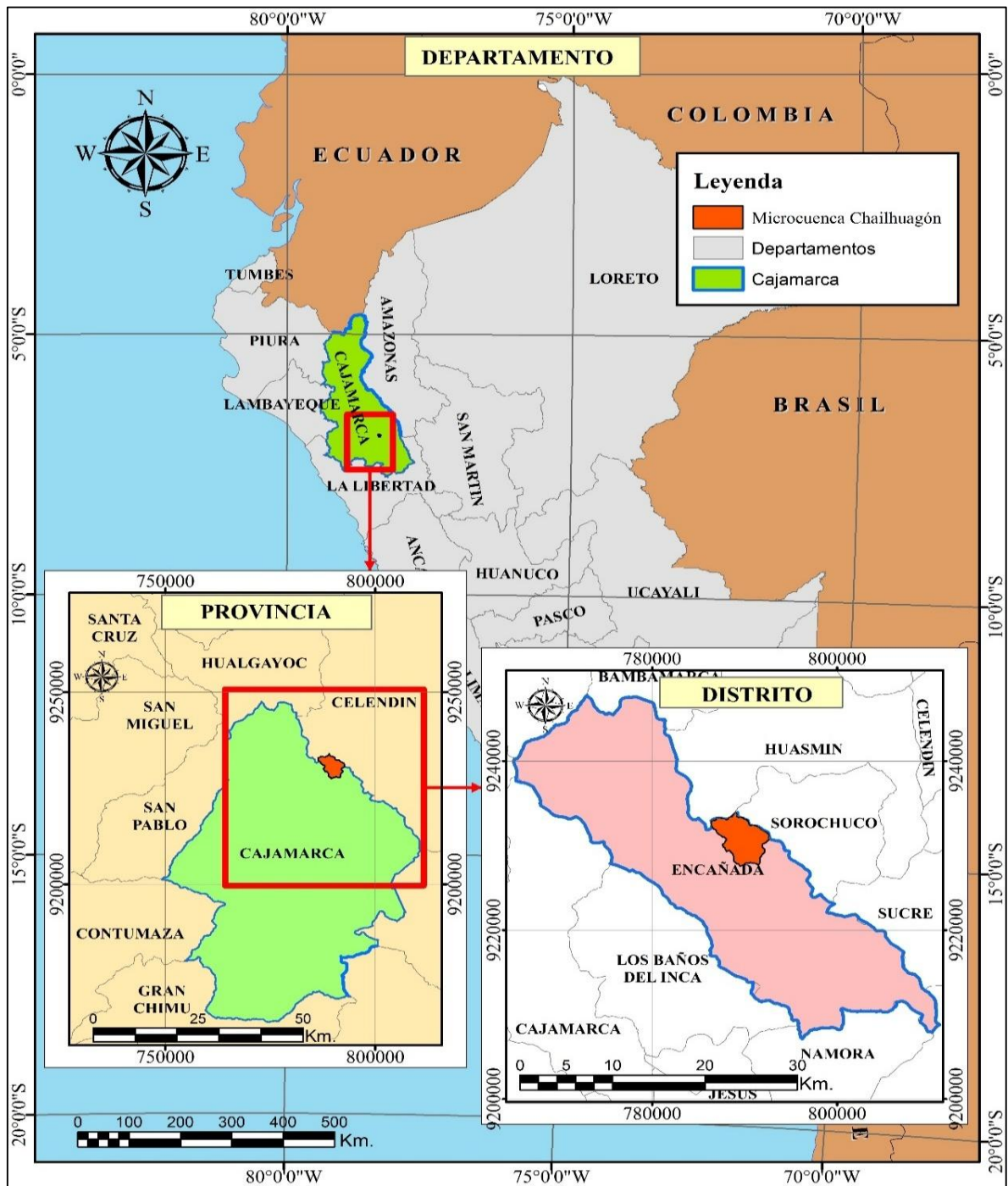


Figura 7. Ubicación política del área en estudio

Geográfica

El área en estudio (Microcuenca Chailhuagón) se encuentra ubicada entre las siguientes coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17S:

- Este: 786'428.8 m y 792'667.9 m
- Norte: 9'233'962.2 m y 9'226'975.2 m
- Cota: 3459 m.s.n.m. y 4227 m.s.n.m.

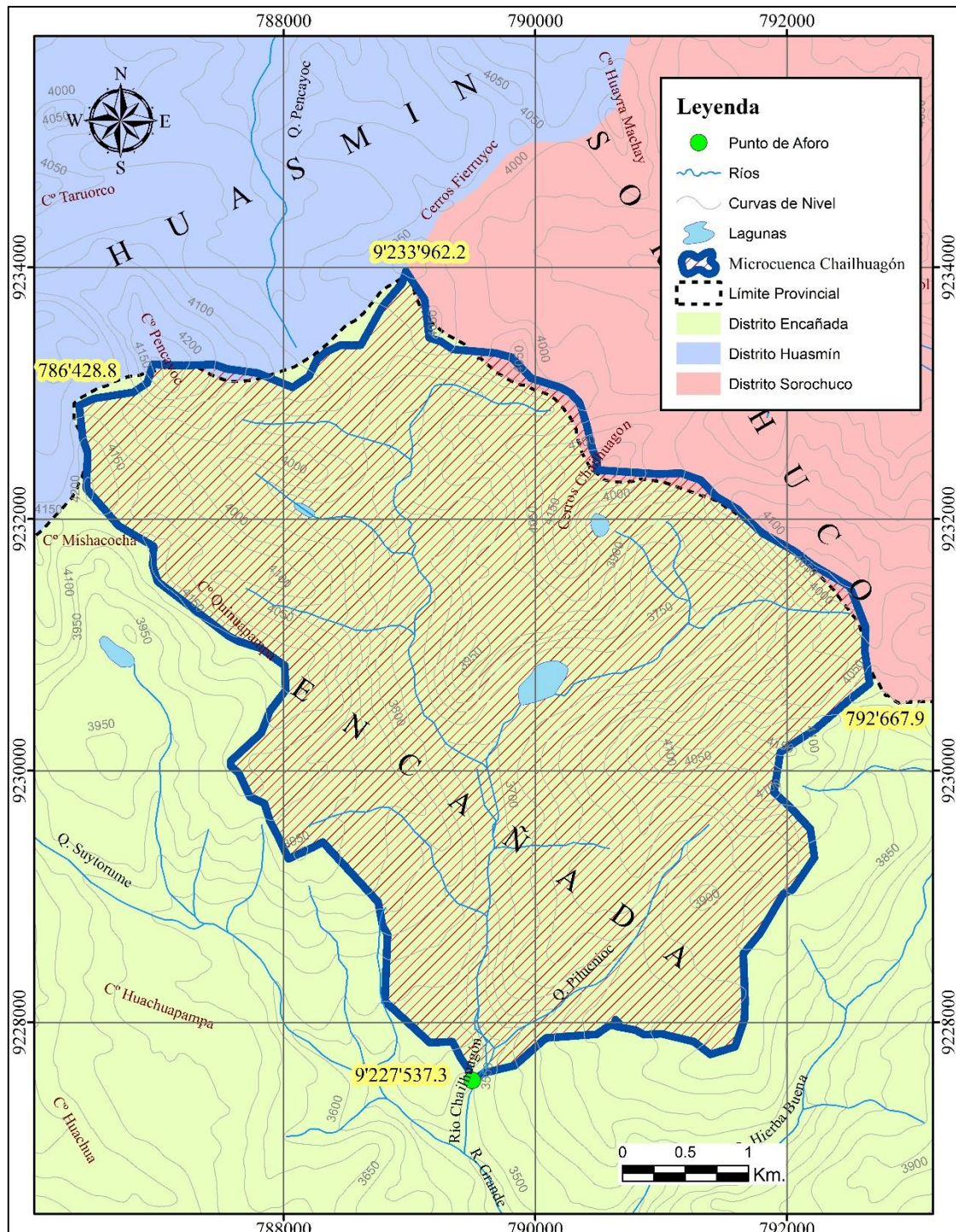


Figura 8. Ubicación geográfica del área en estudio

Referencial

La demarcación en color azul es el área en estudio de la microcuenca Chailhuagón.



Figura 9. Ubicación referencial del área en estudio – Google Earth

3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona en estudio, partiendo de la ciudad de Cajamarca, es mediante la ruta que va al C.P. de Otuzco (10.7 Km), la cual está asfaltada y cuenta con medio de transporte de carga y pasajeros permanentes; continuando por la carretera a Conga hasta el C.P. de Combayo (18.6 Km), carretera afirmada en buen estado y finalmente desde el C.P. de Combayo hacia el caserío El Porvenir (11.3 Km), trocha en estado regular; lugar donde se ubica el área de estudio de la microcuenca Chailhuagón, el total del recorrido es de 40.6 Km en un tiempo total de 2 horas.

Tabla 6. Accesibilidad al área de estudio

Desde	Hacia	Long. (Km)	Tipo Vía	Tiempo
Cajamarca	Otuzco	10.7	Asfaltada	26 min
Otuzco	Combayo	18.6	Afirmada	60 min
Combayo	El Porvenir	11.3	Trocha	34 min



Figura 10. Ruta de acceso al área de estudio - Google Earth

3.3. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

Demografía:

Según el censo del INEI año 2007, existen 850 habitantes distribuidos en 6 centros poblados, los cuales se encuentran dentro de la microcuenca Chailhuagón, y son los siguientes: San Nicolás de Chailhuagón, Porvenir Encañada, Chailhuagan, Yerba Buena Alta, El porvenir de Yerba Buena, Pilucnioc.



Figura 11. Centros poblados en el área de estudio.

Actividades económicas y uso del suelo:

De las visitas de campo se ha podido determinar que los suelos de la microcuenca permiten desarrollar actividades económicas de manera tradicional, entre ellas:

- **Ganadería:** Existe ganado vacuno donde el suelo permite el crecimiento de pastos naturales y en terrenos cercanos a las riberas donde son suelos fértiles existe pastos sembrados como avena forrajera (*Avena Sativa*), rye grass (*Lolium perenne*), etc. De este ganado se logra comercializar leche fresca, sin embargo, se aprecia lo rudimentario de esta actividad; en las partes altas también se aprecia la cría de ovinos cuyo fin es la carne y lana. Existe también la cría de animales domésticos como cuyes y gallinas, sin embargo, estos en su gran mayoría no son para comercializar sino para su consumo.
- **Agricultura:** El relieve accidentado, las heladas y la técnica de cultivo al secano hacen que la agricultura no sea muy productiva limitándose a pequeñas parcelas sembradas para aprovechar la época de lluvias; entre las especies cultivadas encontramos los granos como trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), arveja (*Pisum sativum*), Haba (*Vicia faba*), tubérculos como papa (*Solanum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Oxalis tuberosa*) usadas para su consumo propio.

3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Suelos:

Según la altitud a la que se encuentra ubicada la microcuenca podemos observar que los suelos son propios de alturas superiores a 3500 msnm con muy buena retención de agua en los poros. Esto se observa tanto en la zona baja, media y alta de la microcuenca suelos negros organicos con alta permeabilidad.



Imagen 1. Suelos negros orgánicos.

Cobertura y vegetación:

Otro aspecto importante es la cobertura vegetal de la microcuenca ya que de ella depende el porcentaje de escorrentía que discurre hacia los cauces.



(a) Cultivos de sevada en zona baja

(b) cultivos de rye grass zona media

Imagen 2. Tipo de cultivo en la zona baja y media

Los suelos cercanos a las riveras de los cauces suelen ser fértiles usados para sembríos de pasturas, así como se aprecia en las imágenes siguientes.



Imagen 3. Vegetación cercana a los cauces

En la zona media de la microcuenca y pendientes pronunciadas existe una cubierta de una vegetación escasa de pastos y arbustos, como la que se muestra en la imagen siguiente.



Imagen 4. Cobertura vegetal de las laderas

En la zona alta de la microcuenca se encuentra cubierto de ichu (*Stipa ichu*), quinual (*Polylepis australis*) y otras especies propias de la zona.



Imagen 5. Cobertura de la zona alta de la microcuenca

Geología:

La geología juega un papel muy importante dentro de la hidrología no solo con los tipos de rocas sino con la geología estructural, puesto que de la geología depende el almacenamiento y retención del agua en el subsuelo.

Tabla 7. Tipo de geología de la microcuenca Chailhuagón

Nombre	Area_km²	Descripción
Ks-p	14.20	Grupo Pulluicana
Nm-vh	0.77	Volc. Huambos
T-da	1.00	Dacita
Ki-pa	3.30	Familia Pariatambo
Qr-fg	2.42	Depositos Fluvioglaciares
Ki-chu	0.75	Fm. Chulec - Calizas arenosas, areniscas calcareas.
Lag. Rep.	0.35	Lagunas y represas

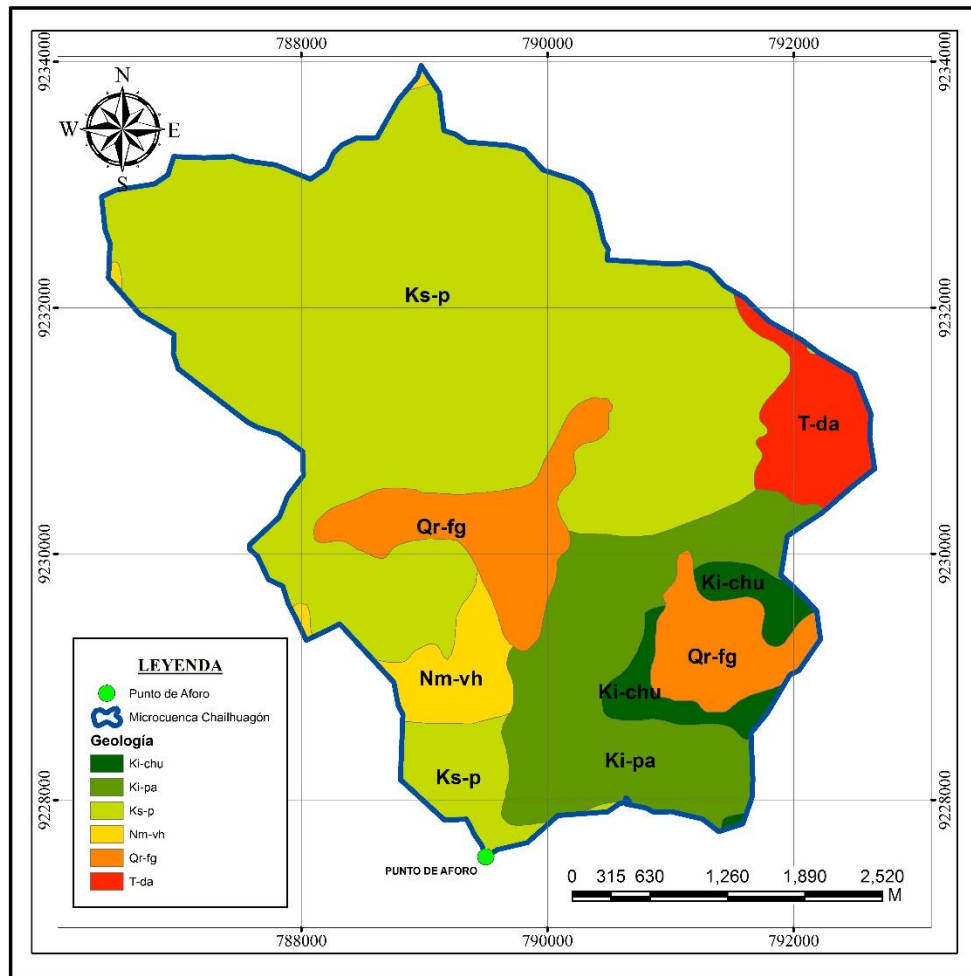


Figura 12. Geología del área de estudio

Hidrogeología:

En la zona en estudio existen lagunas y represas los cuales se describen a continuación:

a) Lagunas:

En la zona de trabajo se ha inventariado 04 lagunas, 02 permanentes y 02 estacionales, las cuales se describen a continuación en base a sus principales características:

Las lagunas represadas son depósitos naturales de agua que tiene un dique de contención que sirve para almacenar el agua; son pequeños espejos de agua y poca profundidad; su fuente de agua principal son las precipitaciones estacionales y las escorrentías de la topografía circundante, estos volúmenes de agua así almacenados se deprecian sistemáticamente producto de la evaporación y la infiltración natural.

Las lagunas permanentes son depósitos naturales de agua de menores dimensiones que un lago, tiene una recarga natural producto de la escorrentía topográfica que lo circunda, el flujo sub superficial, flujo subterráneo y la precipitación; por lo general cuentan con una salida natural con un flujo permanente.

En la zona de trabajo se ha identificado 02 lagunas con un espejo de agua total de 115 947,31 m² y las 02 represas con un espejo de agua de 250388.16 m².

Tabla 8. Características de las lagunas, por espejo de agua

Nombre de la laguna o represa	Microcuenca río Chailhuagón
	Espejo de agua (Km ²)
Lag. Chailhuagón	0.096
Lag. Mala o Brava	0.020
Rep. Chailhuagón	0.240
Represa	0.011
Total	0.366

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2012.

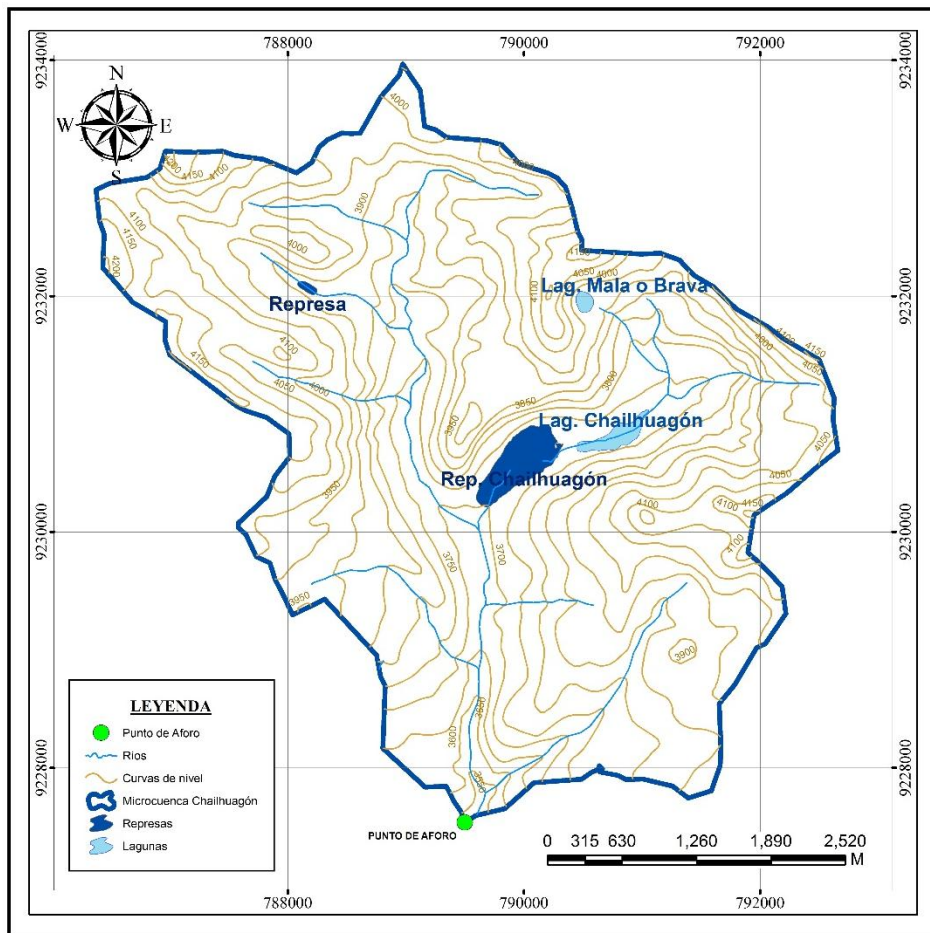


Figura 13. Ubicación de lagunas y represas en el área de estudio.

Red hidrográfica:

El nivel de cauce es una caracterización geomorfológica de una cuenca, como no se analizó el total de los cauces de la microcuenca del río Chailhuagón este indicador no es determinativo; sin embargo, podemos mencionar que la zona de trabajo catalogada como nivel tres, es una cuenca regularmente ramificada.

Del análisis de los cauces podemos mencionar que las quebradas de primer orden están muy ramificadas con una pendiente promedio de 13,40 % y un caudal promedio de 242,10 L/s algunas se encuentran en las nacientes de sus respectivas quebradas y otras ingresan al cauce de tercer orden. Los cauces de segundo orden son intermedios muy escasos con una pendiente promedio de 13,39 % y un caudal promedio de 20,53 L/s.

Los cauces de primer orden y segundo orden que ingresan al cauce de tercer orden directamente tienen uso netamente agrícola. El cauce de tercer orden es el propio río Chailhuagón tiene una pendiente de 6,00 % y un caudal de 2866,40 L/s, en su recorrido medio los pobladores lo emplean para uso agrícola.

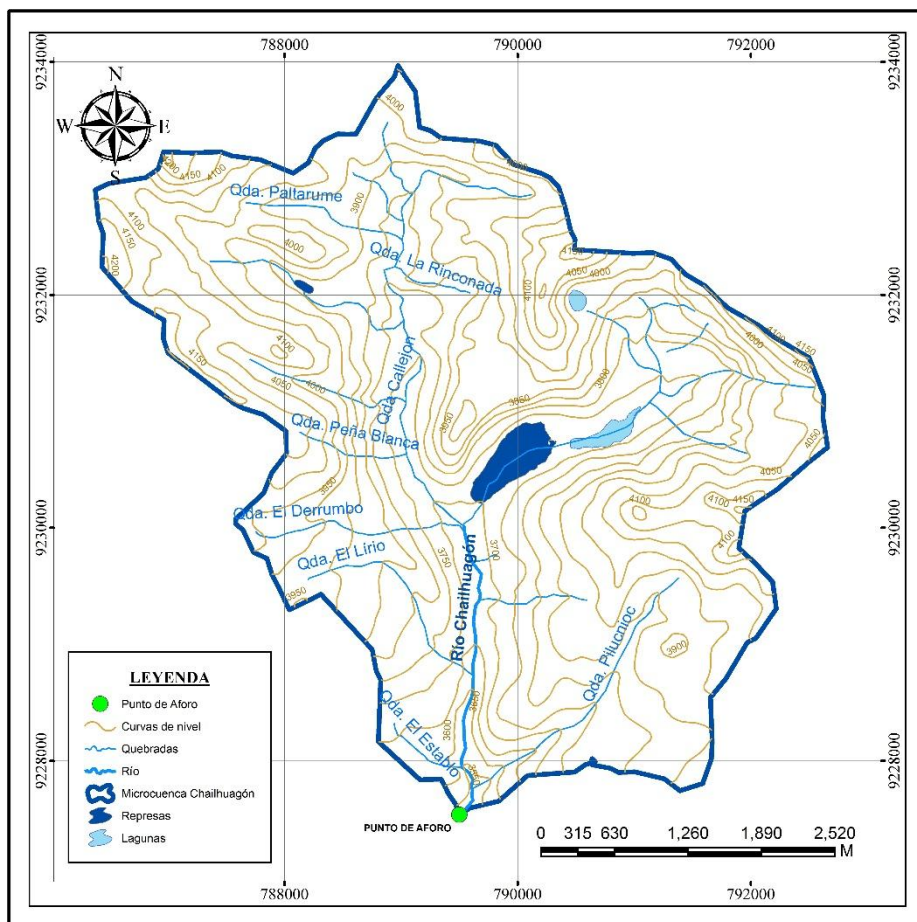


Figura 14. Ubicación de ríos y quebradas en el área de estudio.

3.5. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Equipos de campo:

Correntómetro EP111



GPS Garmin



Wincha metálica



Cordel de nylon



Cámara fotográfica



Traje de aforo



Equipos de gabinete:

laptop Toshiba Core i3



Materiales y Software: útiles de escritorio, libreta de campo, softwares ArcGis 10.3, IDRISI, Microsoft Office 2016.

3.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación parte de una caracterización física, calculando parámetros geomorfológicos y climatológicos de la microcuenca, a partir de información cartográfica, climatológica y observaciones en campo, dándole un carácter descriptivo a la investigación. Luego, usando un criterio lógico deductivo se procederá a calibrar y validar el modelo hidrológico y finalmente se calculará el volumen de agua en el punto emisor de la microcuenca Chailhuagón.

3.7. PROCEDIMIENTO

A. Recopilación de información cartográfica

Se recopiló información de las cartas 14f, 14g, 15f y 15g del IGN y las imágenes ASTER-GDEM de la NASA y se realizó el siguiente tratamiento:

Utilización de las cartas antes mencionadas, a escala 1:100 000 proporcionados por una misma institución, (IGN, Perú), las cuales fueron digitalizadas con curvas cada 50m.

Delimitación de la microcuenca basada en el principio de la red de flujo, considerando que la línea divisoria de aguas es teóricamente una línea neutral de flujo.

Procesamiento de información cartográfica y estimación de los parámetros geomorfológicos empleando las mismas metodologías, para cada caso (área, perímetro, altitud media, categorización de la red hidrográfica, etc.). Se utilizó como herramienta para todo este proceso el software ArcGIS 10.3, HIDRISI Selva, HidroCALC y Excel.

B. Recopilación de la información meteorológica

Se recopiló información meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), ANA, se utilizó 5 registros de precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas Augusto Weberbauer, Encañada, Celendín, Quebrada Shugar y Maqui Maqui, el periodo de registro (ver Tablas 34, 35, 36, 37, 38 del anexo A.1.) y la temperatura promedio anual de la estación meteorológica Maqui Maqui (ver Tabla 39 del anexo A.2.). La distribución espacial de las cinco estaciones utilizadas en la presente investigación se muestra en la Figura 15.

Tabla 9. Estaciones Meteorológicas

N°	Estación	Tipo	Parámetro	Este (m)	Norte (m)	Cota (m)
1	A. Weberbauer	M	PP	776881	9206978	2536
2	Encañada	M	PP	795823	9212282	2862
3	Quebrada Shugar	M	PP	781091	92592701	3293
4	Celendín	M	PP	818506	9240309	2470
5	Maqui Maqui	M	PP y T°	780019	9228957	4024

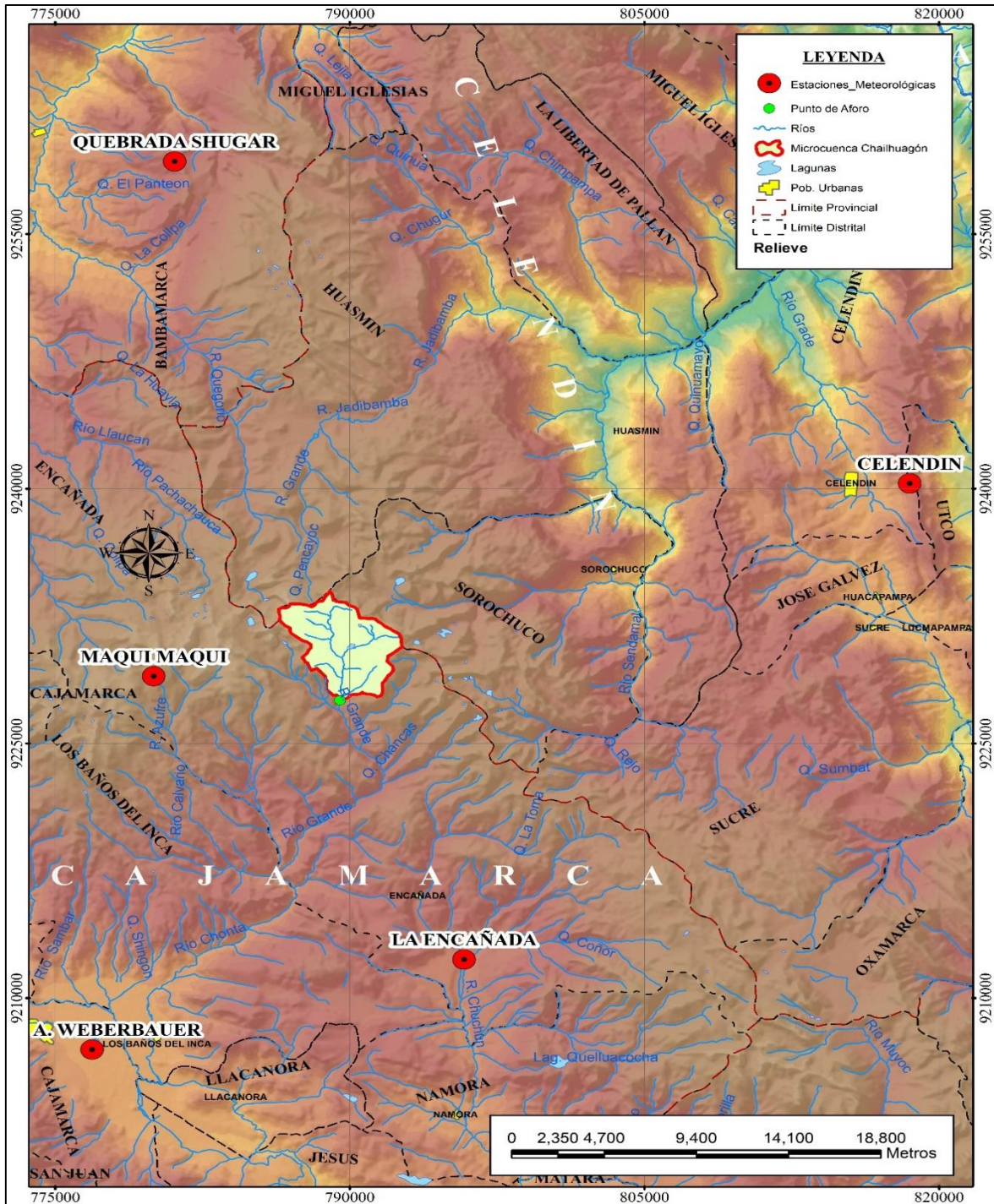


Figura 15. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas.

C. Procesamiento de la información pluviométrica

La información recopilada fue analizada, procesada y sintetizada mediante sus parámetros estadísticos (media, desviación estándar), logrando así la obtención de datos confiables aptos para el modelo propuesto por Lutz Scholz.

Se cuenta con la información de 5 estaciones meteorológicas de las cuales se ha escogido 2 estaciones base (Augusto Weberbauer y La Encañada); teniendo en consideración que los datos faltantes sean mínimos.

Utilizando los métodos de completación de datos descritos en el capítulo anterior se logró hacer la completación de datos faltantes para las 3 estaciones restantes (Quebrada Shugar, Celendín y Maqui Maqui), logrando así obtener una data histórica de precipitaciones de 50 años.

La completación de datos y el análisis de consistencia y tendencia en la media y desviación estándar o varianza de la información pluviométrica se muestran en los anexos A3, A4, A5, A6 y A7.

D. Procedimiento para el modelo de Lutz Scholz

Precipitación media de la cuenca

La precipitación media de la cuenca se obtuvo mediante el método de las Isoyetas, utilizando las estaciones mencionadas en la Tabla 09.

Habiendo trazado las isoyetas cada 10 mm, se obtuvo las áreas parciales de influencia de las estaciones y aplicando la fórmula del método de las Isoyetas se obtuvo una planilla de precipitación promedio para toda la microcuenca Chailhuagón, período 1968-2017 (Ver tabla 14).

Coefficiente de escorrentía

Para hallar el coeficiente de escorrentía se utilizó el método de L. TURC, para lo cual se utilizó la precipitación total anual de la microcuenca Chailhuagón y también la temperatura media mensual de la estación Maqui Maqui, Tabla 39 del Anexo A2.

Precipitación efectiva

Para hallar la precipitación efectiva primero hallamos la precipitación media mensual de la cuenca, esta precipitación media es afectada por el coeficiente de escorrentía calculado anteriormente y así obtenemos la precipitación efectiva.

La precipitación efectiva de la microcuenca en estudio se muestra en la tabla 16).

Retención de la cuenca

Parte del agua que se precipita queda retenida en los acuíferos y en lagunas que según Lutz Scholz se estima con los parámetros señalados en la tabla 10. La retención de la cuenca se calculó con la fórmula (71), debido a que la retención de la cuenca esta entre los valores 50-80 mm/año el coeficiente de agotamiento lo calculamos con la fórmula (73).

Gasto de la retención

Con el coeficiente de agotamiento se halla el gasto de la retención (G), que viene a ser el aporte a la escorrentía, de las aguas subterráneas en los meses de estiaje. Su cálculo se realizó utilizando la formula (81).

Abastecimiento de la retención

Se obtiene para la estación lluviosa, meses de Octubre a Abril, en función del coeficiente de abastecimiento para la región Cajamarca tabla 04 y la retención de la cuenca. Los cálculos se realizaron con la fórmula (82).

Caudales mensuales para el año promedio

El cálculo se realizó según la ecuación (83), cuyos resultados se muestran en la tabla 22, para convertirlos a (m^3/s), es necesario multiplicarlos por el área de la cuenca, dividido entre el número de días del mes, 24h, 60mi, 60seg.

Caudales mensuales para períodos extendidos

Inicialmente se calcularon los parámetros B1, B2, B3, S, r, sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante una regresión con Q_t (caudales generados para el año promedio) como valor dependiente, Q_{t-1} y PE_t como valores independientes. Para calcular los parámetros B1, B2, B3, S, r, se utilizó las ecuaciones (88), (89) y (90).

Se determinó los caudales (\hat{Q}_t); calculamos el error (e) y los coeficientes estadísticos de regresión múltiple, generamos números aleatorios y posteriormente calculamos (Q_m) en unidades de (mm/mes).

La generación de los caudales medios mensuales para toda la serie (1968-2017) se hizo aplicando la ecuación obtenida según la ecuación (91), cuyos valores se presentan en la tabla 28. Se utilizaron las planillas: Precipitación efectiva (PE_t) de la tabla 16 y número aleatorio (Z) con distribución Normal con media cero y desviación estándar uno, de la tabla 27.

E. Transferencia de información hidrometeorológica

La información hidrométrica para el presente estudio, corresponde al registro histórico de caudales medios mensuales de la estación hidrométrica Ronquillo desde el año 2008 al 2017, y es administrada actualmente por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

Tabla 10. Estación Hidrométrica

N°	Estación	Tipo	Parámetro	Este (m)	Norte (m)	Cota (m)
1	Ronquillo	H	Caudal	772074	9208182	2800

Aplicando la fórmula 16 descrito en el capítulo anterior a los caudales de la estación hidrométrica Ronquillo periodo (2008-2017) ver tabla 29, se hizo la transferencia de caudales hacia la microcuenca Chailhuagón ver tabla 30.

Se hizo el procedimiento de transferencia de caudales para el periodo 2008 - 2017, para lo cual se necesitó la siguiente información de las cuencas mencionadas anteriormente: Cuenca Ronquillo: Zc: 3480 m, Pc: 293.6 mm, Ac: 41.47 Km². Microcuenca Chailhuagón: Zp: 3881.55 m, Pp: 1069.5 mm, Ap: 22.44 Km².

F. Recopilación de la información de campo

La información de campo se logró haciendo aforados semanalmente en el río Chailhuagón durante el año 2017, para lo cual se utilizó el correntómetro modelo EP 111.

Tabla 11. Punto de aforo del río de la microcuenca Chailhuagón

Descripción	Coordenadas UTM WGS 84 - 17S		
	Este (m)	Norte (m)	Cota (m)
Punto de aforo	789499	9227537	3523

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

A. Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Chailhuagón

Área de la cuenca (A): El área de la cuenca es de 22.44 Km², por lo tanto, de acuerdo a su tamaño la cuenca se clasifica como muy pequeña, hidrológicamente definida como microcuenca.

Perímetro de la cuenca (P): Es la longitud de la línea de divortium acuarium. Por tanto, el perímetro de la microcuenca es de 22.34 Km.

Longitud del cauce principal (L): La longitud del cauce principal es de 7.960 Km. De acuerdo a los rangos de longitud se clasifica como un río de cauce corto.

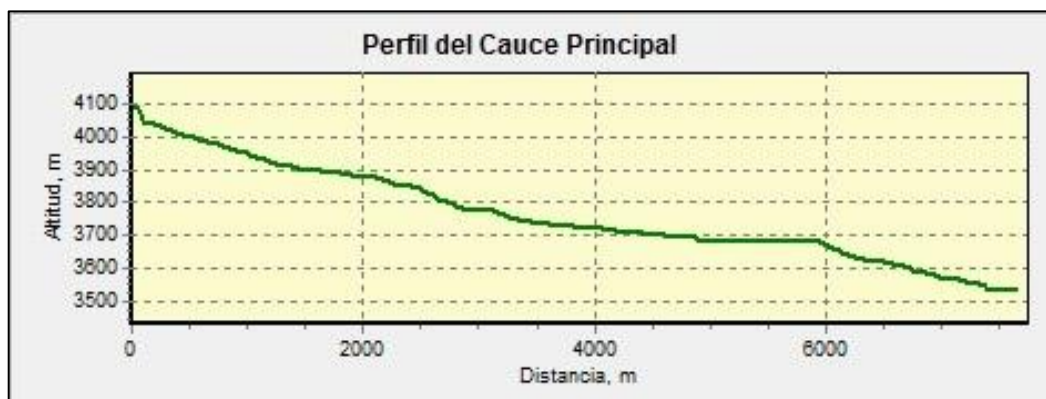


Figura 16. Perfil del cauce principal del río Chailhuagón

Coefficiente o índice de compacidad (Kc): Para la cuenca del ámbito en estudio el coeficiente de compacidad es de 1.32, por lo que se define como una cuenca oval oblonga. Así mismo este tipo de cuenca se acerca a la posibilidad de concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, es menos susceptible a inundaciones.

Factor de forma (F): El factor forma de la cuenta es de 0.354, por lo que se clasifica de forma ligeramente achatada. Por lo que se aleja de la posibilidad de formar grandes crecidas.

Pendiente de laderas (Sc): La pendiente de la cuenca es de 31,20 %, por lo que de acuerdo a la pendiente el tipo de relieve de la cuenca es fuerte accidentado.

Altitud media (H): La cuenca tiene una altitud media de 3881.55 m. lo cual la define como una cuenta de elevación alta.

Pendiente del cauce principal (S): La pendiente es de 4.33 %, lo cual la define de pendiente moderadamente inclinada, propensa a procesos de sedimentación.

Ancho promedio (B): El ancho promedio de la cuenca es 2.82 Km.

Coefficiente de masividad (Cm): Este coeficiente representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie. Este valor toma valores bajos en cuencas montañosas y altos en cuencas llanas. En la microcuenca el coeficiente de masividad es de 0.173, por lo que se define como una microcuenca moderadamente montañosa.

Coefficiente orográfico (Co): En la microcuenca el valor del coeficiente orográfico es de 0.671, por lo que es una microcuenca poco degradada y accidentada.

Relación de confluencias (Rc): Es un indicador del potencial erosivo y de la capacidad de evacuación de la escorrentía directa de la cuenca. La relación de confluencia de la microcuenca es 1.88.

Rectángulo equivalente: Las dimensiones del rectángulo equivalente de la cuenca son: a: 2.63 m y b: 8.54 m.

Densidad de drenaje (Dd): Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. La densidad de drenaje para la cuenca es de 1.92, la que se encuentra en el rango que corresponde a la clase moderada.

Tiempo de concentración: El tiempo de concentración de la cuenca es de 0.33 Horas (Ec. de Kirpich), clasificándose del tipo de concentración rápida.

Tabla 12. Resumen de parámetros geomorfológicos

Parámetro	Valor
Área de la microcuenca	22.44 km ²
Perímetro de la cuenca	22.34 km
Longitud del cauce principal	7.96 km
Índice de compacidad	1.32
Factor de forma	0.354
Pendiente de laderas	31.20%
Altitud media	3881.55 msnm
Pendiente del cauce principal	4.33%

Parámetro	Valor
Ancho promedio	2.819 km
Coefficiente de masividad	0.173
Coefficiente orográfico	0.671
Relación de confluencias	1.88
Rectángulo equivalente	a=2.627 m
	b=8.543 m
Densidad de drenaje	1.918
Tiempo de concentración	0.33 horas

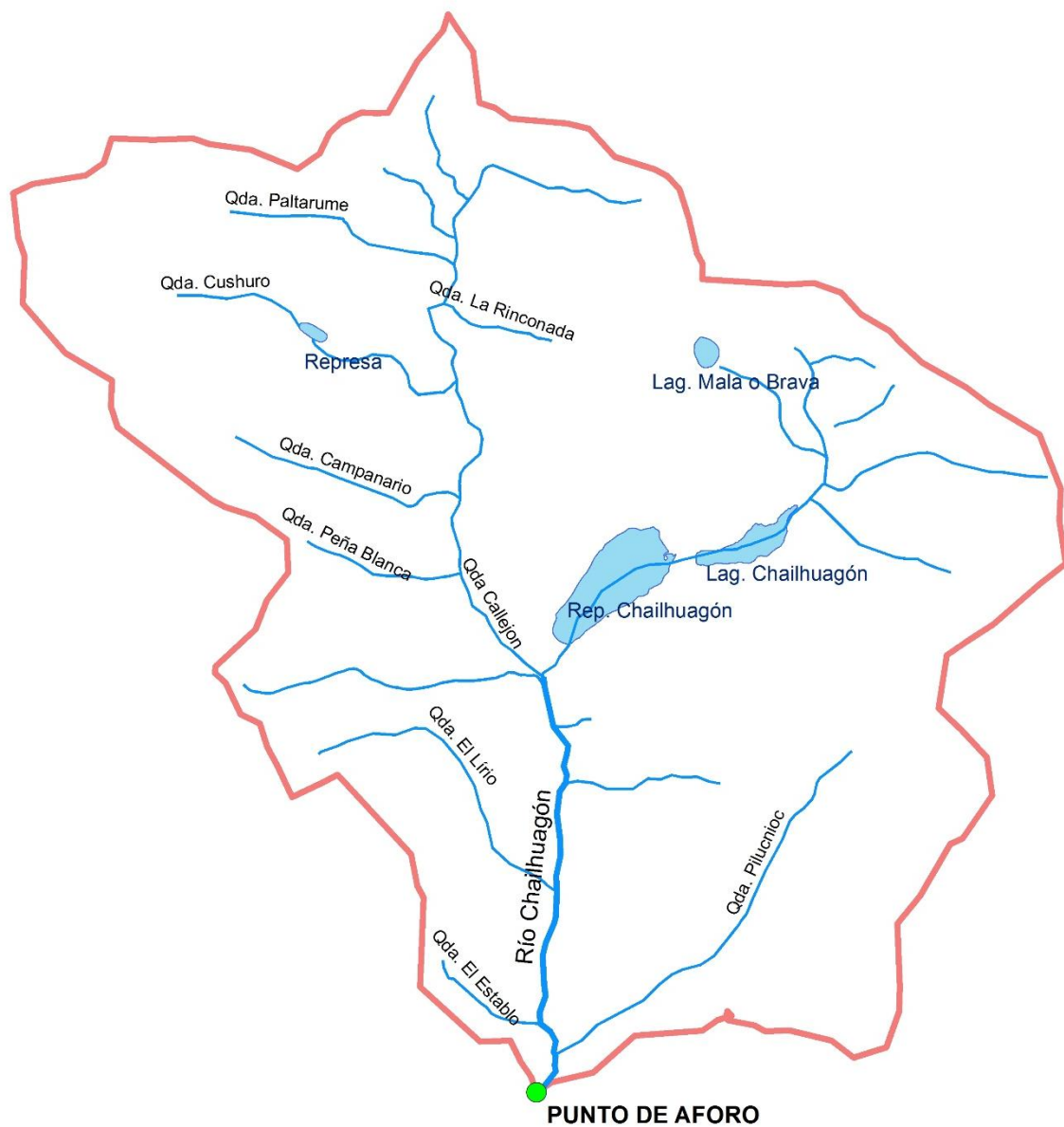


Figura 17. Delimitación de la microcuenca Chailhuagón

B. Caudales medios mensuales utilizando el modelo de Lutz Scholz

Precipitación media areal de la microcuenca

Se presenta el cálculo de la precipitación media areal por el método de las isoyetas del mes de enero del 2016.

Tabla 13. Áreas y precipitaciones para el cálculo de la precipitación media mensual

Polígono	Area (km ²)	Precipitación		P. media	A*P.media
1	2.69	120	130	125	336.3
2	12.39	130	140	135	1672.7
3	7.36	140	150	145	1067.2
Suma	22.44				3076.1

Aplicando la fórmula 25 del método de las isoyetas descrito en el capítulo anterior se tiene:

$$\frac{3076.1}{22.44} = 136.2 \text{ mm}$$

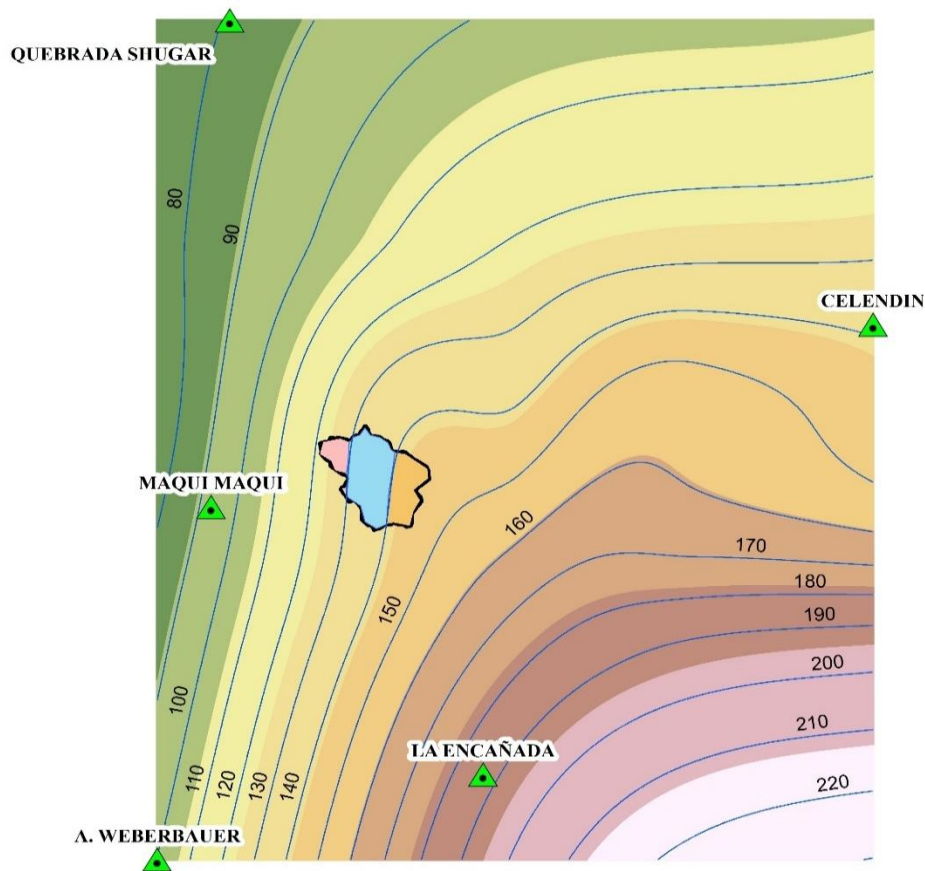


Figura 18. Isoyetas del mes de enero del 2016

Precipitación media areal de la microcuenca Chailhuagón, tomando como punto emisor una sección ubicada bajo el puente Chailhuagón, para el periodo (1968-2017) se presenta en la tabla 14.

Tabla 14. Planilla de precipitaciones mensuales (mm)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	165.2	79.6	156.3	80.0	54.3	32.4	24.8	7.6	73.2	156.2	150.7	93.5
1969	94.1	86.9	144.4	113.4	84.5	11.7	44.6	36.0	52.8	161.5	49.2	145.4
1970	145.2	191.6	213.4	77.9	46.6	30.7	1.5	38.3	67.6	83.0	37.0	63.4
1971	80.4	93.5	148.7	77.9	76.2	29.8	25.1	24.0	99.6	94.1	73.9	145.7
1972	111.1	105.7	142.9	92.7	179.6	16.0	28.4	6.6	53.6	68.1	178.7	188.3
1973	30.3	220.3	91.9	135.8	79.8	49.9	52.9	42.5	50.2	61.3	153.8	174.3
1974	206.2	184.8	85.2	45.9	73.0	93.3	14.9	25.1	82.8	108.9	203.9	104.8
1975	189.3	293.3	147.1	125.3	96.6	38.7	0.1	20.9	59.8	144.0	104.7	103.5
1976	181.4	67.5	147.6	139.9	49.0	101.7	17.5	14.4	60.0	74.9	71.5	94.5
1977	129.1	121.7	172.8	56.6	109.0	43.3	33.6	62.8	38.8	70.5	86.2	193.9
1978	44.2	142.1	50.6	87.5	79.3	16.7	50.4	6.5	93.5	68.2	133.6	153.4
1979	60.9	158.3	251.7	89.6	58.6	14.6	39.8	60.2	88.2	72.3	125.4	123.2
1980	101.0	110.7	149.7	62.5	66.3	15.8	20.7	19.4	14.6	170.5	216.3	112.8
1981	159.5	187.7	190.6	84.8	74.5	102.8	24.0	87.6	31.9	137.2	68.3	111.6
1982	31.4	89.2	182.6	80.8	112.0	98.8	40.8	12.6	134.4	195.1	113.6	196.4
1983	217.8	66.0	241.4	116.7	80.9	37.5	33.7	22.2	75.5	49.5	71.7	172.5
1984	124.8	267.2	208.0	71.6	69.0	30.4	34.9	24.9	24.6	161.5	135.1	70.3
1985	36.9	144.3	28.9	37.1	55.0	43.1	21.1	20.8	82.7	120.5	64.7	180.8
1986	109.8	146.2	106.9	124.3	53.6	26.0	2.3	36.8	75.9	30.2	115.3	112.3
1987	97.4	121.9	153.7	94.7	57.7	11.4	75.6	35.8	38.8	72.2	193.0	136.4
1988	148.0	203.4	107.8	94.2	69.3	0.1	3.6	2.1	63.1	30.7	126.8	118.5
1989	114.7	150.1	121.3	106.1	7.7	12.0	15.3	10.4	36.4	95.9	107.5	47.7
1990	78.3	55.6	78.1	110.5	65.3	37.4	18.0	9.5	20.7	60.3	129.5	44.0
1991	66.3	120.7	32.6	108.6	12.5	34.1	13.9	12.0	22.8	46.5	140.1	121.7
1992	50.8	95.8	104.8	92.9	27.2	78.7	18.8	24.0	111.1	167.6	71.2	39.1
1993	126.1	63.4	112.0	150.0	89.0	34.2	5.0	29.9	45.4	97.2	147.8	108.8
1994	115.3	114.2	93.1	101.2	21.6	41.1	9.6	5.5	35.3	95.4	111.7	78.6
1995	5.8	77.6	70.3	35.1	77.0	20.4	21.2	2.6	23.9	60.4	141.1	143.7
1996	87.2	138.4	123.8	78.9	41.1	19.8	3.7	20.0	33.2	86.3	31.5	49.5
1997	80.3	71.7	69.5	81.5	26.4	21.2	3.2	12.8	30.8	55.6	110.6	104.0
1998	64.7	129.8	130.5	85.4	68.5	5.2	0.1	4.6	47.6	183.6	105.7	68.8
1999	131.9	284.5	86.0	66.7	99.6	110.8	14.4	5.7	101.2	33.4	128.2	135.8
2000	52.9	187.0	182.6	82.7	94.4	53.3	23.0	20.5	101.9	22.3	106.2	136.3
2001	201.3	85.1	193.3	70.2	63.3	6.4	9.0	1.9	66.1	107.2	151.2	165.7
2002	67.5	145.7	179.7	174.6	72.1	20.0	37.7	11.3	61.8	154.9	166.7	210.2
2003	150.4	161.6	108.9	91.3	45.4	106.8	12.0	43.4	64.8	68.2	83.8	122.2
2004	97.7	93.4	117.6	73.2	64.4	39.7	50.1	30.5	40.3	160.0	155.4	180.2
2005	101.6	165.5	252.0	163.8	29.6	21.2	19.9	21.7	46.4	215.2	85.8	190.8
2006	137.0	188.1	253.2	89.1	18.1	52.6	23.9	12.6	32.6	118.7	132.5	218.7
2007	179.6	73.2	182.7	149.7	48.9	3.9	41.2	44.2	38.8	144.3	167.2	72.4
2008	185.6	263.2	198.9	107.0	81.4	18.9	7.0	34.8	107.2	154.8	99.7	85.3
2009	294.5	173.0	170.7	153.5	114.9	62.3	25.4	19.3	49.6	164.6	179.0	168.9
2010	87.1	102.5	174.7	95.3	86.7	41.7	23.5	3.6	34.6	80.8	173.3	121.1
2011	120.6	117.5	250.4	183.7	46.1	21.8	20.9	11.1	99.1	69.2	116.6	188.0

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
2012	273.1	275.2	130.8	116.2	45.5	15.2	0.2	11.5	17.0	139.8	203.3	118.5
2013	127.9	141.4	276.9	104.0	143.6	3.6	20.8	63.1	10.4	128.9	47.9	170.7
2014	146.0	134.5	267.7	64.3	74.9	8.8	11.6	11.2	49.4	48.5	110.2	171.6
2015	230.9	133.4	204.4	84.9	121.2	12.5	12.8	28.5	31.5	52.9	113.4	167.8
2016	136.2	122.5	114.2	66.4	23.0	18.6	11.2	13.0	75.2	82.6	79.4	88.4
2017	156.9	118.5	143.4	61.0	67.8	37.6	4.7	41.1	56.5	170.2	116.7	103.9
Media	122.6	141.3	150.9	96.7	68.0	36.1	21.4	23.3	57.1	103.9	119.7	128.4
Desv. Est.	61.9	60.7	61.7	33.5	33.1	29.5	16.2	18.2	28.9	49.8	44.3	47.0

El promedio multianual (período 1968-2017) de la precipitación total mensual, obtenido de la tabla 14, se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Precipitación media total mensual (mm) de la microcuenca Chailhuagón (período 1968-2017)

ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
122.6	141.3	150.9	96.7	68.0	36.1	21.4	23.3	57.1	103.9	119.7	128.4	1069.5

Coefficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía se calculó mediante la fórmula de “L. Turc”, como se muestra a continuación.

$$T = 197 - 23.1 \ln H$$

7.49

H = Altitud Media Cuenca

3881.55 m.s.n.m

T = Temperatura Media Anual (°C)

7.49 °

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

508.26

L = Coeficiente Temperatura

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

463.35

P = Precipitación Total Anual

1069.53 mm/año

(Promedio Todos Módulos Plantilla)

$$C = \frac{P - D}{P}$$

0.57

D = Déficit Escurrimiento (Pérdida de agua que se va a la atmosfera)

C = Coeficiente de escorrentía.

Precipitación media efectiva de la microcuenca

El coeficiente “c” se afectó a todos los datos de la planilla de precipitación total media de la microcuenca Chailhuagón (tabla 14) para obtener la planilla de precipitación efectiva de la misma serie (tabla 16).

Tabla 16. Planilla de precipitaciones efectivas mensuales (mm)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	93.7	45.1	88.6	45.4	30.8	18.4	14.1	4.3	41.5	88.5	85.4	53.0
1969	53.3	49.3	81.8	64.2	47.9	6.6	25.3	20.4	29.9	91.5	27.9	82.4
1970	82.3	108.6	121.0	44.1	26.4	17.4	0.9	21.7	38.3	47.0	21.0	35.9
1971	45.6	53.0	84.3	44.1	43.2	16.9	14.2	13.6	56.5	53.3	41.9	82.6
1972	62.9	59.9	81.0	52.5	101.8	9.1	16.1	3.7	30.4	38.6	101.3	106.7
1973	17.2	124.9	52.1	77.0	45.2	28.3	30.0	24.1	28.4	34.7	87.1	98.8
1974	116.9	104.7	48.3	26.0	41.4	52.9	8.5	14.2	46.9	61.7	115.6	59.4
1975	107.3	166.2	83.4	71.0	54.7	21.9	0.1	11.8	33.9	81.6	59.3	58.7
1976	102.8	38.3	83.7	79.3	27.8	57.7	9.9	8.2	34.0	42.4	40.5	53.6
1977	73.2	69.0	97.9	32.1	61.8	24.6	19.1	35.6	22.0	40.0	48.9	109.9
1978	25.1	80.5	28.7	49.6	44.9	9.5	28.6	3.7	53.0	38.7	75.7	86.9
1979	34.5	89.7	142.7	50.8	33.2	8.3	22.6	34.1	50.0	41.0	71.1	69.8
1980	57.2	62.7	84.9	35.4	37.6	8.9	11.7	11.0	8.3	96.6	122.6	63.9
1981	90.4	106.4	108.0	48.1	42.2	58.3	13.6	49.6	18.1	77.7	38.7	63.2
1982	17.8	50.6	103.5	45.8	63.5	56.0	23.1	7.2	76.2	110.6	64.4	111.3
1983	123.4	37.4	136.8	66.1	45.9	21.3	19.1	12.6	42.8	28.1	40.6	97.8
1984	70.7	151.4	117.9	40.6	39.1	17.2	19.8	14.1	13.9	91.6	76.6	39.9
1985	20.9	81.8	16.4	21.0	31.2	24.4	12.0	11.8	46.9	68.3	36.6	102.5
1986	62.2	82.9	60.6	70.5	30.4	14.7	1.3	20.9	43.0	17.1	65.3	63.7
1987	55.2	69.1	87.1	53.7	32.7	6.5	42.8	20.3	22.0	40.9	109.4	77.3
1988	83.9	115.3	61.1	53.4	39.2	0.1	2.0	1.2	35.7	17.4	71.9	67.2
1989	65.0	85.0	68.8	60.2	4.3	6.8	8.7	5.9	20.7	54.3	60.9	27.0
1990	44.4	31.5	44.3	62.6	37.0	21.2	10.2	5.4	11.7	34.2	73.4	24.9
1991	37.6	68.4	18.5	61.5	7.1	19.3	7.9	6.8	12.9	26.3	79.4	69.0
1992	28.8	54.3	59.4	52.6	15.4	44.6	10.7	13.6	63.0	95.0	40.3	22.2
1993	71.5	36.0	63.5	85.0	50.5	19.4	2.8	17.0	25.7	55.1	83.8	61.7
1994	65.3	64.7	52.8	57.4	12.2	23.3	5.5	3.1	20.0	54.1	63.3	44.6
1995	3.3	44.0	39.8	19.9	43.6	11.5	12.0	1.5	13.6	34.3	80.0	81.4
1996	49.4	78.4	70.2	44.7	23.3	11.2	2.1	11.3	18.8	48.9	17.8	28.0
1997	45.5	40.6	39.4	46.2	15.0	12.0	1.8	7.2	17.5	31.5	62.7	58.9
1998	36.7	73.6	74.0	48.4	38.8	2.9	0.0	2.6	27.0	104.1	59.9	39.0
1999	74.7	161.2	48.7	37.8	56.5	62.8	8.1	3.2	57.4	18.9	72.7	77.0
2000	30.0	106.0	103.5	46.9	53.5	30.2	13.0	11.6	57.8	12.6	60.2	77.2
2001	114.1	48.2	109.6	39.8	35.9	3.6	5.1	1.1	37.4	60.7	85.7	93.9
2002	38.2	82.6	101.8	98.9	40.9	11.3	21.4	6.4	35.0	87.8	94.5	119.1
2003	85.2	91.6	61.7	51.8	25.7	60.5	6.8	24.6	36.7	38.6	47.5	69.3
2004	55.4	52.9	66.7	41.5	36.5	22.5	28.4	17.3	22.9	90.7	88.1	102.2
2005	57.6	93.8	142.8	92.8	16.8	12.0	11.3	12.3	26.3	122.0	48.7	108.1
2006	77.7	106.6	143.5	50.5	10.2	29.8	13.5	7.1	18.5	67.3	75.1	124.0
2007	101.8	41.5	103.5	84.8	27.7	2.2	23.4	25.0	22.0	81.8	94.8	41.0
2008	105.2	149.2	112.7	60.6	46.1	10.7	3.9	19.7	60.8	87.7	56.5	48.4
2009	166.9	98.1	96.7	87.0	65.1	35.3	14.4	11.0	28.1	93.3	101.4	95.7
2010	49.4	58.1	99.0	54.0	49.1	23.6	13.3	2.0	19.6	45.8	98.2	68.6
2011	68.4	66.6	141.9	104.1	26.1	12.3	11.9	6.3	56.2	39.2	66.1	106.5
2012	154.8	156.0	74.1	65.8	25.8	8.6	0.1	6.5	9.6	79.2	115.2	67.2
2013	72.5	80.1	156.9	58.9	81.4	2.1	11.8	35.8	5.9	73.1	27.2	96.8
2014	82.8	76.2	151.7	36.4	42.4	5.0	6.6	6.3	28.0	27.5	62.4	97.2
2015	130.9	75.6	115.9	48.1	68.7	7.1	7.3	16.2	17.8	30.0	64.3	95.1
2016	77.2	69.4	64.7	37.6	13.0	10.5	6.4	7.4	42.6	46.8	45.0	50.1
2017	88.9	67.2	81.3	34.6	38.4	21.3	2.7	23.3	32.0	96.5	66.1	58.9
Media	69.5	80.1	85.5	54.8	38.6	20.5	12.1	13.2	32.3	58.9	67.9	72.7
Desv.Est	35.1	34.4	35.0	19.0	18.8	16.7	9.2	10.3	16.4	28.2	25.1	26.7

Tabla 17. Precipitación media efectiva mensual (mm) de la microcuenca Chailhuagón (período 1968-2017)

ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
69.5	80.1	85.5	54.8	38.6	20.5	12.1	13.2	32.3	58.9	67.9	72.7	606.2

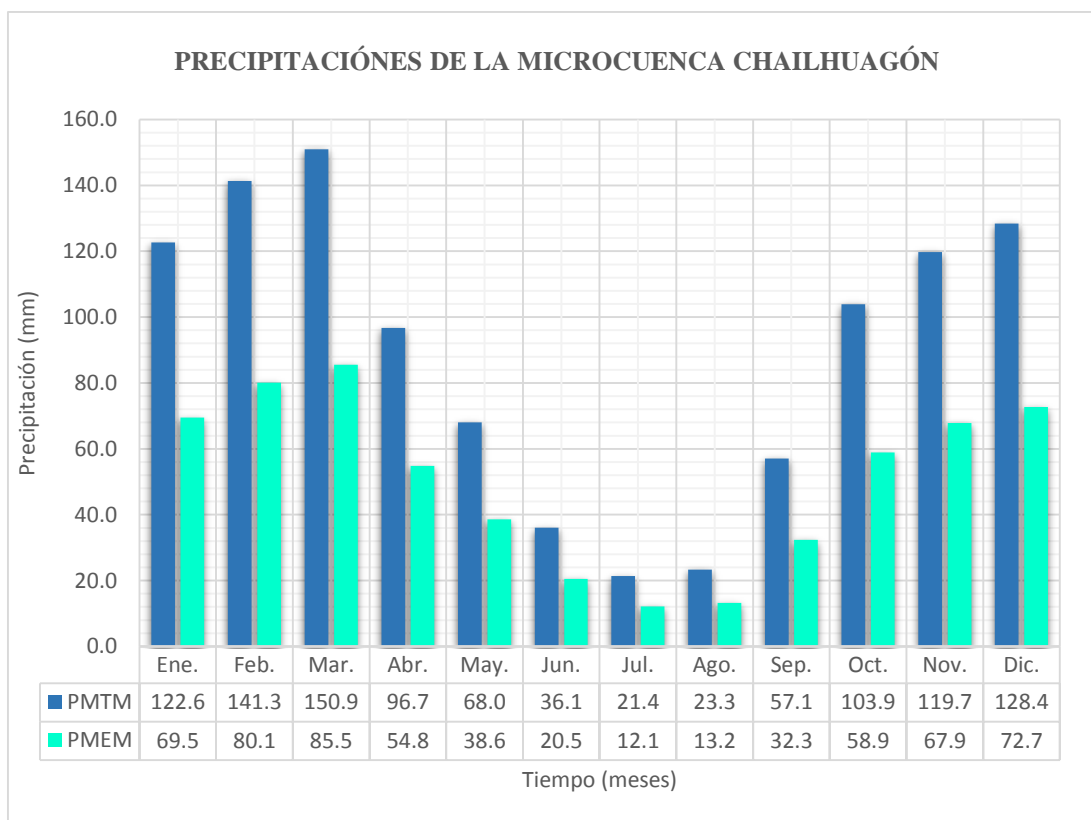


Figura 19. Precipitaciones medias totales mensuales y precipitaciones medias efectivas mensuales

Retención de la cuenca

Parte del agua que se precipita queda retenida en los acuíferos y en lagunas que según Lutz Scholz se estima con los parámetros señalados en la tabla 18.

Tabla 18. Parámetros para calcular la retención en la microcuenca Chailhuagón

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Coefficiente	Ca =	20	(%)
Área de la cuenca	AR =	22.44	(Km ²)
Almacenamiento de acuíferos	LA =	282.53	(mm/año)
Pendiente del cauce principal	I =	0.04	m/m
Área de la lagunas	AL =	0.37	(Km ²)
Almacenamiento de lagunas y pantanos	LL =	500.00	(mm/año)

$$R = \frac{(0.20)(22.44)(282.53) + (0.37 \cdot 500)}{22.44} = 64.66 \frac{mm}{año}$$

Coefficiente de agotamiento

En vista que la retención está comprendida entre 50 y 80 mm/año, el coeficiente de agotamiento es:

$$\alpha = -0.00252 \ln (22.44) + 0.030 = 0.0222 \text{ días}^{-1}$$

Relación de caudales del flujo base

La relación de caudales de flujo base se obtiene para los meses de estiaje de mayo a septiembre.

Mes de Mayo:

$$b_0 = (2.7183)^{(-0.0222)(31)} = 0.503$$

Mes de Junio:

$$b_0 = (2.7183)^{(-0.0222)(30)} = 0.259$$

Tabla 19. Relación de caudales del flujo base, para meses de estiaje

Mes	n° dias	bo
Mayo	31	0.503
Junio	30	0.259
Julio	31	0.130
Agosto	31	0.065
Septiembre	30	0.034
suma	bm =	0.991

Gasto de la retención

Se obtiene para los meses de estiaje de Mayo a Setiembre en función de la retención (R), la relación de caudales del flujo base(b_0) y la suma de factores mensuales durante la estación de estiaje ($\Sigma b_0 = bm$). Los cálculos se muestran para los meses de Mayo y Junio, y en la tabla 20 se muestra para todos los meses de estiaje.

Mes de Mayo:

$$G_i = \frac{0.503}{0.991} (64.66) = 32.82 \text{ mm/mes}$$

Mes de Junio:

$$G_i = \frac{0.259}{0.991} (64.66) = 16.88 \text{ mm/mes}$$

Tabla 20. Gasto de la retención para los meses de estiaje

Mes	G _i (mm/mes)
Mayo	32.82
Junio	16.88
Julio	8.49
Agosto	4.27
Septiembre	2.20

Abastecimiento de la retención

Se obtiene para la estación lluviosa, meses de Octubre a Abril, en función del coeficiente de abastecimiento para la región Cajamarca (Tabla 4) y la retención de la cuenca. Los cálculos se muestran para los meses de Octubre y Noviembre, y en la tabla 21 se muestra para todos los meses lluviosos.

Mes de Octubre:

$$A_i = (0.25)(64.66) = 16.17 \frac{mm}{mes}$$

Mes de Noviembre:

$$A_i = (-0.05)(64.66) = -3.23 \frac{mm}{mes}$$

Tabla 21. Abastecimiento de la retención para los meses lluviosos

Mes	A _i (mm/mes)
Octubre	16.17
Noviembre	-3.23
Diciembre	0.00
Enero	12.93
Febrero	16.17
Marzo	22.63
Abril	0.00

Generación de caudales mensuales para el año promedio

El cálculo se realizó según la ecuación (83), cuyos resultados se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Caudales generados para el año promedio

Mes	Nº días del mes	PP (mm)	PE (mm)	G (mm)	A (mm)	Q _m (mm/mes)	Q _m (m ³ /s)
Ene.	31	122.65	69.51		12.93	56.58	0.47
Feb.	28	141.30	80.08		16.17	63.92	0.59
Mar.	31	150.93	85.54		22.63	62.91	0.53

Mes	N° días del mes	PP (mm)	PE (mm)	G (mm)	A (mm)	Qm (mm/mes)	Qm (m ³ /s)
Abr.	30	96.74	54.83		0.00	54.83	0.47
May.	31	68.03	38.56	32.82		71.38	0.60
Jun.	30	36.10	20.46	16.88		37.34	0.32
Jul.	31	21.37	12.11	8.49		20.60	0.17
Ago.	31	23.35	13.23	4.27		17.51	0.15
Sep.	30	57.06	32.34	2.20		34.54	0.30
Oct.	31	103.91	58.89		16.17	42.73	0.36
Nov.	30	119.73	67.86		-3.23	71.09	0.62
Dic.	31	128.36	72.75		0.00	72.75	0.61
Total		1069.53	606.18	64.66	64.66	606.18	5.19

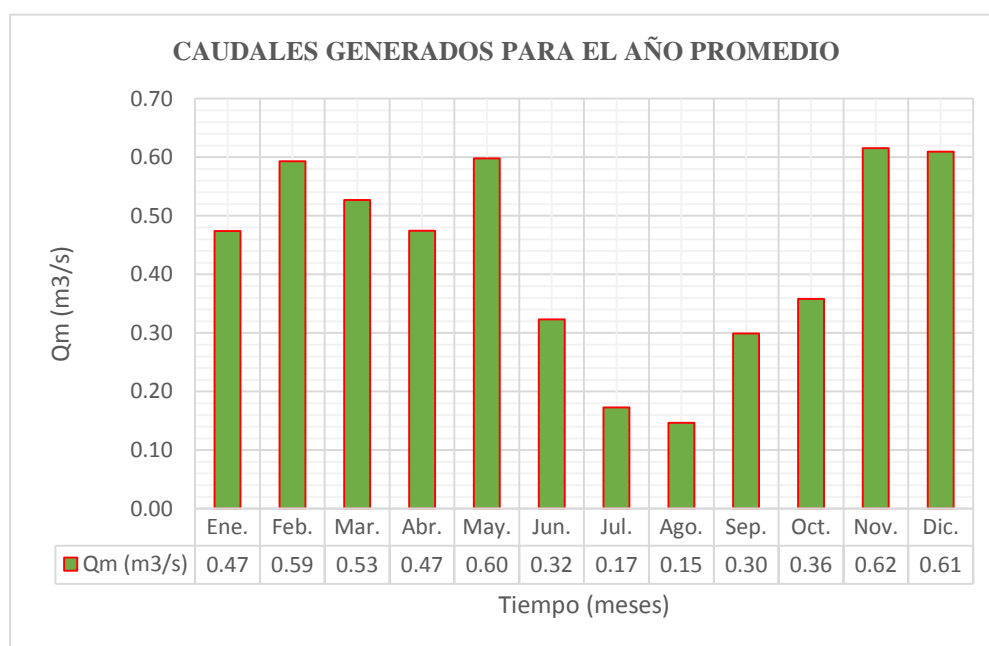


Figura 20. Caudales generados para el año promedio

Caudales mensuales para períodos extendidos

Inicialmente se calcularon los parámetros B1, B2, B3, S, r, sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante una regresión con Qt (caudales generados para el año promedio) como valor dependiente, Qt-1 y PEt como valores independientes.

Tabla 23. Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple

MES	Qt	Qt-1	P Et	(Qt)(Qt-1)	(Qt-1) (P Et)	(Qt)(P Et)	(Qt-1)(Qt-1)	(P Et)(P Et)
ENE.	56.58	72.75	69.51	4116.14	5056.92	3933.06	5292.31	4832.00
FEB.	63.92	56.58	80.08	3616.51	4531.14	5118.73	3201.36	6413.27
MAR.	62.91	63.92	85.54	4021.25	5467.78	5381.80	4085.49	7317.74
ABR.	54.83	62.91	54.83	3449.37	3449.37	3006.09	3958.02	3006.09
MAY.	71.38	54.83	38.56	3913.37	2114.05	2752.10	3006.09	1486.72
JUN.	37.34	71.38	20.46	2665.18	1460.35	763.99	5094.47	418.61
JUL.	20.60	37.34	12.11	769.38	452.27	249.57	1394.30	146.71
AGO.	17.51	20.60	13.23	360.71	272.68	231.68	424.55	175.14

MES	Qt	Qt-1	PEt	(Qt)(Qt-1)	(Qt-1)(PEt)	(Qt)(PEt)	(Qt-1)(Qt-1)	(PEt)(PEt)
SEP.	34.54	17.51	32.34	604.68	566.20	1117.11	306.48	1046.03
OCT.	42.73	34.54	58.89	1475.83	2034.17	2516.40	1193.01	3468.41
NOV.	71.09	42.73	67.86	3037.73	2899.59	4824.56	1825.70	4605.17
DIC.	72.75	71.09	72.75	5171.99	5171.99	5292.31	5054.41	5292.31
Σ =	606.18	606.18	606.18	33202.14	33476.52	35187.39	34836.18	38208.20
	ΣQt	ΣQt-1	ΣPEt	Σ(Qt)(Qt-1)	Σ(Qt-1)(PEt)	Σ(Qt)(PEt)	Σ(Qt-1)(Qt-1)	Σ(PEt)(PEt)

Las ecuaciones para calcular los estadísticos B₁, B₂ y B₃ son:

$$606.18 = (12) B_1 + (606.18) B_2 + (606.18) B_3 \quad (88)$$

$$33202.14 = (606.18) B_1 + (34836.18) B_2 + (33476.52) B_3 \quad (89)$$

$$35187.39 = (606.18) B_1 + (33476.52) B_2 + (32208.20) B_3 \quad (90)$$

Resolviendo matricialmente tenemos:

Coeficientes				Matriz Inversa		
B1	B2	B3	TI			
12	606.18	606.18	606.18	0.735646081	-0.010030907	-0.002882411
606.18	34836.18	33476.52	33202.14	-0.010030907	0.000318417	-0.000119843
606.18	33476.52	38208.20	35187.39	-0.002882411	-0.000119843	0.000176904

Multiplicando |TI||MI| Obtenemos los resultados de B₁, B₂ y B₃.

$$B_1 = 11.459$$

$$B_2 = 0.275$$

$$B_3 = 0.498$$

Se calcularon el caudal \hat{Q}_t y el error $e = Q_t - \hat{Q}_t$

Mediante la siguiente expresión

$$\hat{Q}_t = 11.459 + 0.275 Q_{t-1} + 0.498 PE_t$$

Tabla 24. Cálculos de \hat{Q}_t mensual

Mes	Qt-1	PEt	\hat{Q}_t
Enero	72.75	69.51	66.09
Febrero	56.58	80.08	66.92
Marzo	63.92	85.54	71.66
Abril	62.91	54.83	56.07
Mayo	54.83	38.56	45.74
Junio	71.38	20.46	41.26
Julio	37.34	12.11	27.75
Agosto	20.60	13.23	23.72
Setiembre	17.51	32.34	32.39
Octubre	34.54	58.89	50.30

Mes	Qt-1	P Et	\hat{Q}_t
Noviembre	42.73	67.86	57.02
Diciembre	71.09	72.75	67.25

Tabla 25. Cálculo del error (e) mensual

Mes	Qt	\hat{Q}_t	e	e ²	Q_t^2
Enero	56.58	66.09	-9.51098	90.46	3201.36147
Febrero	63.92	66.92	-3.00228	9.01	4085.49273
Marzo	62.91	71.66	-8.74482	76.47	3958.01628
Abril	54.83	56.07	-1.24215	1.54	3006.09083
Mayo	71.38	45.74	25.63647	657.23	5094.4675
Junio	37.34	41.26	-3.92213	15.38	1394.29763
Julio	20.60	27.75	-7.14851	51.10	424.548041
Agosto	17.51	23.72	-6.20918	38.55	306.478715
Setiembre	34.54	32.39	2.149918	4.62	1193.01072
Octubre	42.73	50.30	-7.57553	57.39	1825.6964
Noviembre	71.09	57.02	14.07119	198.00	5054.41089
Diciembre	72.75	67.25	5.498007	30.23	5292.30839
Media Qt=	50.515		suma =	1229.99	34836.1796

$$S = 11.690$$

$$r = 0.8021$$

$$S_{Qt}^2 = 383.211$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

$$Q_t = 11.459 + 0.275(Q_{t-1}) + 0.498(PE_t) + 6.981(Z)$$

Tabla 26. Caudales generados Qm (mm/mes) para un período extendido

Mes	z	Qt-1	P Et	Qm
Enero	-1.040	72.75	69.51	58.83
Febrero	1.256	56.58	80.08	75.69
Marzo	0.509	63.92	85.54	75.21
Abril	-0.409	62.91	54.83	53.22
Mayo	-0.538	54.83	38.56	41.98
Junio	-0.953	71.38	20.46	34.61
Julio	0.190	37.34	12.11	29.08
Agosto	-1.700	20.60	13.23	11.85
Setiembre	0.706	17.51	32.34	37.32
Octubre	-0.774	34.54	58.89	44.90
Noviembre	0.257	42.73	67.86	58.82
Diciembre	1.565	71.09	72.75	78.18

(*)

Para obtener los valores de Qm utilizamos la expresión siguiente:

$$Q_m = 11.459 + 0.275 Q_{t-1} + 0.498 PE_t + 6.981Z$$

Z: número aleatorios para 12 meses (un año) con media cero y desviación estándar uno, distribución normal.

Tabla 27. Número aleatorios para la planilla de precipitación

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	-0.77	-0.86	0.64	-0.32	-0.95	0.42	-1.12	0.33	0.45	0.48	-0.04	-0.58
1969	0.47	0.03	-0.76	-1.99	0.50	-0.23	0.98	-1.53	0.23	0.51	1.10	0.71
1970	0.98	1.28	0.20	-0.74	0.83	-0.56	0.04	-0.33	0.67	0.16	-0.02	-0.16
1971	-0.38	-2.03	-0.55	0.22	-1.42	1.36	0.44	0.03	-0.12	-0.43	0.94	0.41
1972	0.08	-0.24	2.36	-1.55	0.11	-2.14	-0.48	-0.49	-1.63	1.44	0.49	0.65
1973	0.20	0.00	0.39	-0.56	-1.20	1.12	-1.50	-1.13	-0.36	0.74	0.51	0.16
1974	-1.00	1.18	-0.44	-0.74	-1.89	1.29	0.43	-1.07	-1.09	-0.87	0.09	0.26
1975	0.53	-0.79	0.46	0.03	-0.90	0.24	0.49	-1.21	-0.92	-1.56	-0.39	0.53
1976	-0.18	-1.72	1.43	-0.47	0.95	-0.72	0.30	2.19	1.32	1.14	1.12	-0.07
1977	0.17	-2.12	0.24	-0.90	0.33	0.38	-1.43	-1.09	1.86	0.90	0.28	0.28
1978	0.63	0.36	0.31	-0.10	0.03	-0.08	-0.38	0.38	0.92	1.40	0.85	-1.78
1979	1.55	-1.05	-1.19	1.45	-0.42	-1.44	1.90	-0.19	0.65	1.21	-0.72	-1.06
1980	-1.00	0.17	-0.02	-0.62	0.79	0.70	0.18	0.04	-0.68	0.55	0.93	-1.69
1981	-1.98	0.36	-0.95	0.92	-0.07	-0.70	0.61	-0.10	-0.28	0.36	-1.84	-1.17
1982	0.02	0.20	0.27	-0.16	0.75	-1.15	-3.08	-1.62	1.36	0.37	1.58	0.69
1983	-1.18	-0.31	0.80	0.78	-0.57	-0.41	1.26	-0.54	0.50	1.22	-1.20	0.18
1984	0.18	0.42	-2.48	1.46	-0.20	-0.64	2.21	1.70	0.00	-0.27	-1.93	-2.35
1985	-0.26	0.68	-1.41	0.21	-1.24	-0.05	1.16	0.04	-0.06	-0.19	-0.62	0.34
1986	-0.14	2.67	0.62	0.81	-1.92	1.53	-0.64	1.28	-0.36	0.61	-0.78	1.52
1987	0.83	1.73	-0.31	-0.06	-0.19	-0.21	0.70	0.84	1.23	-0.87	-0.14	-1.50
1988	2.32	0.21	-2.03	0.30	1.19	-1.67	0.86	1.53	-0.36	-1.90	0.00	-0.62
1989	-1.48	1.38	-0.07	-0.06	-1.31	1.33	-0.73	-1.12	0.90	-1.36	-0.27	-0.29
1990	-0.17	-0.10	0.30	0.31	-1.56	-0.58	1.03	0.00	0.99	-0.34	-0.30	-0.53
1991	1.33	0.87	1.92	-0.75	0.50	0.55	0.41	0.30	-0.28	-0.36	-0.28	0.29
1992	-1.46	0.16	-0.85	-0.45	-0.50	-0.23	2.36	-1.77	0.52	-0.67	0.50	-0.12
1993	-0.70	-0.67	0.94	0.06	1.79	-1.02	-0.69	1.52	0.37	0.44	-1.14	0.48
1994	-1.12	-0.83	1.50	1.24	-1.35	-0.81	-0.14	-0.55	0.30	1.94	0.10	-0.05
1995	0.34	-1.33	1.41	-0.12	-0.18	-0.23	-0.36	-0.23	-0.51	0.69	0.51	-0.13
1996	0.54	-0.96	-0.91	-1.46	0.58	-2.56	-0.25	-1.01	-0.25	0.24	-0.40	-0.54
1997	0.86	0.89	0.98	-1.10	-1.36	-0.48	1.88	0.56	0.48	0.55	0.55	-0.54
1998	1.11	-0.08	-0.59	0.78	0.39	0.98	0.12	-0.76	-0.16	0.11	-1.74	-0.23
1999	-0.56	0.23	0.57	-1.08	-0.64	1.11	-0.89	-0.89	0.52	1.44	0.14	-0.16
2000	1.12	0.45	-0.05	-0.52	1.18	-0.69	0.41	1.24	-0.58	1.10	-0.32	-2.27
2001	-0.81	1.71	-0.63	-0.07	0.15	-0.46	1.74	0.82	-1.75	0.28	0.73	0.80
2002	-0.02	1.33	-1.78	-1.36	-0.07	0.55	-0.32	-1.09	-0.30	-1.70	-0.40	0.45
2003	-0.91	-1.36	1.12	-0.74	1.94	1.57	1.17	0.50	-0.15	2.03	0.02	-0.09
2004	0.03	-0.13	-0.40	-0.70	-0.85	0.41	-1.81	1.34	1.39	0.05	0.69	0.44
2005	-0.39	0.60	0.98	1.00	-1.43	-0.46	-1.19	-0.19	-1.47	-1.98	-0.84	1.58
2006	-0.59	1.65	-0.57	0.18	-0.42	-0.94	0.56	-1.13	0.70	0.74	1.27	1.38
2007	0.02	0.59	0.78	1.98	-0.30	-0.24	-0.05	0.72	-1.36	1.65	-0.59	0.83
2008	-0.16	-0.48	0.33	-0.54	0.16	-0.65	-0.50	-0.44	0.15	-1.67	-0.33	0.16
2009	-0.18	-0.80	-1.26	-1.68	0.83	-1.65	0.23	-1.07	-0.65	-0.79	-1.67	-1.23
2010	0.73	-0.96	0.34	-0.36	2.04	0.72	0.88	1.43	1.90	0.63	-2.77	-0.91
2011	-0.80	-0.27	0.32	-0.41	-0.80	-0.54	-0.83	0.62	0.73	-0.90	0.49	-0.10
2012	-1.02	1.64	0.46	-0.26	-0.64	1.52	0.41	-1.36	2.14	-0.44	1.37	0.24

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
2013	1.03	1.66	-0.45	0.80	-0.75	-0.85	0.33	-1.04	-1.34	-0.14	-0.34	0.21
2014	0.43	0.42	-1.17	-0.53	1.56	0.18	-0.70	-0.62	-0.28	-1.73	0.53	-0.48
2015	1.07	-1.25	-0.78	-0.39	1.95	-0.49	-0.49	0.74	-1.70	0.53	0.00	0.28
2016	0.77	-0.75	-0.86	-0.24	0.89	0.94	0.07	-0.47	-0.32	-1.91	0.68	0.35
2017	-1.49	-0.60	-0.42	-2.10	-1.30	0.85	-0.04	0.49	1.45	-0.40	-1.23	2.07

La generación de los caudales medios mensuales tomando como punto emisor una sección ubicada bajo el puente Chailhuagón, para el periodo (1968-2017) se hizo aplicando la ecuación obtenida según la ecuación (91), cuyos valores se presentan en la tabla 28. Se utilizaron las planillas: Precipitación efectiva (PEt) de la tabla 16 y número aleatorio (Z) con distribución Normal con media cero y desviación estándar uno, de la tabla 27.

(*) El primer valor (de Enero 1968) de la tabla 28 se obtuvo considerando que $Q_m = Q_{t-1} = 78.18$ mm/mes

Tabla 28. Generación de caudales medios mensuales (mm/mes)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	74.3	48.3	73.4	52.0	34.4	33.0	19.7	21.3	41.1	70.2	73.1	53.9
1969	56.1	51.7	61.1	46.4	51.5	27.3	38.4	21.5	33.9	70.0	52.2	71.8
1970	79.0	96.2	99.6	55.6	45.7	28.8	20.1	25.5	42.2	47.6	34.9	37.8
1971	41.9	35.2	59.3	51.3	37.2	39.6	32.5	27.3	46.3	47.8	52.0	69.8
1972	62.6	56.8	83.9	49.9	76.7	22.1	22.2	16.0	19.6	46.1	78.1	90.6
1973	46.3	86.4	63.9	63.5	43.1	45.2	28.4	23.4	29.5	42.1	70.0	81.1
1974	85.0	95.3	58.6	35.4	28.6	54.7	33.7	20.3	32.8	45.1	82.1	65.4
1975	86.6	112.6	87.1	71.0	52.0	38.3	25.4	15.9	26.3	48.5	51.6	58.6
1976	77.5	39.8	74.1	68.1	50.6	49.1	32.0	39.6	48.5	53.9	54.2	52.6
1977	63.5	48.5	75.3	41.8	56.0	41.8	22.5	27.7	43.0	49.5	51.4	82.3
1978	51.0	68.1	46.7	48.3	47.3	28.6	30.9	24.5	51.0	54.5	70.1	61.6
1979	56.4	64.4	91.9	72.2	44.9	17.8	40.9	38.4	51.5	54.5	56.8	54.5
1980	48.0	57.1	69.3	43.8	47.7	33.9	27.9	24.9	17.7	68.3	97.8	58.4
1981	58.7	83.1	81.5	64.2	49.7	49.3	36.0	45.4	31.0	61.3	34.8	44.3
1982	32.6	47.1	77.9	54.6	63.3	48.8	14.9	7.8	61.0	85.9	78.2	93.2
1983	90.4	52.7	99.7	77.3	51.6	33.4	39.0	24.7	43.1	45.8	35.9	71.3
1984	67.6	108.4	82.7	64.6	47.3	28.6	44.6	42.6	30.1	63.5	53.6	29.7
1985	28.2	64.7	27.6	31.0	26.8	30.7	34.0	26.9	41.8	55.6	40.7	76.1
1986	62.4	88.5	70.3	71.5	32.9	38.5	18.2	35.8	40.2	35.3	48.3	67.1
1987	63.2	75.3	73.4	58.0	42.3	24.8	44.6	39.7	41.9	37.3	75.3	60.2
1988	86.0	94.0	53.6	54.9	54.4	14.8	22.5	28.9	34.7	16.4	51.8	54.8
1989	48.6	76.8	66.3	59.2	20.7	29.8	18.9	11.8	31.3	37.6	50.2	36.7
1990	42.4	38.2	46.1	57.5	34.8	27.5	31.3	22.7	30.5	34.5	55.4	35.4
1991	49.2	65.1	52.0	51.2	32.5	33.8	27.5	24.5	22.7	28.3	56.9	63.5
1992	33.1	48.8	48.5	47.9	28.8	40.0	44.2	18.0	51.4	68.3	53.8	36.4
1993	52.2	39.1	60.4	70.9	68.6	32.8	17.0	35.2	36.5	52.0	59.5	61.9
1994	53.2	52.5	62.7	65.9	26.3	24.6	19.9	14.6	27.5	59.5	60.1	49.8
1995	29.2	32.1	50.0	34.2	41.4	27.0	22.4	16.8	19.3	38.6	65.5	69.1
1996	58.9	60.0	56.5	39.1	37.9	9.6	13.4	13.8	22.9	43.8	29.6	29.8
1997	48.3	51.2	52.0	41.1	20.7	19.8	30.9	27.5	31.1	39.6	57.4	52.8

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1998	52.0	61.9	61.2	57.9	49.4	33.3	21.5	13.3	27.5	71.7	48.9	42.7
1999	56.5	109.0	69.7	41.9	46.6	63.3	26.7	14.2	47.6	44.0	60.8	65.4
2000	52.2	81.8	85.2	54.6	61.4	38.6	31.5	34.5	45.7	38.0	49.7	47.8
2001	75.8	68.3	80.4	52.9	44.9	22.4	32.3	26.6	25.2	50.7	73.2	83.9
2002	53.5	76.6	70.8	70.7	50.8	34.8	29.4	15.2	31.0	51.8	70.0	93.2
2003	73.2	67.7	68.6	50.9	51.8	66.8	41.4	38.5	39.3	55.7	50.5	59.3
2004	55.6	52.2	56.3	42.7	35.4	35.2	22.6	35.7	42.4	68.7	79.0	87.2
2005	61.4	79.2	111.3	95.2	36.0	24.2	15.4	20.5	19.9	63.9	47.4	89.4
2006	70.6	95.5	105.2	66.8	32.0	28.5	29.9	15.3	29.8	58.3	73.8	103.2
2007	90.7	61.2	85.3	91.0	48.2	24.1	29.4	37.0	23.1	70.1	73.8	58.0
2008	78.7	104.1	98.6	65.0	53.4	26.9	17.3	23.0	49.1	57.0	53.0	51.3
2009	107.5	84.3	74.1	63.4	67.1	36.0	30.1	17.7	25.8	59.5	66.7	68.9
2010	60.1	50.2	77.0	57.0	65.9	46.4	37.0	32.6	43.4	50.6	55.0	54.4
2011	54.9	57.8	100.3	88.0	43.1	25.7	18.6	24.0	51.1	38.8	58.5	79.9
2012	103.4	129.1	87.1	66.4	38.0	36.8	24.5	12.0	34.5	57.4	94.2	72.5
2013	74.7	83.5	109.5	76.5	67.8	25.2	26.6	29.3	13.1	50.5	36.5	71.2
2014	75.3	73.1	99.0	53.1	58.1	31.2	18.4	15.3	27.7	20.6	52.0	70.8
2015	103.6	68.9	82.7	55.4	74.6	32.0	20.5	30.3	16.8	34.7	53.1	75.4
2016	76.0	61.7	54.7	43.5	36.1	33.2	24.2	18.5	35.6	31.2	47.2	51.8
2017	59.6	57.1	64.8	31.8	30.3	36.3	22.5	32.6	46.5	69.5	54.9	70.3
Media	63.4	69.2	72.9	57.3	45.7	33.5	27.5	25.0	35.1	50.9	58.6	63.3
Desv. Est.	18.7	22.1	18.5	14.6	13.5	11.1	8.3	9.2	11.1	14.2	14.7	17.4

C. Transferencia de información hidrometeorológica

Aplicando la fórmula 16 descrito en el capítulo anterior a los caudales de la estación hidrométrica Ronquillo periodo (2008-2017) ver tabla 29, se hizo la transferencia de caudales hacia la microcuenca Chailhuagón ver tabla 30.

Tabla 29. Caudales medios mensuales (m³/s) registrados en la estación Ronquillo

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2008	0.554	0.867	0.947	0.891	0.431	0.267	0.197	0.154	0.125	0.183	0.211	0.107
2009	0.329	0.414	0.538	0.953	0.473	0.220	0.159	0.133	0.151	0.419	0.282	0.614
2010	0.202	0.326	0.339	0.928	0.311	0.187	0.167	0.142	0.120	0.132	0.116	0.151
2011	0.802	1.502	0.803	0.671	0.438	0.271	0.211	0.210	0.168	0.152	0.123	0.272
2012	0.370	0.531	1.691	0.734	0.242	0.217	0.173	0.099	0.144	0.204	0.406	0.202
2013	0.306	0.392	1.093	0.491	0.273	0.261	0.234	0.162	0.132	0.222	0.167	0.313
2014	0.322	0.312	0.837	0.481	0.463	0.300	0.269	0.166	0.125	0.148	0.194	0.251
2015	0.816	0.519	1.230	0.639	0.449	0.331	0.298	0.264	0.221	0.144	0.213	0.208
2016	0.350	1.198	1.184	0.610	0.380	0.293	0.200	0.135	0.150	0.242	0.363	0.318
2017	0.546	0.138	1.093	0.842	0.393	0.349	0.178	0.189	0.147	0.182	0.147	0.257

Fuente: (Alvarez, 2016).

Se hizo el procedimiento de transferencia de caudales para el periodo 2008 - 2017, para lo cual se necesitó la siguiente información de las cuencas mencionadas anteriormente:

Cuenca Ronquillo: Zc: 3480 m, Pc: 293.6 mm, Ac: 41.47 Km². Microcuenca Chailhuagón: Zp: 3881.55 m, Pp: 1069.5 mm, Ap: 22.44 Km².

Se muestra el cálculo para el mes de enero del año 2008, para los demás meses es el mismo procedimiento.

$$Qp = \left(\frac{3480}{3881.55}\right) \left(\frac{1069.5}{293.6}\right) \left(\frac{22.44}{41.47}\right)^{\frac{3}{2}} (0.554) = 0.720 \text{ m}^3/\text{s}$$

Los caudales medios mensuales transpuestos desde la cuenca Tres Ríos con el modelo de transferencia de información hidrometeorológica hacia la microcuenca Chailhuagón, para el período (2008-2017) se presentan en la Tabla 26.

Tabla 30. Caudales medios mensuales (m³/s) transpuestos de la estación Ronquillo a la microcuenca Chailhuagón.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2008	0.720	1.127	1.231	1.158	0.560	0.347	0.256	0.200	0.162	0.238	0.274	0.139
2009	0.428	0.538	0.699	1.239	0.615	0.286	0.207	0.173	0.196	0.545	0.367	0.798
2010	0.263	0.424	0.441	1.206	0.404	0.243	0.217	0.185	0.156	0.172	0.151	0.196
2011	1.042	1.952	1.044	0.872	0.569	0.352	0.274	0.273	0.218	0.198	0.160	0.354
2012	0.481	0.690	2.198	0.954	0.315	0.282	0.225	0.129	0.187	0.265	0.528	0.263
2013	0.398	0.509	1.421	0.638	0.355	0.339	0.304	0.211	0.172	0.289	0.217	0.407
2014	0.419	0.406	1.088	0.625	0.602	0.390	0.350	0.216	0.162	0.192	0.252	0.326
2015	1.061	0.675	1.599	0.831	0.584	0.430	0.387	0.343	0.287	0.187	0.277	0.270
2016	0.455	1.558	1.538	0.793	0.494	0.381	0.260	0.175	0.194	0.315	0.472	0.413
2017	0.710	0.179	1.421	1.094	0.511	0.454	0.231	0.245	0.192	0.236	0.191	0.334
Media	0.597	0.806	1.268	0.941	0.501	0.350	0.271	0.215	0.193	0.264	0.289	0.350

D. Recopilación de la información de campo

Tabla 31. Caudales aforados en el río Chailhuagón bajo el puente Chailhuagón.

Mes	Fecha	Q (m ³ /s)	Q (l/s)
Febrero			
	04/02/2017	0.399	399.19
	11/02/2017	0.843	843.35
	18/02/2017	0.158	157.50
	25/02/2017	0.166	165.90
Marzo			
	04/03/2017	1.122	1121.70
	11/03/2017	1.948	1947.78
	18/03/2017	1.826	1826.10

Mes	Fecha	Q (m ³ /s)	Q (l/s)
	25/03/2017	1.308	1307.70
Abril			
	01/04/2017	1.234	1234.35
	08/04/2017	0.420	420.30
	15/04/2017	0.385	385.20
	29/04/2017	0.300	300.30
Mayo			
	06/05/2017	0.210	210.45
	13/05/2017	0.185	184.50
	20/05/2017	0.162	161.85
	27/05/2017	0.153	152.70
Junio			
	03/06/2017	0.138	138.30
	10/06/2017	0.106	106.20
	15/06/2017	0.111	111.30
	24/06/2017	0.110	109.65
Julio			
	01/07/2017	0.097	97.20
	15/07/2017	0.087	87.00
	22/07/2017	0.086	85.80
	29/07/2017	0.099	99.30
Agosto			
	05/08/2017	0.086	86.40
	19/08/2017	0.109	108.90
	26/08/2017	0.097	97.05
Septiembre			
	02/09/2017	0.094	93.60
	09/09/2017	0.090	89.70
	16/09/2017	0.089	88.50
	23/09/2017	0.104	103.80
	30/09/2017	0.125	125.25

Caudales medios mensuales aforados en el río Chailhuagón durante el año 2017.

Tabla 32. Caudales medios mensuales aforados (m³/s) para el año 2017

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
QM AFORO. (m ³ /s)	0.38	0.39	0.83	0.59	0.18	0.12	0.09	0.10	0.10

4.2. DISCUSIÓN

Según el primer objetivo planteado para calcular los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Chailhuagón se tiene que el área de la cuenca es de 22.44 Km², por lo tanto, se clasifica como microcuenca, longitud del cauce principal es de 7.960 Km, lo cual se clasifica como un río de cauce corto, el coeficiente de compacidad es de 1.32, por lo que se define como una cuenca oval oblonga, factor de forma de la microcuenca es de 0.354, por lo que se clasifica de forma ligeramente achatada, pendiente de laderas es de 31,20 %, por lo que es

fuerte accidentado, coeficiente orográfico es de 0.671, por lo que es una microcuenca poco degradada y accidentada, tiempo de concentración de la microcuenca es de 0.33 Horas, clasificándose del tipo de concentración rápida.

La precipitación media areal de la microcuenca Chailhuagón (tabla 14), para el período 1968-2017, muestra que en dichos años se ha mantenido el régimen de lluvia, mostrando meses lluviosos (octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo) y meses con escasa precipitación pluvial (junio, julio, agosto y setiembre). En promedio, el mes más lluvioso es Marzo con 150.9 mm y el menos lluvioso Julio con 21.4 mm; esta variación es característica en la región Cajamarca.

La aplicación del modelo determinístico estocástico Lutz Scholz para generar caudales medios mensuales en la microcuenca Chailhuagón, en mm/mes, tomando en cuenta que el mes más lluvioso es Marzo, lo que concuerda con la precipitación media areal de Marzo, hallada con el método de las Isoyetas (tabla 14), indicando que es el mes de mayor abastecimiento de agua que se almacena en la microcuenca. La retención (64.66 mm/año) representa el 6% del promedio del módulo de precipitación (1069.5 mm), lo cual concuerda para cuencas de la sierra peruana; el coeficiente de agotamiento (0.0222días^{-1}) muestra que se trata de una cuenca con agotamiento rápido. Esto se considera lógico porque en los meses poco lluviosos el caudal tiene una gran disminución comparado con los de los meses lluviosos (ver tabla 28).

En vista de no contar con medidas históricas de caudales (m^3/s) en la microcuenca Chailhuagón, fue imposible calibrar el modelo; sin embargo, lo que motivó generar caudales medios en mm/mes se considera satisfactorio.

La aplicación del modelo de transferencia de información hidrometeorológica desde la cuenca Tres Ríos hacia la microcuenca Chailhuagón, en m^3/s , tomando en cuenta que el mes más lluvioso es Marzo, lo que concuerda con los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz; y el mes menos lluvioso con el modelo de Lutz Scholz es Julio, mientras que con el modelo de transferencia de información hidrometeorológica es Septiembre, lo cual no concuerda; esto se debe a que tanto la microcuenca Chailhuagón y la cuenca Tres Ríos no cumplen con la similitud hidráulica.

Comparación de caudales generados por los modelos hidrológicos y los caudales aforados en campo durante el año 2017.

Tabla 33. Comparación de caudales medios mensuales (m³/s) para el año 2017

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
QM GEN. EXT. (m3/s)	0.50	0.53	0.54	0.28	0.25	0.31	0.19	0.27	0.40	0.58	0.48	0.59
QM TRANSP. (m3/s)	0.71	0.18	1.42	1.09	0.51	0.45	0.23	0.25	0.19	0.24	0.19	0.33
QM AFORO. (m3/s)	0.38	0.39	0.83	0.59	0.18	0.12	0.09	0.10	0.10			

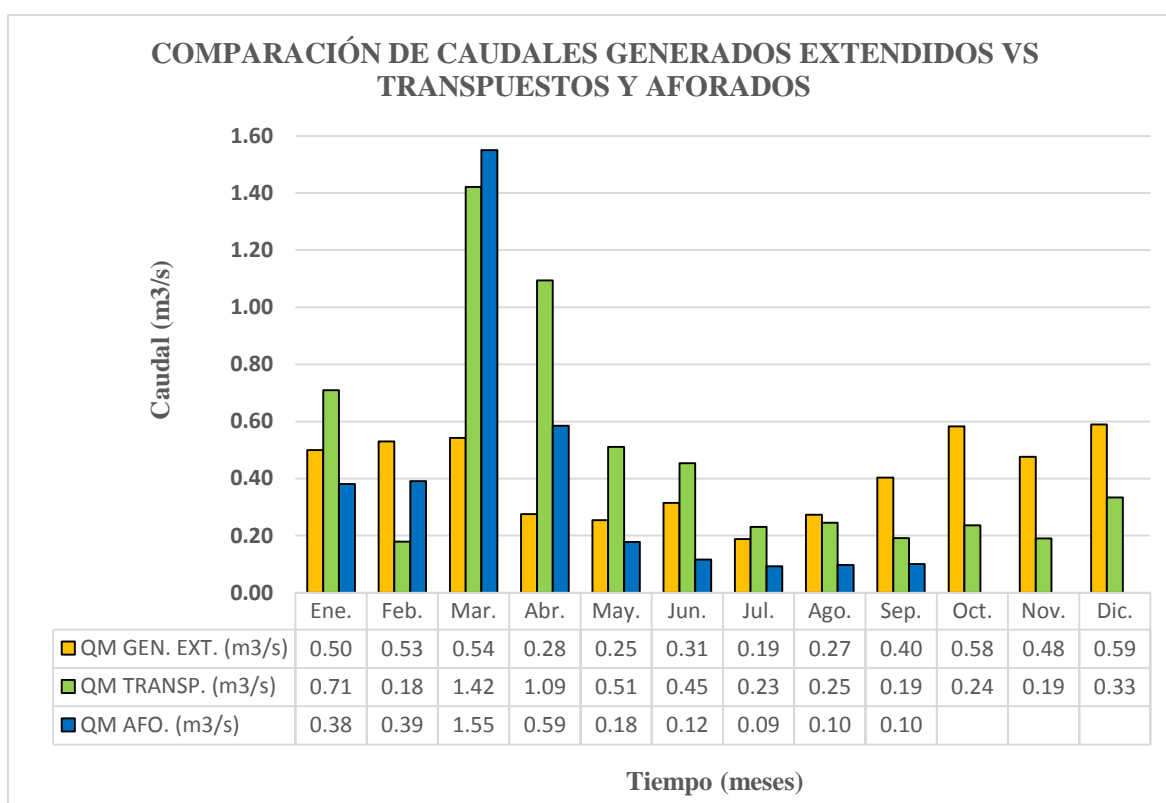


Figura 21. Comparación de caudales medios mensuales para el año 2017.

En la figura 21, se observa que el modelo hidrológico que más se ajusta a los caudales aforados en campo es el de Lutz Scholz, esto se debe porque este modelo considera más variables de estudio respecto al otro modelo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- a) La microcuenca Chailhuagón, con punto emisor bajo el puente Chailhuagón, es del tipo alto andina, con área de 22.44 km², altitud media de 3881.55 m.s.n.m., pendiente de laderas 31.20 % e índice de Gravelius 1.32. El cauce principal se denomina Chailhuagón con una pendiente de 4.33 %, donde se ha observado que el agua es derivada fundamentalmente para uso agrícola y pecuario.
- b) Los caudales medios mensuales (m³/s) generados por el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz (período 1968-2017) varían en relación al régimen de precipitación pluvial de la microcuenca Chailhuagón; tal que en los meses lluviosos varía de 0.64 m³/s a 0.50 m³/s y en los meses de escasez varía de 0.53 m³/s a .21 m³/s, notándose una gran diferencia entre ambos períodos. Dichos caudales incluyen la escorrentía directa y el flujo base.
- c) Los caudales medios mensuales (m³/s) generados por el modelo determinístico de transposición de caudales (período 2008-2017) también varían en relación al régimen de precipitación pluvial de la microcuenca Chailhuagón; tal que en los meses lluviosos varía de 1.27 m³/s a 0.50 m³/s y en los meses de escasez varía de 0.35 m³/s a 0.19 m³/s, notándose una gran diferencia entre ambos periodos.
- d) Los caudales aforados durante el año 2017 en los meses lluviosos son como máximo de 0.83 m³/s, mientras que en los meses de estiaje como mínimo es de 0.09 m³/s, lo cual concuerda con los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz, pero difiere en cierto grado con el de Transferencia de información hidrometeorológica debido a que no cumplen la similitud hidráulica entre sistemas.
- e) El modelo hidrológico que más se ajusta a los caudales aforados en campo es el de Lutz Scholz, por utilizar más variables en su estudio respecto al modelo de transferencia de información hidrometeorológica, por lo que se podría decir que el modelo Lutz Scholz si es aplicable a cuencas de la región de Cajamarca.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda instalar una estación pluviométrica en la microcuenca Chailhuagón, para tener datos de precipitaciones con más precisión y poder profundizar estudios de esta índole.
- Instalar un limnigrafo a la altura del puente Chailhuagón tomándolo como punto emisor de la microcuenca para poder tener datos de caudales para posteriores estudios hidráulicos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAA, V. (2012). "Inventario de Fuentes Hídricas Superficiales en la Cuenca del "Río Chailhuagón". Cajamarca.
- Aparicio, F. (1989). Fundamentos de hidrología de superficie. México, 1era. Ed.: LIMUSA.
- Breña, A., & Jacobo, M. (2006). Principios y Fundamentos de Hidrología Superficial. Mexico: Coordinación General de Vinculación y Desarrollo Institucional de la Rectoría General de la Universidad Autónoma Metropolitana, Tlalpan, D.F. México.
- Cahuana, A., & Yugar, W. (2009). Material de apoyo didactico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura hidrología Civ-233. Bolivia.
- Chávarri, E. (1989). Métodos de Análisis en Ingeniería de Recursos Hídricos. Lima.
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (2000). Hidrología Aplicada. Colombia: McGRAW-HILL.
- Estrela, T. (1992). Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos. CEDEX.
- Huaman, F. (2013). Hidrologia Avanzada, Apuntes de clase. Linea de gestión ambiental. Escuela de post grado-UNC. Cajamarca.
- Linsley, R., Kohler, M., & Pulus, J. (1997). Hidrología para ingenieros. Bogotá-Colombia.: McGRAW-HILL LATINOAMERICANA, S.A. 2da. Ed.
- Ordoñez, J. (2011). Cuenca Hidrológica. Global Water Partnership.
- Ortiz, O. (2004). Evaluación Hidrológica. Red Latinoamericana de Micro Hydroenergia (HIDRORED).
- Ortiz, O. (2015). "Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos y Transferencia de Información Hidrometeorológica". Investigaciones y Proyectos Hidráulicos.
- Scholz, L. (1980). Generación de caudales mensuales en la sierra peruana. Meris II. Cuzco.
- Silva, G. (2007). Hidrología Estocástica. Bogotá-Colombia.

Teran, N. (2014). “Volumen de Agua Aprovechable en la Microcuenca del Río Tres Ríos, Usando el Modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz Validado, Para los Años Hidrológicos 2008-2012” (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Cajamarca.

Ttimpo, N. (2012). “Generación de descargas medias mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz para la subcuenca del río Azángaro”(Tesis de Grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Villón, M. (2001). Hidrología Estadística. Costa Rica: MaxSoft, 1era. Ed.

Villón, M. (2002). Hidrología. Costa Rica: MaxSoft, 2da. Ed.

ANEXOS

A.1. Periodo de registro de precipitaciones en (mm)

Tabla 34. Periodo de registro de la estación Augusto Weberbauer

ESTACION: A. WEBERBAUER												
ESTE: 776880.86							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9206978							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 2536 m.s.n.m.							DISTRITO: CAJAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	58.0	81.0	67.7	26.6	14.9	1.6	1.6	16.2	50.0	66.4	54.6	70.8
1969	42.0	73.7	83.5	85.7	1.5	19.6	0.3	13.2	18.4	55.4	106.4	162.0
1970	71.0	41.8	79.9	54.5	33.8	19.9	3.2	2.5	18.2	103.0	51.4	54.1
1971	58.4	97.8	275.7	54.7	8.0	12.2	17.6	17.2	28.1	89.8	45.8	66.5
1972	55.5	67.6	113.8	76.2	18.1	4.4	3.4	20.6	29.0	31.4	66.5	50.2
1973	95.3	70.7	91.6	98.4	27.4	29.3	8.4	18.3	87.2	65.5	68.2	72.3
1974	64.1	128.2	95.2	58.5	4.6	17.3	6.5	23.6	38.7	70.5	53.9	76.4
1975	91.6	158.1	199.4	70.7	66.8	10.0	7.2	19.3	45.1	80.2	65.1	0.9
1976	130.4	62.9	81.3	55.2	43.0	23.0	0.1	4.4	12.3	32.2	71.6	44.4
1977	129.9	146.4	141.9	42.6	25.5	8.0	7.5	0.1	16.1	53.4	54.8	68.2
1978	12.7	34.4	48.8	37.0	65.6	3.9	4.4	3.8	25.0	24.4	54.0	44.8
1979	84.1	81.6	159.7	37.1	16.3	1.8	7.5	15.7	33.6	24.4	26.3	46.6
1980	34.9	42.4	65.0	29.3	6.9	15.1	3.2	6.7	2.3	130.4	111.0	106.7
1981	78.2	186.5	105.7	33.7	14.7	6.6	7.2	12.7	22.0	111.9	45.6	111.3
1982	71.7	102.9	75.7	88.7	38.2	7.8	2.1	6.6	43.9	124.8	67.3	87.4
1983	116.6	75.7	152.8	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4
1984	24.7	233.6	123.8	80.0	69.5	25.1	23.4	18.7	36.7	68.6	97.6	104.1
1985	24.6	42.4	37.2	41.9	53.0	0.4	4.8	18.3	37.3	50.0	23.9	40.3
1986	84.4	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.3	43.6	66.2	51.8
1987	98.2	95.2	39.2	52.2	9.1	4.0	10.8	12.3	39.5	37.2	74.3	61.5
1988	109.7	105.5	44.8	95.6	10.6	5.4	0.0	0.4	32.9	69.4	65.2	63.4
1989	87.0	158.8	113.5	85.4	18.8	16.7	3.2	6.9	53.5	106.6	47.1	2.7
1990	101.8	68.5	58.3	27.4	39.5	24.6	0.8	7.1	20.1	87.6	99.1	72.3
1991	43.8	90.0	133.7	55.2	17.9	0.7	0.4	0.3	10.2	28.2	55.1	71.9
1992	52.6	31.8	66.6	46.5	18.9	21.2	4.6	10.0	40.8	64.0	32.0	34.1
1993	61.0	112.2	245.0	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1
1994	116.9	103.1	170.2	144.9	35.3	3.3	0.0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6
1995	44.7	108.3	75.7	49.7	20.6	1.7	13.2	10.8	11.5	51.8	50.5	76.4
1996	65.2	124.0	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1
1997	63.8	152.9	26.5	40.4	17.0	15.4	0.2	0.0	27.4	50.8	119.9	129.4
1998	103.0	116.5	257.0	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9
1999	94.8	242.7	69.5	65.0	53.7	22.8	22.1	1.2	81.4	21.7	77.0	68.8
2000	46.0	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3
2001	191.2	100.8	230.2	57.2	48.1	2.3	13.9	0.0	34.4	46.2	93.4	90.9
2002	27.0	60.0	133.1	77.2	23.0	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1
2003	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7
2004	36.1	102.0	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19.0	63.4	92.6	123.7
2005	84.9	53.7	136.6	54.0	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30.0	87.8
2006	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7
2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29	1.4	10.7	6.4	11.6	117.2	97.6	68.8
2008	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	96.5	72.2	

ESTACION: A. WEBERBAUER												
ESTE: 776880.86							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9206978							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 2536 m.s.n.m.							DISTRITO: CAJAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2009	180.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2
2010	49.5	112.9	154	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	28.9	43.4	52.5	70.8
2011	76.6	73.3	125.2	102	16.7	0.4	8.3	0	47.1	31.5	24.4	109.7
2012	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.2	0	2.5	19.1	83.2	120.3	58.3
2013	61.5	98	213.3	73.8	85.6	7.5	5.7	21.5	3.7			
2014	75.7	68	134.2	78.8	26.9	5	2	3.9	27.7	26.5	45.7	114.9
2015	184.7	55.4	202.2	63	75.8	3	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5
2016	81.0	85.3	119.0	56.2	7.0	1.6	2.1	1.1	23.4	61.7	13.5	63.8
2017	79.4	71.9	139.1	78.8	47.2	12.0	2.3	20.9	21.2	65.3	63.2	149.1

Fuente: SENAMHI

Tabla 35. Periodo de registro de la estación Encañada

ESTACION: LA ENCAÑADA												
ESTE: 795824							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9212282							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 2862 m.s.n.m.							DISTRITO: LA ENCAÑADA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	102.1	196.0	223.3	181.7	71.5	6.2	0.5	8.4	36.3	132.7	40.4	86.6
1999	115.3	294.8	108.7	99.7	102.8	62.9	11.0	9.3	132.8	30.3	125.3	143.4
2000	46.9	155.9	184.7	106.7	89.7	18.2	0.9	20.0	88.1	4.7	50.4	117.4
2001	238.0	72.4	203.8	105.1	60.7	0.5	2.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4
2002	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	28.8	159.2		
2003	33.1	80.6	145.5	93.0	37.8	38.3	0.0	9.9	41.9	93.8	124.4	85.0
2004	95.4	72.5	54.6	91.1	39.8	5.8	21.7	0.5	44.2	173.2	108.5	171.2
2005	119.6	107.1	260.8	51.2	42.0	12.4	1.2	7.0	13.4	205.5	38.2	145.4
2006	74.6	134.7	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7
2007	93.1	44.8	259.4	140.5	70.9	0.0	9.4	5.3	26.4	133.1	127.5	92.9
2008	104.1	149.0	175.9	151.5	44.0	15.2	9.2	22.6	53.7	140.9	119.7	37.7
2009	222.7	70.9	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90.0	115.3	66.6
2010	70.0	94.8	184.3	123.0	39.8	11.8	7.7	0.0	35.7	100.0	98.9	94.0
2011	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0.0	51.2	52.1	93.8	149.5
2012	166.1	101.5	108.0	108.3	59.7	10.6	0.0	7.7	1.5	169.6	152.8	56.0
2013	72.7	96.9	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0.0	157.0	39.5	106.9
2014	90.3	138.9	175.4	95.3	79.8	0.0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	135.9
2015	188.3	71.4	260.7	70.4	104.1	3.3	5.3	0.0	3.0	27.8	170.5	23.2
2016	138.7	95.2	123.7	72.3	3.2	23.1	0.8	0.6	61.7	85.1	8.2	201.9
2017	109.1	109.9	275.8	116.1	69.6	18.4	3.2	27.7	13.8	103.3	41.6	130.8

Fuente: SENAMHI

Tabla 36. Periodo de registro de la estación Quebrada Shugar

ESTACION: QUEBRADA SHUGAR												
ESTE: 781091						DEPARTAMENTO: CAJAMARCA						
NORTE: 9259271						PROVINCIA: HUALGAYOC						
COTA: 3292 msnm						DISTRITO: BAMBAMARCA						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1978	74.7	85.9	55.9	88.3	61.5	5.8	56.7	1.2	56.5	54.4	105.8	125.3
1979	76.8	99.4	268.5	98.7	44.6	2.6	34.4	48.9	78.1	20.3	58.7	54.8
1980	87.9	82.2	137.5	40.0	31.3	17.6	21.0	11.2	9.5	204.5	214.6	72.3
1981	80.7	195.0	162.6	106.5	77.7	51.8	21.4	96.9	44.5	164.7	85.9	102.0
1982	85.1	95.8	93.3	105.2	129.0	106.2	32.4	0.0	123.7	186.4	119.9	171.5
1983	214.5	37.8	207.0	125.7	49.9	29.2	23.1	26.2	62.7	82.8	100.7	161.9
1984	50.7	249.9	152.6	87.0	95.6	26.9	41.8	33.7	68.8	154.6	72.1	59.2
1985	43.6	64.6	76.8	47.0	32.7	10.7	20.7	18.7	66.1	15.5	47.2	95.9
1986	115.0	99.9	115.6	84.9	46.7	0.0	3.5	40.7	60.1	31.1	69.9	94.3
1987	123.1	115.7	90.0	66.4	26.9	14.4	82.4	0.9	50.4	16.8	126.2	
1988	108.8	172.3	77.2	69.7	30.0	0.0	0.0	0.0	47.9	62.1	118.9	66.1
1989	126.9	98.5	131.1	82.5	7.9	16.0	8.7	0.0	59.5	99.6	56.5	30.8
1990	33.9	24.0	9.3	70.9	49.1	34.6	4.9	6.4	26.6	94.6	98.4	61.3
1991	76.4	67.3	54.1	109.3	17.6	7.4	21.6	0.0	36.4	31.5	55.0	120.2
1992	57.0	61.3	108.1	81.1	22.6	62.2	15.3	33.2	91.8	88.5	53.7	70.6
1993	92.3	55.7	97.5	102.0	76.4	6.5	0.0	22.6	27.2	75.8	81.6	85.1
1994	76.7	88.9	78.2	71.2	27.2	21.9	1.2	2.9	46.7	48.1	63.9	104.4
1995	60.5	43.2	77.6	25.8	61.7	28.1	26.7	0.0	22.8	93.1	88.3	150.9
1996	92.4	135.9	115.6	66.3	28.3	10.3	3.0	17.9	23.5	87.9	26.2	14.9
1997	59.5	44.8	67.7	134.9	24.0	24.6	0.0	14.9	35.2	48.5	96.8	114.5
1998	69.0	100.9	146.0	98.7	48.7	2.6	0.0	4.3	56.8	209.1	73.4	73.4
1999	136.7	284.0	60.5	40.2	82.6	104.5	8.2	5.5	90.9	27.9	145.7	124.0
2000	56.7	181.6	196.3	86.3	94.4	75.9	27.8	6.7	66.3	24.7	122.9	141.5
2001	196.0	65.3	260.5	43.0	52.9	4.5	4.6	0.3	51.2	100.1	150.8	126.7
2002	61.5	136.7	197.6	165.0	68.1	2.8	36.6	0.3	39.3	133.5	154.1	174.6
2003	136.8	152.7	107.7	125.1	49.4	41.6	1.3	41.3	79.1	94.3	115.9	106.8
2004	65.9	80.1	103.5	74.6	67.1	34.8	45.7	20.3	21.2	148.3	148.9	129.0
2005	63.5	144.9	174.5	141.2	11.0	2.9	6.1	3.5	37.1	161.6	56.8	138.9
2006	156.0	130.5	289.2	56.1	10.4	33.7	28.9	3.1	46.4	116.8	112.7	165.4
2007	189.1	55.1	187.8	149.3	29.0	2.3	23.1	38.2	37.0	121.4	151.0	71.9
2008	185.1	249.8	182.7	105.5	69.7	17.0	3.2	27.0	87.5	151.1	98.6	40.4
2009	290.6	141.7	144.1	131.7	91.1	35.1	18.7	6.0	52.2	134.4	156.2	152.6
2010	98.2	116.4	134.5	68.8	71.1	41.0	28.1	3.4	41.5	50.0	104.2	83.6
2011	116.6	63.2	225.2	137.9	51.9	17.9	19.7	8.0	80.1	70.2	91.7	187.5
2012	202.7	208.9	127.6	113.0	38.9	11.1	0.5	8.7	18.2	95.5	145.6	139.1
2013	133.0	108.4	303.5	109.7	102.0	6.8	17.0	67.3	7.6	135.0	20.3	168.6
2014	159.8	114.6	268.9	71.1	98.8	3.4	13.1	10.1	48.8	43.2	77.7	117.3
2015	163.8	95.9	194.9	84.7	104.4	12.2	10.6	29.4	8.9	49.8	88.4	135.9
2016	93.2		86.6	35.6	18.5	19.8	6.9					
2017	192.8	94.3	240.1	113.5	81.7	35.5	3.2	48.5	50.1	111.2	81.2	89.8

Fuente: SENAMHI

Tabla 37. Periodo de registro de la estación Celendín

ESTACION: CELENDIN												
ESTE: 818506								DEPARTAMENTO: CAJAMARCA				
NORTE: 9240309								PROVINCIA: CELENDIN				
COTA: 2470 m.s.n.m.								DISTRITO: CELENDIN				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1996				74.5	28.0	0.0	0.5	0.0	24.4	176.3	62.6	17.2
1997	51.9	109.2	74.2	168.1	15.9	11.2	0.0	0.0	33.5	89.2	119.4	154.1
1998	74.4	156.1	242.4	169.5	49.3	0.0	0.7	0.0	18.3	174.3	91.8	44.8
1999	177.5	319.1	100.4	13.0	54.1	49.2	5.8	6.6	107.8	53.6	130.2	241.9
2000	107.7	224.0	220.6	112.4	45.0	54.8	1.9	9.8	60.7	5.7	53.4	160.4
2001	249.5	134.9	445.0	50.6	39.6	1.3	5.4	0.0	32.2	104.3	162.2	97.0
2002	57.9	90.5	289.1	172.6	27.9	1.9	29.3	0.0	2.0	208.6	122.0	151.8
2003	48.7	71.1	158.6	92.7	27.3	21.2	1.7	0.9	39.5	80.9	95.8	116.4
2004	51.3	63.5	101.7	106.6	32.9	0.0	20.5	2.5	50.3	94.4	225.4	143.2
2005	79.3	103.4	236.5	69.3	16.5	0.0	0.0	0.0	39.0	250.3	26.6	166.7
2006	98.5	136.1	349.8	62.4	3.4	11.8	9.1	3.9	66.3	118.3	123.1	144.6
2007	91.6	17.6	275.8	122.2	27.6	3.0	6.0	9.9	20.0	215.3	152.9	123.2
2008	98.5	180.2	98.8	98.7	48.5	28.0	11.0	21.0	21.0	132.0	142.5	38.8
2009	212.1	75.9	223.5	150.9	71.4	5.8	6.1	0.0	38.2	98.7	139.5	116.0
2010	84.7	200.4	176.3	61.8	69.9	2.8	18.7	3.9	39.0	60.4	123.0	135.1
2011						1.3	17.7	4.8	40.5	95.3	113.5	173.6
2012	217.7	115.6	127.2	100.0	42.7	3.4		1.7	0.3	142.0	208.1	79.7
2013	76.6	58.9	167.1	66.7	63.0	21.1	16.5	33.2	4.7	162.9	24.3	129.4
2014	78.1	136.7	166.6	84.0	126.8	1.3	0.3	4.4	33.2	70.0	62.2	79.2
2015	179.2	25.2	235.6	114.8	77.3	5.5	3.1	0.0	0.6	35.7	96.9	44.3
2016	100.3	169.8	130.8	42.9	6.7	2.1	1.8	2.0	30.6	134.0	19.4	213.6
2017	241.5	92.9	300.2	170.7	81.1	16.1	1.2	16.9	20.7	100.0	75.2	172.0

Fuente: SENAMHI

Tabla 38. Periodo de registro de la estación Maqui Maqui

ESTACION: MAQUI MAQUI												
ESTE: 780019								DEPARTAMENTO: CAJAMARCA				
NORTE: 9228957								PROVINCIA: CAJAMARCA				
COTA: 4024 m.s.n.m.								DISTRITO: CAJAMARCA				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1995	20.6	145.0	154.6	64.5	72.5	14.2	3.9	3.6	22.2	70.4	156.2	168.9
1996	79.0	155.2	184.9	97.8	55.1	22.9	2.8	10.4	44.1	146.3	55.4	83.3
1997	94.2	125.2	74.9	63.5	25.1	9.4	6.1	2.3	25.9	89.7	136.4	118.6
1998	57.4	192.5	161.0	119.4	93.4	5.6	0.4	1.6	18.0	155.4	160.8	47.4
1999	162.4	315.2	137.4	69.6	101.4	93.2	17.0	7.2	123.6	58.0	110.2	238.0
2000	86.4	226.2	196.2	97.6	68.4	26.4	5.0	35.8	136.4	9.6	55.2	147.8
2001	243.2	148.8	257.4	99.6	65.4	6.6	12.8	3.4	72.0	124.6	170.4	193.6
2002	53.0	106.6	193.0	168.6	35.2	15.8	18.4	3.3	40.8	195.6	134.0	207.2
2003	92.4	101.6	113.8	25.6	9.4	132.0	4.4	4.4	13.4	18.0	22.4	118.7
2004	95.7	67.1	110.0	71.5	21.6	7.4	22.1	8.7	55.6	115.8	187.0	203.0
2005	116.3	140.2	325.7	122.9	30.5	17.5	11.4	17.8	36.8	292.4	73.9	229.4
2006	91.4	257.3	270.8	122.4	21.6	58.7	9.7	22.6	33.0	140.0	168.9	276.6
2007	120.1	72.4	236.2	137.4	67.3	6.3	51.0	37.1	33.2	234.0	194.8	108.2
2008	145.3	250.9	167.9	102.9	87.4	29.0	16.3	41.4	91.4	154.2	134.6	128.7

ESTACION: MAQUI MAQUI												
ESTE: 780019							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9228957							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 4024 m.s.n.m.							DISTRITO: CAJAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2009	263.7	173.7	256.3	198.4	134.6	74.4	24.9	29.4	45.2	182.1	200.4	176.2
2010	74.7	147.6	241.3	113.3	109.7	22.1	16.8	4.6	27.7	119.6	267.7	198.1
2011	118.6	193.3	277.6	222.3	28.9	17.8	22.9	13.7	98.0	92.2	168.4	192.3
2012	367.0	296.4	134.9	116.8	52.3	16.0	2.5	10.7	3.8	217.9	311.4	71.3
2013	96.8	144.0	172.7	76.5	162.6	9.9	26.7	43.9	12.2	149.1	80.0	161.0
2014	90.4	177.0	219.7	63.8	80.8	13.0	3.3	9.7	42.6	73.2	137.8	202.2
2015	308.5	131.1	239.0	110.0	124.5	9.9	11.1	12.9	47.0	52.3	140.7	157.4

Fuente: SENAMHI

A.2. Periodo registro de temperatura (°C)

Tabla 39. Periodo de registro de la estación Maqui Maqui

ESTACION: MAQUI MAQUI												
NORTE : 9228957							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
ESTE : 780019							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA : 4024 m.s.n.m.							DISTRITO: CAJAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1995	7.7	7.1	4.4	6.4	7.5	8.1	7.6	8.0	6.4	7.0	7.0	6.3
1996	6.3	5.6	6.6	6.6	7.1	6.6	5.0	4.1	3.8	4.0	2.9	4.5
1997	8.4	8.3	9.3	8.6	7.7	6.8	7.7	7.6	6.1	7.6	6.6	8.9
1998	9.3	9.4	9.5	9.9	9.0	7.6	7.5	7.9	8.1	10.9	7.9	11.2
1999	7.2	7.0	7.3	8.1	7.4	7.0	6.3	6.8	7.6	7.4	7.3	7.3
2000	7.5	6.7	6.9	7.8	8.1	7.0	6.5	6.6	7.8	7.4	7.9	7.5
2001	6.9	7.0	7.5	7.8	7.6	6.7	6.9	6.9	7.7	8.3	7.9	8.6
2002	7.8	8.1	8.3	8.0	7.7	7.4	7.1	6.6	8.0	7.7	8.0	8.5
2003	8.7	8.3	7.9	8.3	8.0	7.7	6.7	7.6	7.7	8.4	8.1	7.2
2004	7.7	8.1	8.5	8.0	7.5	6.4	6.5	6.3	7.2	8.0	7.8	8.0
2005	8.3	9.1	8.0	8.2	7.8	7.7	6.9	7.1	7.8	7.6	7.9	7.0
2006	8.1	8.0	8.3	8.3	7.1	6.6	6.2	7.2	7.7	7.7	7.8	7.9
2007	9.1	7.7	8.0	8.2	7.9	6.9	7.0	6.8	6.4	7.7	7.9	7.3
2008	7.9	7.2	6.9	7.4	7.5	6.8	6.4	7.2	7.6	7.6	7.9	7.8
2009	8.0	7.6	7.9	7.8	7.4	7.1	6.7	7.4	7.4	8.4	8.0	8.0
2010	8.5	8.9	9.2	9.0	8.1	6.9	7.1	6.7	7.1	7.1	7.1	7.2
2011	6.8	6.5	6.7	7.4	7.2	6.8	6.0	6.4	6.5	6.9	7.6	7.2
2012	7.3	6.6	7.4	7.5	7.0	6.2	6.1	6.0	8.1	7.8	8.7	6.8
2013	8.5	7.8	7.2	8.7	8.1	7.6	6.7	5.4	7.9	6.4	10.8	6.9
2014	9.3	8.7	8.2	7.8	8.2	7.2	6.7	6.0	8.4	7.4	7.9	8.0
2015	8.9	7.3	8.3	7.2	7.3	6.7	6.2	5.8	8.8	8.7	8.4	11.2
2016	8.6	7.8	7.0	7.0	7.9	7.7	7.1	7.1	7.1	9.0	7.6	8.4
2017	8.0	9.0	7.0	7.3	7.8	6.5	6.8	7.4	6.8	8.1	7.3	6.9

Fuente: SENAMHI

A.3. Precipitaciones completadas y extendidas

Tabla 40. Precipitaciones completadas de la estación Augusto Weberbauer

ESTACION: A. WEBERBAUER												
ESTE: 776881							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9206978							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 2536 m.s.n.m.							DISTRITO: CAJAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	58.0	81.0	67.7	26.6	14.9	1.6	1.6	16.2	50.0	66.4	54.6	70.8
1969	42.0	73.7	83.5	85.7	1.5	19.6	0.3	13.2	18.4	55.4	106.4	162.0
1970	71.0	41.8	79.9	54.5	33.8	19.9	3.2	2.5	18.2	103.0	51.4	54.1
1971	58.4	97.8	275.7	54.7	8.0	12.2	17.6	17.2	28.1	89.8	45.8	66.5
1972	55.5	67.6	113.8	76.2	18.1	4.4	3.4	20.6	29.0	31.4	66.5	50.2
1973	95.3	70.7	91.6	98.4	27.4	29.3	8.4	18.3	87.2	65.5	68.2	72.3
1974	64.1	128.2	95.2	58.5	4.6	17.3	6.5	23.6	38.7	70.5	53.9	76.4
1975	91.6	158.1	199.4	70.7	66.8	10.0	7.2	19.3	45.1	80.2	65.1	0.9
1976	130.4	62.9	81.3	55.2	43.0	23.0	0.1	4.4	12.3	32.2	71.6	44.4
1977	129.9	146.4	141.9	42.6	25.5	8.0	7.5	0.1	16.1	53.4	54.8	68.2
1978	12.7	34.4	48.8	37.0	65.6	3.9	4.4	3.8	25.0	24.4	54.0	44.8
1979	84.1	81.6	159.7	37.1	16.3	1.8	7.5	15.7	33.6	24.4	26.3	46.6
1980	34.9	42.4	65.0	29.3	6.9	15.1	3.2	6.7	2.3	130.4	111.0	106.7
1981	78.2	186.5	105.7	33.7	14.7	6.6	7.2	12.7	22.0	111.9	45.6	111.3
1982	71.7	102.9	75.7	88.7	38.2	7.8	2.1	6.6	43.9	124.8	67.3	87.4
1983	116.6	75.7	152.8	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4
1984	24.7	233.6	123.8	80.0	69.5	25.1	23.4	18.7	36.7	68.6	97.6	104.1
1985	24.6	42.4	37.2	41.9	53.0	0.4	4.8	18.3	37.3	50.0	23.9	40.3
1986	84.4	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.3	43.6	66.2	51.8
1987	98.2	95.2	39.2	52.2	9.1	4.0	10.8	12.3	39.5	37.2	74.3	61.5
1988	109.7	105.5	44.8	95.6	10.6	5.4	0.0	0.4	32.9	69.4	65.2	63.4
1989	87.0	158.8	113.5	85.4	18.8	16.7	3.2	6.9	53.5	106.6	47.1	2.7
1990	101.8	68.5	58.3	27.4	39.5	24.6	0.8	7.1	20.1	87.6	99.1	72.3
1991	43.8	90.0	133.7	55.2	17.9	0.7	0.4	0.3	10.2	28.2	55.1	71.9
1992	52.6	31.8	66.6	46.5	18.9	21.2	4.6	10.0	40.8	64.0	32.0	34.1
1993	61.0	112.2	245.0	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1
1994	116.9	103.1	170.2	144.9	35.3	3.3	0.0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6
1995	44.7	108.3	75.7	49.7	20.6	1.7	13.2	10.8	11.5	51.8	50.5	76.4
1996	65.2	124.0	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1
1997	63.8	152.9	26.5	40.4	17.0	15.4	0.2	0.0	27.4	50.8	119.9	129.4
1998	103.0	116.5	257.0	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9
1999	94.8	242.7	69.5	65.0	53.7	22.8	22.1	1.2	81.4	21.7	77.0	68.8
2000	46.0	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3
2001	191.2	100.8	230.2	57.2	48.1	2.3	13.9	0.0	34.4	46.2	93.4	90.9
2002	27.0	60.0	133.1	77.2	23.0	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1
2003	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7
2004	36.1	102.0	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19.0	63.4	92.6	123.7
2005	84.9	53.7	136.6	54.0	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30.0	87.8
2006	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7
2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	117.2	97.6	68.8
2008	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	96.5	72.2	61.6
2009	180.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2
2010	49.5	112.9	154.0	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	28.9	43.4	52.5	70.8

ESTACION: A. WEBERBAUER												
ESTE: 776881							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9206978							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 2536 m.s.n.m.							DISTRITO: CAJAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2011	76.6	73.3	125.2	102.0	16.7	0.4	8.3	0.0	47.1	31.5	24.4	109.7
2012	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.2	0.0	2.5	19.1	83.2	120.3	58.3
2013	61.5	98.0	213.3	73.8	85.6	7.5	5.7	21.5	3.7	82.1	15.2	85.0
2014	75.7	68.0	134.2	78.8	26.9	5.0	2.0	3.9	27.7	26.5	45.7	114.9
2015	184.7	55.4	202.2	63.0	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5
2016	81.0	85.3	119.0	56.2	7.0	1.6	2.1	1.1	23.4	61.7	13.5	63.8
2017	79.4	71.9	139.1	78.8	47.2	12.0	2.3	20.9	21.2	65.3	63.2	149.1
MEDIA	80.2	97.0	122.5	68.6	29.9	9.9	5.5	9.0	28.8	63.7	64.7	76.3
DESV. EST	39.9	47.6	59.5	26.1	19.9	8.5	5.7	7.7	17.8	31.0	27.9	33.3

Tabla 41. Precipitaciones completadas de la estación La Encañada

ESTACION: LA ENCAÑADA												
ESTE: 795824							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9212282							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 2862 m.s.n.m.							DISTRITO: LA ENCAÑADA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	72.1	47.7	200.1	85.4	66.9	3.1	5.9	1.3	114.2	121.9	178.4	118.0
1969	64.1	71.4	288.6	145.6	103.3	17.4	2.6	13.2	30.1	154.6	65.7	159.9
1970	100.5	159.9	216.2	118.5	10.2	26.2	15.6	13.3	47.4	44.5	62.5	64.6
1971	155.1	197.1	135.9	83.6	48.6	29.1	7.1	0.7	44.5	85.8	107.2	64.8
1972	57.7	169.8	137.3	79.9	79.3	48.0	1.5	7.7	69.8	196.5	118.7	78.2
1973	115.6	218.3	235.8	50.3	70.8	4.5	0.0	17.3	11.7	113.7	108.1	74.8
1974	142.2	36.5	187.6	95.5	59.1	0.0	3.6	13.0	18.0	79.2	174.5	113.4
1975	80.8	124.9	145.5	85.2	91.9	10.4	6.5	5.2	12.7	115.2	47.5	97.1
1976	232.7	58.2	172.6	112.3	69.8	24.4	19.6	11.5	48.3	72.5	48.7	55.4
1977	152.0	223.9	213.8	123.5	66.6	33.4	5.6	15.8	13.1	53.0	106.3	99.1
1978	219.4	19.5	164.8	130.9	94.8	31.9	1.5	8.5	57.3	136.8	44.3	177.3
1979	12.5	73.5	220.0	48.8	79.8	22.4	7.5	8.1	45.9	39.1	81.3	90.3
1980	66.5	45.4	175.1	116.0	2.3	0.0	3.9	19.9	41.1	196.0	51.9	197.8
1981	160.8	153.2	176.3	97.4	111.7	11.0	9.7	1.2	36.7	77.8	118.4	163.8
1982	67.6	134.9	136.3	58.3	93.1	43.7	0.8	6.9	44.0	59.6	65.0	59.6
1983	41.6	197.7	247.8	70.4	75.6	23.7	14.7	15.0	22.7	106.2	17.5	132.4
1984	107.6	83.9	157.6	88.8	37.8	9.3	4.0	14.8	5.0	153.7	45.5	122.1
1985	125.3	178.3	186.4	59.7	55.9	35.7	8.3	9.6	41.9	36.1	147.2	147.2
1986	17.8	139.4	210.9	117.7	56.9	24.4	9.7	17.6	61.1	85.1	127.6	93.0
1987	62.7	115.6	78.9	136.1	45.0	18.8	18.2	10.5	2.5	93.9	80.3	54.1
1988	25.7	58.5	94.1	130.8	13.2	28.3	4.1	0.1	71.1	176.5	30.9	167.1
1989	145.2	138.3	295.2	69.6	59.1	26.3	6.6	9.2	82.3	115.9	52.5	71.4
1990	153.9	123.4	193.8	113.9	16.3	17.4	2.4	5.5	33.6	214.4	134.9	114.4
1991	108.7	148.1	166.9	79.7	73.5	12.0	0.0	0.0	2.6	94.6	166.5	83.2
1992	80.6	144.9	120.3	150.5	52.3	8.9	6.6	3.2	26.9	221.9	8.0	114.0
1993	12.3	147.9	234.0	72.4	60.7	2.8	4.9	0.0	85.0	111.9	118.7	91.8
1994	164.4	66.0	82.8	122.1	12.6	5.5	8.2	12.4	34.9	171.7	106.6	133.9
1995	95.6	120.3	121.5	209.0	95.3	20.7	1.1	13.5	63.6	154.7	95.6	39.4
1996	107.7	172.3	133.4	130.3	67.3	40.3	11.7	10.1	59.3	124.7	37.7	50.6

ESTACION: LA ENCAÑADA												
ESTE: 795824							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9212282							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 2862 m.s.n.m.							DISTRITO: LA ENCAÑADA					
1997	110.3	120.5	245.9	111.8	7.9	32.3	9.2	19.1	43.2	83.4	122.6	101.2
1998	102.1	196.0	223.3	181.7	71.5	6.2	0.5	8.4	36.3	132.7	40.4	86.6
1999	115.3	294.8	108.7	99.7	102.8	62.9	11.0	9.3	132.8	30.3	125.3	143.4
2000	46.9	155.9	184.7	106.7	89.7	18.2	0.9	20.0	88.1	4.7	50.4	117.4
2001	238.0	72.4	203.8	105.1	60.7	0.5	2.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4
2002	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	28.8	159.2	127.9	113.3
2003	33.1	80.6	145.5	93.0	37.8	38.3	0.0	9.9	41.9	93.8	124.4	85.0
2004	95.4	72.5	54.6	91.1	39.8	5.8	21.7	0.5	44.2	173.2	108.5	171.2
2005	119.6	107.1	260.8	51.2	42.0	12.4	1.2	7.0	13.4	205.5	38.2	145.4
2006	74.6	134.7	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7
2007	93.1	44.8	259.4	140.5	70.9	0.0	9.4	5.3	26.4	133.1	127.5	92.9
2008	104.1	149.0	175.9	151.5	44.0	15.2	9.2	22.6	53.7	140.9	119.7	37.7
2009	222.7	70.9	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90.0	115.3	66.6
2010	70.0	94.8	184.3	123.0	39.8	11.8	7.7	0.0	35.7	100.0	98.9	94.0
2011	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0.0	51.2	52.1	93.8	149.5
2012	166.1	101.5	108.0	108.3	59.7	10.6	0.0	7.7	1.5	169.6	152.8	56.0
2013	72.7	96.9	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0.0	157.0	39.5	106.9
2014	90.3	138.9	175.4	95.3	79.8	0.0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	135.9
2015	188.3	71.4	260.7	70.4	104.1	3.3	5.3	0.0	3.0	27.8	170.5	23.2
2016	138.7	95.2	123.7	72.3	3.2	23.1	0.8	0.6	61.7	85.1	8.2	201.9
2017	109.1	109.9	275.8	116.1	69.6	18.4	3.2	27.7	13.8	103.3	41.6	130.8
MEDIA	105.0	119.3	184.1	104.9	58.9	18.3	6.4	8.8	41.0	112.6	91.2	105.3
DESV. EST	56.1	55.4	58.7	34.2	30.4	14.5	5.4	7.1	28.6	52.5	45.0	42.2

Tabla 42. Precipitaciones completadas de la estación Quebrada Shugar

ESTACION: QUEBRADA SHUGAR												
ESTE: 781091							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9259271							PROVINCIA: HUALGAYOC					
COTA: 3292 m.s.n.m.							DISTRITO: BAMBAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	113.8	80.4	103.8	65.7	41.8	47.2	8.6	5.3	55.5	147.4	100.2	94.4
1969	125.4	84.9	146.9	85.0	84.6	8.0	55.8	30.8	49.5	118.1	56.6	100.8
1970	248.3	138.2	165.9	61.3	29.0	23.7	2.0	43.9	60.1	47.8	88.8	45.6
1971	75.2	45.3	117.7	91.7	75.1	25.0	22.8	29.5	66.9	60.2	93.3	99.6
1972	88.9	111.2	115.4	54.3	136.3	29.2	13.4	7.3	51.2	126.9	104.9	187.1
1973	18.3	177.4	81.5	129.6	68.2	47.1	58.1	51.4	21.4	49.3	152.1	147.1
1974	150.5	146.4	121.8	54.3	60.9	53.3	12.1	12.6	73.6	149.0	57.4	91.6
1975	122.4	222.7	162.9	88.5	116.1	36.0	0.0	13.5	68.2	47.3	69.4	81.9
1976	142.1	40.4	85.6	145.7	12.0	68.0	28.5	7.1	48.5	93.7	35.6	79.8
1977	22.7	78.8	98.3	4.1	47.8	33.8	20.0	63.8	45.4	92.2	48.4	156.5
1978	74.7	85.9	55.9	88.3	61.5	5.8	56.7	1.2	56.5	54.4	105.8	125.3
1979	76.8	99.4	268.5	98.7	44.6	2.6	34.4	48.9	78.1	20.3	58.7	54.8
1980	87.9	82.2	137.5	40.0	31.3	17.6	21.0	11.2	9.5	204.5	214.6	72.3
1981	80.7	195.0	162.6	106.5	77.7	51.8	21.4	96.9	44.5	164.7	85.9	102.0
1982	85.1	95.8	93.3	105.2	129.0	106.2	32.4	0.0	123.7	186.4	119.9	171.5
1983	214.5	37.8	207.0	125.7	49.9	29.2	23.1	26.2	62.7	82.8	100.7	161.9

ESTACION: QUEBRADA SHUGAR												
ESTE: 781091							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9259271							PROVINCIA: HUALGAYOC					
COTA: 3292 m.s.n.m.							DISTRITO: BAMBAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1984	50.7	249.9	152.6	87.0	95.6	26.9	41.8	33.7	68.8	154.6	72.1	59.2
1985	43.6	64.6	76.8	47.0	32.7	10.7	20.7	18.7	66.1	15.5	47.2	95.9
1986	115.0	99.9	115.6	84.9	46.7	0.0	3.5	40.7	60.1	31.1	69.9	94.3
1987	123.1	115.7	90.0	66.4	26.9	14.4	82.4	0.9	50.4	16.8	126.2	98.1
1988	108.8	172.3	77.2	69.7	30.0	0.0	0.0	0.0	47.9	62.1	118.9	66.1
1989	126.9	98.5	131.1	82.5	7.9	16.0	8.7	0.0	59.5	99.6	56.5	30.8
1990	33.9	24.0	9.3	70.9	49.1	34.6	4.9	6.4	26.6	94.6	98.4	61.3
1991	76.4	67.3	54.1	109.3	17.6	7.4	21.6	0.0	36.4	31.5	55.0	120.2
1992	57.0	61.3	108.1	81.1	22.6	62.2	15.3	33.2	91.8	88.5	53.7	70.6
1993	92.3	55.7	97.5	102.0	76.4	6.5	0.0	22.6	27.2	75.8	81.6	85.1
1994	76.7	88.9	78.2	71.2	27.2	21.9	1.2	2.9	46.7	48.1	63.9	104.4
1995	60.5	43.2	77.6	25.8	61.7	28.1	26.7	0.0	22.8	93.1	88.3	150.9
1996	92.4	135.9	115.6	66.3	28.3	10.3	3.0	17.9	23.5	87.9	26.2	14.9
1997	59.5	44.8	67.7	134.9	24.0	24.6	0.0	14.9	35.2	48.5	96.8	114.5
1998	69.0	100.9	146.0	98.7	48.7	2.6	0.0	4.3	56.8	209.1	73.4	73.4
1999	136.7	284.0	60.5	40.2	82.6	104.5	8.2	5.5	90.9	27.9	145.7	124.0
2000	56.7	181.6	196.3	86.3	94.4	75.9	27.8	6.7	66.3	24.7	122.9	141.5
2001	196.0	65.3	260.5	43.0	52.9	4.5	4.6	0.3	51.2	100.1	150.8	126.7
2002	61.5	136.7	197.6	165.0	68.1	2.8	36.6	0.3	39.3	133.5	154.1	174.6
2003	136.8	152.7	107.7	125.1	49.4	41.6	1.3	41.3	79.1	94.3	115.9	106.8
2004	65.9	80.1	103.5	74.6	67.1	34.8	45.7	20.3	21.2	148.3	148.9	129.0
2005	63.5	144.9	174.5	141.2	11.0	2.9	6.1	3.5	37.1	161.6	56.8	138.9
2006	156.0	130.5	289.2	56.1	10.4	33.7	28.9	3.1	46.4	116.8	112.7	165.4
2007	189.1	55.1	187.8	149.3	29.0	2.3	23.1	38.2	37.0	121.4	151.0	71.9
2008	185.1	249.8	182.7	105.5	69.7	17.0	3.2	27.0	87.5	151.1	98.6	40.4
2009	290.6	141.7	144.1	131.7	91.1	35.1	18.7	6.0	52.2	134.4	156.2	152.6
2010	98.2	116.4	134.5	68.8	71.1	41.0	28.1	3.4	41.5	50.0	104.2	83.6
2011	116.6	63.2	225.2	137.9	51.9	17.9	19.7	8.0	80.1	70.2	91.7	187.5
2012	202.7	208.9	127.6	113.0	38.9	11.1	0.5	8.7	18.2	95.5	145.6	139.1
2013	133.0	108.4	303.5	109.7	102.0	6.8	17.0	67.3	7.6	135.0	20.3	168.6
2014	159.8	114.6	268.9	71.1	98.8	3.4	13.1	10.1	48.8	43.2	77.7	117.3
2015	163.8	95.9	194.9	84.7	104.4	12.2	10.6	29.4	8.9	49.8	88.4	135.9
2016	93.2	120.8	86.6	35.6	18.5	19.8	6.9	9.2	60.8	88.2	54.9	99.7
2017	192.8	94.3	240.1	113.5	81.7	35.5	3.2	48.5	50.1	111.2	81.2	89.8
MEDIA	112.2	113.8	140.2	87.9	57.1	27.1	18.9	19.7	51.2	93.2	94.0	108.1
DESV. EST	58.6	59.4	66.8	34.9	32.1	24.6	18.1	21.2	23.4	50.3	39.8	41.8

Tabla 43. Precipitaciones completadas de la estación Celendín

ESTACION: CELENDIN												
ESTE: 818506							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9240309							PROVINCIA: CELENDIN					
COTA: 2470 m.s.n.m.							DISTRITO: CELENDIN					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	118.4	163.0	144.7	50.1	12.2	15.3	10.4	7.8	3.6	180.4	110.1	140.5
1969	73.4	149.0	266.0	90.9	38.2	24.7	8.4	12.9	2.5	151.7	143.4	175.1
1970	169.0	136.3	80.9	158.3	81.3	0.0	9.2	0.0	60.2	187.2	156.3	58.4
1971	227.5	137.7	204.8	110.4	50.7	4.9	0.7	2.2	29.5	120.1	198.5	102.2
1972	100.7	205.6	277.0	56.7	16.5	36.8	12.1	19.5	30.5	128.1	63.6	219.5
1973	177.1	97.8	200.8	142.0	70.8	12.9	15.9	6.6	44.5	192.1	145.6	131.7
1974	4.9	70.4	270.3	73.8	27.3	3.0	10.6	1.2	6.3	162.1	127.2	95.2
1975	43.4	16.9	124.0	78.9	30.6	13.3	7.9	6.8	4.4	77.3	103.5	133.3
1976	140.6	217.5	207.9	99.1	43.5	1.0	16.1	0.1	32.5	243.7	172.2	88.1
1977	96.5	142.2	71.4	45.5	9.3	0.0	0.0	0.0	51.5	35.1	98.3	67.4
1978	208.0	44.2	176.5	76.6	29.1	19.6	5.7	10.2	8.8	166.5	102.0	156.2
1979	159.0	80.7	137.1	115.0	53.7	0.0	3.7	0.0	34.7	108.4	142.9	52.6
1980	98.1	185.2	269.3	75.7	28.6	36.6	6.9	19.4	42.9	93.7	47.6	219.0
1981	58.3	130.0	135.6	168.1	87.5	2.6	2.3	1.0	42.3	76.6	142.0	93.7
1982	227.6	218.6	119.9	139.4	69.2	0.0	0.0	0.0	57.6	125.1	114.3	74.4
1983	149.7	159.8	141.4	47.7	10.7	10.7	1.2	5.4	25.7	110.5	169.5	123.8
1984	53.1	104.2	27.9	151.1	76.7	24.4	0.0	12.8	115.6	98.8	80.7	174.1
1985	129.2	81.7	339.3	111.6	51.4	0.0	7.7	0.0	0.9	37.1	57.5	49.5
1986	171.3	37.9	148.0	144.9	72.7	4.6	18.0	2.1	34.5	153.7	77.6	101.4
1987	114.2	153.8	94.9	81.7	32.4	7.2	0.0	3.5	81.7	72.2	106.6	110.7
1988	120.3	160.3	213.5	62.5	20.1	31.0	3.1	16.4	11.8	188.3	138.6	198.4
1989	60.9	53.1	170.3	164.2	85.0	13.5	18.9	6.9	74.0	206.8	144.8	134.1
1990	63.1	128.4	113.1	55.1	15.4	42.0	0.0	22.3	38.4	163.6	104.3	238.5
1991	119.9	138.8	378.2	131.4	64.1	7.4	12.0	3.6	95.7	155.7	100.0	111.5
1992	175.4	85.4	192.4	13.2	-11.3	44.1	12.6	23.4	11.3	101.4	133.3	246.5
1993	161.5	173.6	318.0	113.9	52.9	12.4	9.2	6.3	55.7	78.3	90.2	129.8
1994	48.9	105.2	208.6	78.7	30.5	29.6	12.4	15.6	26.9	74.6	33.3	193.3
1995	163.7	106.8	212.2	70.0	24.9	24.7	5.6	12.9	18.6	151.8	21.7	175.2
1996	83.4	155.8	193.1	74.5	28.0	0.0	0.5	0.0	24.4	176.3	62.6	17.2
1997	51.9	109.2	74.2	168.1	15.9	11.2	0.0	0.0	33.5	89.2	119.4	154.1
1998	74.4	156.1	242.4	169.5	49.3	0.0	0.7	0.0	18.3	174.3	91.8	44.8
1999	177.5	319.1	100.4	13.0	54.1	49.2	5.8	6.6	107.8	53.6	130.2	241.9
2000	107.7	224.0	220.6	112.4	45.0	54.8	1.9	9.8	60.7	5.7	53.4	160.4
2001	249.5	134.9	445.0	50.6	39.6	1.3	5.4	0.0	32.2	104.3	162.2	97.0
2002	57.9	90.5	289.1	172.6	27.9	1.9	29.3	0.0	2.0	208.6	122.0	151.8
2003	48.7	71.1	158.6	92.7	27.3	21.2	1.7	0.9	39.5	80.9	95.8	116.4
2004	51.3	63.5	101.7	106.6	32.9	0.0	20.5	2.5	50.3	94.4	225.4	143.2
2005	79.3	103.4	236.5	69.3	16.5	0.0	0.0	0.0	39.0	250.3	26.6	166.7
2006	98.5	136.1	349.8	62.4	3.4	11.8	9.1	3.9	66.3	118.3	123.1	144.6
2007	91.6	17.6	275.8	122.2	27.6	3.0	6.0	9.9	20.0	215.3	152.9	123.2
2008	98.5	180.2	98.8	98.7	48.5	28.0	11.0	21.0	21.0	132.0	142.5	38.8
2009	212.1	75.9	223.5	150.9	71.4	5.8	6.1	0.0	38.2	98.7	139.5	116.0
2010	84.7	200.4	176.3	61.8	69.9	2.8	18.7	3.9	39.0	60.4	123.0	135.1
2011	95.8	93.5	199.7	115.7	27.2	1.3	17.7	4.8	40.5	95.3	113.5	173.6
2012	217.7	115.6	127.2	100.0	42.7	3.4	4.3	1.7	0.3	142.0	208.1	79.7

ESTACION: CELENDIN												
ESTE: 818506							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9240309							PROVINCIA: CELENDIN					
COTA: 2470 m.s.n.m.							DISTRITO: CELENDIN					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	76.6	58.9	167.1	66.7	63.0	21.1	16.5	33.2	4.7	162.9	24.3	129.4
2014	78.1	136.7	166.6	84.0	126.8	1.3	0.3	4.4	33.2	70.0	62.2	79.2
2015	179.2	25.2	235.6	114.8	77.3	5.5	3.1	0.0	0.6	35.7	96.9	44.3
2016	100.3	169.8	130.8	42.9	6.7	2.1	1.8	2.0	30.6	134.0	19.4	213.6
2017	241.5	92.9	300.2	170.7	81.1	16.1	1.2	16.9	20.7	100.0	75.2	172.0
MEDIA	119.8	124.3	195.1	98.5	43.1	13.3	7.4	6.8	35.3	124.9	109.9	130.7
DESV. EST	60.5	60.0	86.4	42.7	27.2	14.7	6.9	7.9	27.1	56.0	47.9	56.6

Tabla 44. Precipitaciones completadas de la estación Maqui Maqui

ESTACION: MAQUI MAQUI												
ESTE: 780019							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9228957							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 4024 m.s.n.m.							DISTRITO: CAJAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	233.2	137.4	242.0	89.6	50.1	3.4	17.2	10.3	54.3	202.0	214.7	127.1
1969	40.0	135.9	228.3	144.8	64.1	25.1	10.5	32.5	29.1	238.9	93.6	232.6
1970	14.1	260.8	215.8	161.5	101.5	22.2	5.4	9.4	82.6	209.0	35.9	89.0
1971	191.1	194.5	217.2	82.2	71.9	22.7	13.7	2.2	115.2	166.1	133.2	202.9
1972	149.1	169.7	283.8	130.6	162.6	10.2	45.4	12.1	44.3	18.5	233.7	237.5
1973	137.6	225.2	177.9	159.1	100.1	33.6	28.1	8.4	87.1	168.0	165.7	206.9
1974	177.6	180.0	151.1	48.1	71.2	108.4	18.0	28.7	53.4	90.5	403.5	122.6
1975	211.7	239.0	98.5	160.4	25.1	30.9	4.4	23.5	12.3	259.4	167.3	173.8
1976	220.1	215.2	295.5	116.5	102.9	99.7	2.0	17.6	66.6	169.5	198.4	122.2
1977	271.4	194.9	221.5	130.3	149.7	33.9	36.7	29.1	42.0	15.4	157.6	187.5
1978	108.0	183.3	125.3	84.5	73.6	37.0	18.6	17.7	104.3	161.9	170.9	214.8
1979	102.8	211.6	161.2	102.9	82.5	24.8	29.5	44.9	76.9	187.2	258.7	193.9
1980	131.0	220.0	263.8	109.7	106.5	28.2	14.0	34.1	42.9	69.1	124.7	247.2
1981	224.6	137.9	209.6	116.1	86.2	131.3	16.1	27.9	20.7	58.5	93.4	112.0
1982	76.3	165.0	296.6	83.3	67.8	34.9	33.1	24.7	115.3	176.4	113.3	172.7
1983	198.4	168.2	238.9	58.2	88.4	36.7	32.2	7.6	71.7	31.9	103.3	165.1
1984	206.7	193.7	184.3	100.8	33.9	33.4	3.0	4.2	17.8	143.3	205.1	152.6
1985	88.8	239.2	162.1	71.8	87.5	70.5	15.5	10.6	60.3	240.7	89.7	245.0
1986	152.0	158.6	119.2	201.1	83.1	55.7	11.2	10.9	83.8	110.3	166.9	142.9
1987	70.3	158.0	232.9	134.6	96.1	4.6	24.7	72.4	51.9	163.2	260.1	193.1
1988	200.8	243.0	239.3	108.8	107.7	4.8	9.3	15.6	55.3	79.2	160.7	262.2
1989	61.1	162.3	134.1	188.1	57.2	5.5	30.4	24.8	22.1	164.8	224.5	139.9
1990	130.2	150.8	208.0	146.4	61.9	47.7	29.2	23.7	23.3	67.9	165.0	144.9
1991	89.6	220.2	218.3	132.7	7.7	63.3	3.3	27.3	55.1	146.5	256.9	126.1
1992	126.2	150.2	165.8	60.6	63.1	92.1	22.6	12.3	86.1	258.6	150.2	131.8
1993	218.2	141.1	252.4	210.3	93.8	68.5	16.0	30.3	78.4	115.5	223.9	164.9
1994	127.0	151.1	185.3	124.8	17.3	70.4	26.2	17.1	15.4	162.0	135.4	109.1
1995	20.6	145.0	154.6	64.5	72.5	14.2	3.9	3.6	22.2	70.4	156.2	168.9
1996	79.0	155.2	184.9	97.8	55.1	22.9	2.8	10.4	44.1	146.3	55.4	83.3
1997	94.2	125.2	74.9	63.5	25.1	9.4	6.1	2.3	25.9	89.7	136.4	118.6
1998	57.4	192.5	161.0	119.4	93.4	5.6	0.4	1.6	18.0	155.4	160.8	47.4

ESTACION: MAQUIMAQUI												
ESTE: 780019							DEPARTAMENTO: CAJAMARCA					
NORTE: 9228957							PROVINCIA: CAJAMARCA					
COTA: 4024 m.s.n.m.							DISTRITO: CAJAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	162.4	315.2	137.4	69.6	101.4	93.2	17.0	7.2	123.6	58.0	110.2	238.0
2000	86.4	226.2	196.2	97.6	68.4	26.4	5.0	35.8	136.4	9.6	55.2	147.8
2001	243.2	148.8	257.4	99.6	65.4	6.6	12.8	3.4	72.0	124.6	170.4	193.6
2002	77.4	136.7	232.4	205.4	57.6	36.2	39.0	22.3	63.8	235.3	167.1	248.1
2003	121.0	131.2	144.7	47.0	29.1	164.8	23.5	23.5	33.5	38.6	43.5	150.1
2004	124.6	93.0	140.5	97.8	42.6	26.9	43.1	28.3	80.2	146.9	225.8	243.5
2005	147.5	173.9	379.4	154.8	52.4	38.0	31.3	38.4	59.4	342.5	100.5	272.7
2006	91.4	257.3	270.8	122.4	21.6	58.7	9.7	22.6	33.0	140.0	168.9	276.6
2007	120.1	72.4	236.2	137.4	67.3	6.3	51.0	37.1	33.2	234.0	194.8	108.2
2008	145.3	250.9	167.9	102.9	87.4	29.0	16.3	41.4	91.4	154.2	134.6	128.7
2009	263.7	173.7	256.3	198.4	134.6	74.4	24.9	29.4	45.2	182.1	200.4	176.2
2010	74.7	147.6	241.3	113.3	109.7	22.1	16.8	4.6	27.7	119.6	267.7	198.1
2011	118.6	193.3	277.6	222.3	28.9	17.8	22.9	13.7	98.0	92.2	168.4	192.3
2012	367.0	296.4	134.9	116.8	52.3	16.0	2.5	10.7	3.8	217.9	311.4	71.3
2013	96.8	144.0	172.7	76.5	162.6	9.9	26.7	43.9	12.2	149.1	80.0	161.0
2014	90.4	177.0	219.7	63.8	80.8	13.0	3.3	9.7	42.6	73.2	137.8	202.2
2015	308.5	131.1	239.0	110.0	124.5	9.9	11.1	12.9	47.0	52.3	140.7	157.4
2016	186.7	164.8	167.8	99.4	21.9	7.6	13.3	13.7	75.2	112.7	89.0	156.9
2017	173.5	146.0	96.6	50.3	58.4	30.7	5.1	16.3	48.7	232.4	154.5	165.1
MEDIA	144.2	180.1	201.5	115.8	74.5	38.8	18.1	20.3	56.1	141.0	162.7	170.5
DESV. EST	74.3	49.0	60.3	44.8	36.2	35.3	12.6	14.1	32.0	73.5	70.4	54.1

Para la completación de datos faltantes se tomó como estaciones base a las estaciones: A. Weberbauer y La Encañada.

El método que se utilizó para la completación de datos faltantes es el método de regresión lineal simple.

A.4. Análisis visual de las estaciones en estudio.

Tabla 45. Análisis visual de la estación índice Augusto Weberbauer

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1998	103.0	116.5	257.0	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9	765.2
1999	94.8	242.7	69.5	65.0	53.7	22.8	22.1	1.2	81.4	21.7	77.0	68.8	820.7
2000	46.0	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3	716.8
2001	191.2	100.8	230.2	57.2	48.1	2.3	13.9	0.0	34.4	46.2	93.4	90.9	908.6
2002	27.0	60.0	133.1	77.2	23.0	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1	634.1
2003	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7	528.9
2004	36.1	102.0	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19.0	63.4	92.6	123.7	625.9
2005	84.9	53.7	136.6	54.0	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30.0	87.8	586.3
2006	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7	689.6
2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	117.2	97.6	68.8	749.5
2008	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	96.5	72.2	82.9	769.4

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2009	180.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2	794.8
2010	49.5	112.9	154.0	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	28.9	43.4	52.5	70.8	644.5
2011	76.6	73.3	125.2	102.0	16.7	0.4	8.3	0.0	47.1	31.5	24.4	109.7	615.2
2012	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.2	0.0	2.5	19.1	83.2	120.3	58.3	823.2
2013	61.5	98.0	213.3	73.8	85.6	7.5	5.7	21.5	3.7	56.2	71.3	82.9	781.0
2014	75.7	68.0	134.2	78.8	26.9	5.0	2.0	3.9	27.7	26.5	45.7	114.9	609.3
2015	184.7	55.4	202.2	63.0	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5	772.3

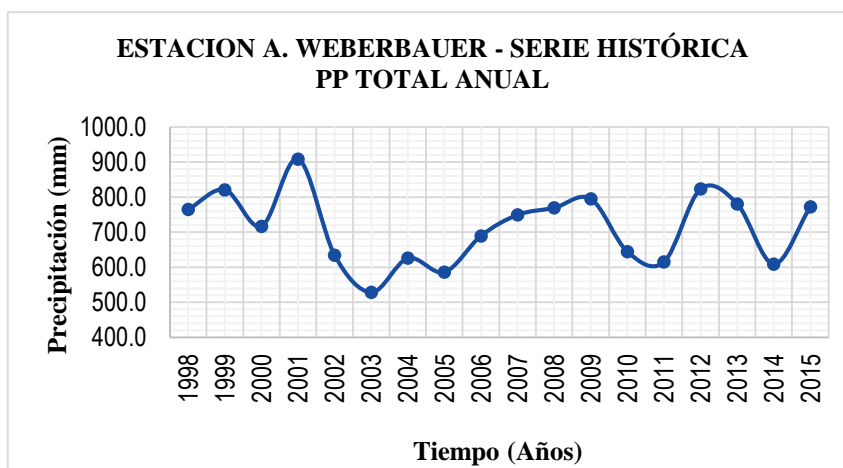


Figura 22. Precipitación total anual - A. Weberbauer

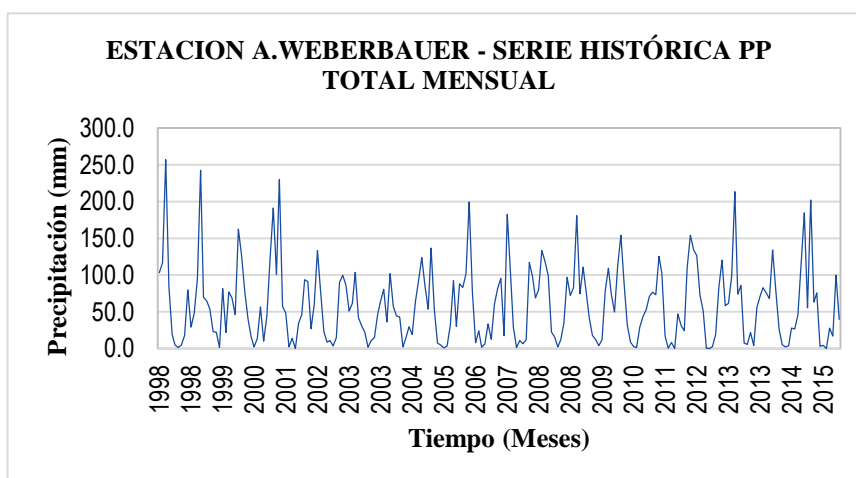


Figura 23. Precipitación total mensual - A. Weberbauer

Tabla 46. Análisis visual de la estación índice La Encañada

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1998	102.1	196.0	223.3	181.7	71.5	6.2	0.5	8.4	36.3	132.7	40.4	86.6	1085.7
1999	115.3	294.8	108.7	99.7	102.8	62.9	11.0	9.3	132.8	30.3	125.3	143.4	1236.3
2000	46.9	155.9	184.7	106.7	89.7	18.2	0.9	20.0	88.1	4.7	50.4	117.4	883.6
2001	238.0	72.4	203.8	105.1	60.7	0.5	2.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4	1032.4
2002	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	28.8	159.2	100.8	99.4	911.5
2003	33.1	80.6	145.5	93.0	37.8	38.3	0.0	9.9	41.9	93.8	124.4	85.0	783.3
2004	95.4	72.5	54.6	91.1	39.8	5.8	21.7	0.5	44.2	173.2	108.5	171.2	878.5
2005	119.6	107.1	260.8	51.2	42.0	12.4	1.2	7.0	13.4	205.5	38.2	145.4	1003.8

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2006	74.6	134.7	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7	1024.0
2007	93.1	44.8	259.4	140.5	70.9	0.0	9.4	5.3	26.4	133.1	127.5	92.9	1003.3
2008	104.1	149.0	175.9	151.5	44.0	15.2	9.2	22.6	53.7	140.9	119.7	37.7	1023.5
2009	222.7	70.9	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90.0	115.3	66.6	1017.8
2010	70.0	94.8	184.3	123.0	39.8	11.8	7.7	0.0	35.7	100.0	98.9	94.0	860.0
2011	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0.0	51.2	52.1	93.8	149.5	849.4
2012	166.1	101.5	108.0	108.3	59.7	10.6	0.0	7.7	1.5	169.6	152.8	56.0	941.8
2013	72.7	96.9	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0.0	157.0	39.5	106.9	843.2
2014	90.3	138.9	175.4	95.3	79.8	0.0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	135.9	952.6
2015	188.3	71.4	260.7	70.4	104.1	3.3	5.3	0.0	3.0	27.8	170.5	23.2	928.0

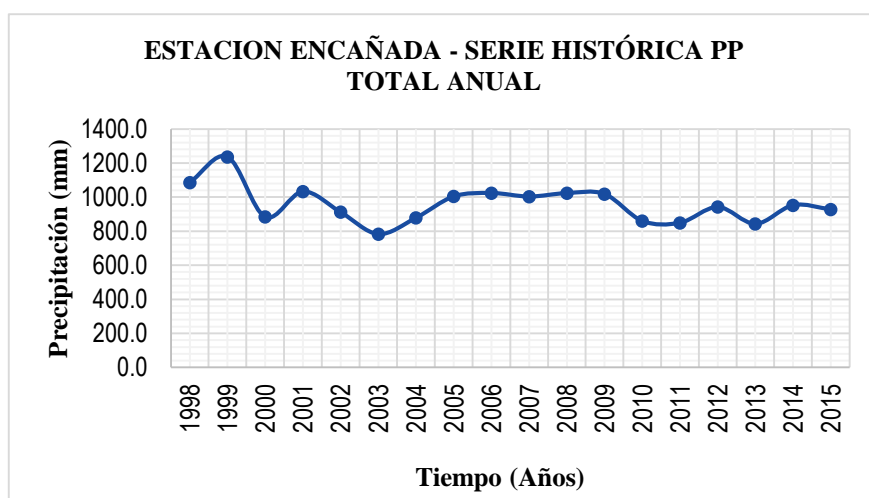


Figura 24. Precipitación total anual - Encañada

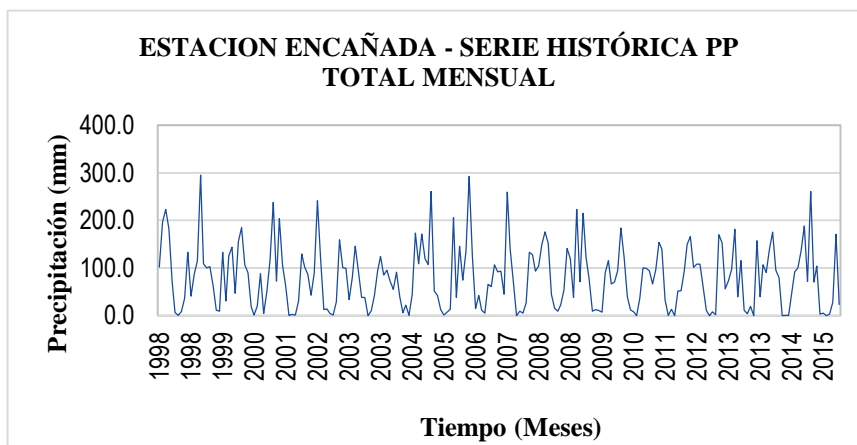


Figura 25. Precipitación total mensual - Encañada

Tabla 47. Análisis visual de la estación Quebrada Shugar

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1998	69.0	100.9	146.0	98.7	48.7	2.6	0.0	4.3	56.8	209.1	73.4	73.4	882.9
1999	136.7	284.0	60.5	40.2	82.6	104.5	8.2	5.5	90.9	27.9	145.7	124.0	1110.7
2000	56.7	181.6	196.3	86.3	94.4	75.9	27.8	6.7	66.3	24.7	122.9	141.5	1081.1
2001	196.0	65.3	260.5	43.0	52.9	4.5	4.6	0.3	51.2	100.1	150.8	126.7	1055.9

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2002	61.5	136.7	197.6	165.0	68.1	2.8	36.6	0.3	39.3	133.5	154.1	174.6	1170.1
2003	136.8	152.7	107.7	125.1	49.4	41.6	1.3	41.3	79.1	94.3	115.9	106.8	1052.0
2004	65.9	80.1	103.5	74.6	67.1	34.8	45.7	20.3	21.2	148.3	148.9	129.0	939.4
2005	63.5	144.9	174.5	141.2	11.0	2.9	6.1	3.5	37.1	161.6	56.8	138.9	942.0
2006	156.0	130.5	289.2	56.1	10.4	33.7	28.9	3.1	46.4	116.8	112.7	165.4	1149.2
2007	189.1	55.1	187.8	149.3	29.0	2.3	23.1	38.2	37.0	121.4	151.0	71.9	1055.2
2008	185.1	249.8	182.7	105.5	69.7	17.0	3.2	27.0	87.5	151.1	98.6	40.4	1217.6
2009	290.6	141.7	144.1	131.7	91.1	35.1	18.7	6.0	52.2	134.4	156.2	152.6	1354.4
2010	98.2	116.4	134.5	68.8	71.1	41.0	28.1	3.4	41.5	50.0	104.2	83.6	840.8
2011	116.6	63.2	225.2	137.9	51.9	17.9	19.7	8.0	80.1	70.2	91.7	187.5	1069.9
2012	202.7	208.9	127.6	113.0	38.9	11.1	0.5	8.7	18.2	95.5	145.6	139.1	1109.8
2013	133.0	108.4	303.5	109.7	102.0	6.8	17.0	67.3	7.6	135.0	20.3	168.6	1179.2
2014	159.8	114.6	268.9	71.1	98.8	3.4	13.1	10.1	48.8	43.2	77.7	117.3	1026.8
2015	163.8	95.9	194.9	84.7	104.4	12.2	10.6	29.4	8.9	49.8	88.4	135.9	978.9

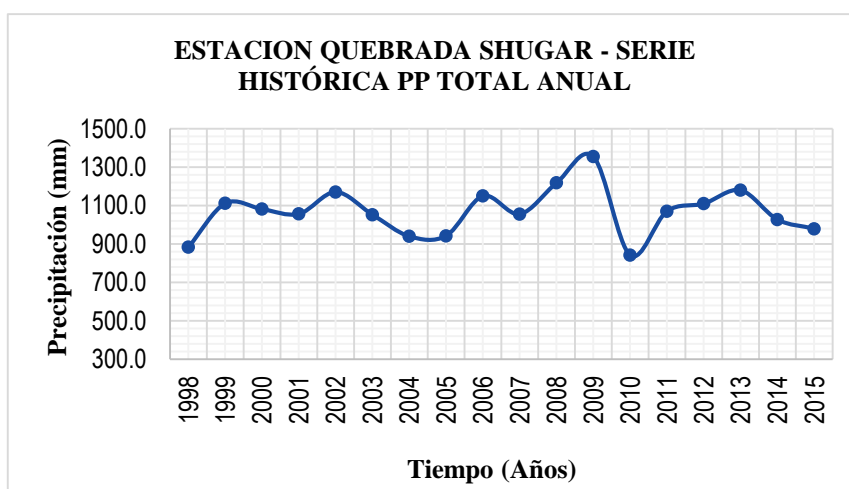


Figura 26. Precipitación total anual – Quebrada Shugar

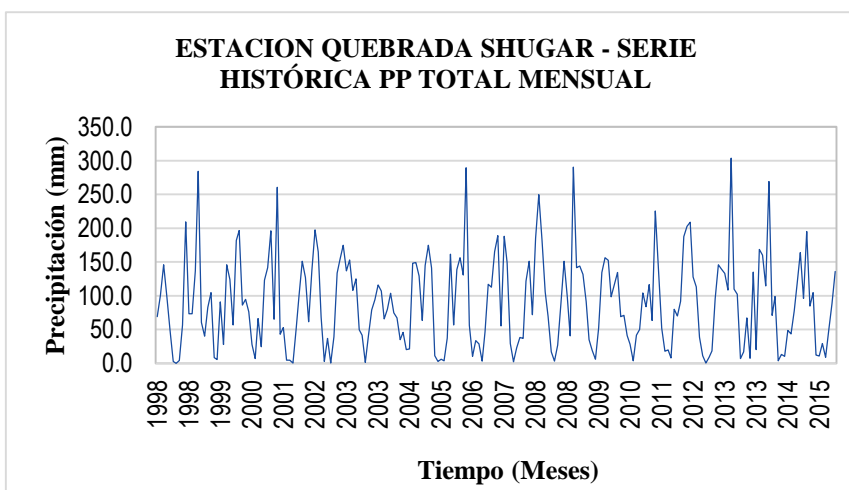


Figura 27. Precipitación total mensual – Quebrada Shugar

Tabla 48. Análisis visual de la estación Celendín

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1998	74.4	156.1	242.4	169.5	49.3	0.0	0.7	0.0	18.3	174.3	91.8	44.8	1021.6
1999	177.5	319.1	100.4	13.0	54.1	49.2	5.8	6.6	107.8	53.6	130.2	241.9	1259.2
2000	107.7	224.0	220.6	112.4	45.0	54.8	1.9	9.8	60.7	5.7	53.4	160.4	1056.4
2001	249.5	134.9	445.0	50.6	39.6	1.3	5.4	0.0	32.2	104.3	162.2	97.0	1322.0
2002	57.9	90.5	289.1	172.6	27.9	1.9	29.3	0.0	2.0	208.6	122.0	151.8	1153.6
2003	48.7	71.1	158.6	92.7	27.3	21.2	1.7	0.9	39.5	80.9	95.8	116.4	754.8
2004	51.3	63.5	101.7	106.6	32.9	0.0	20.5	2.5	50.3	94.4	225.4	143.2	892.3
2005	79.3	103.4	236.5	69.3	16.5	0.0	0.0	0.0	39.0	250.3	26.6	166.7	987.6
2006	98.5	136.1	349.8	62.4	3.4	11.8	9.1	3.9	66.3	118.3	123.1	144.6	1127.3
2007	91.6	17.6	275.8	122.2	27.6	3.0	6.0	9.9	20.0	215.3	152.9	123.2	1065.1
2008	98.5	180.2	98.8	98.7	48.5	28.0	11.0	21.0	21.0	132.0	142.5	38.8	919.0
2009	212.1	75.9	223.5	150.9	71.4	5.8	6.1	0.0	38.2	98.7	139.5	116.0	1138.1
2010	84.7	200.4	176.3	61.8	69.9	2.8	18.7	3.9	39.0	60.4	123.0	135.1	976.0
2011	116.7	124.1	212.6	97.0	48.4	1.3	17.7	4.8	40.5	95.3	113.5	173.6	1045.5
2012	217.7	115.6	127.2	100.0	42.7	3.4	9.0	1.7	0.3	142.0	208.1	79.7	1047.4
2013	76.6	58.9	167.1	66.7	63.0	21.1	16.5	33.2	4.7	162.9	24.3	129.4	824.4
2014	78.1	136.7	166.6	84.0	126.8	1.3	0.3	4.4	33.2	70.0	62.2	79.2	842.8
2015	179.2	25.2	235.6	114.8	77.3	5.5	3.1	5.7	0.6	35.7	96.9	44.3	823.9

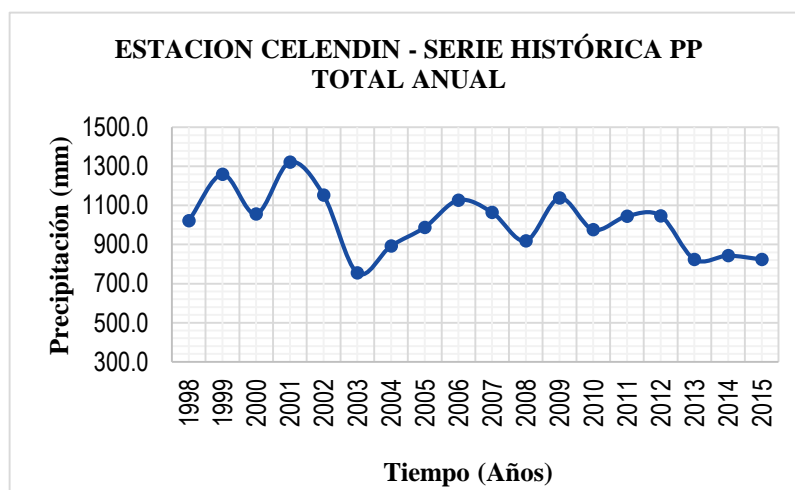


Figura 28. Precipitación total anual – Celendín

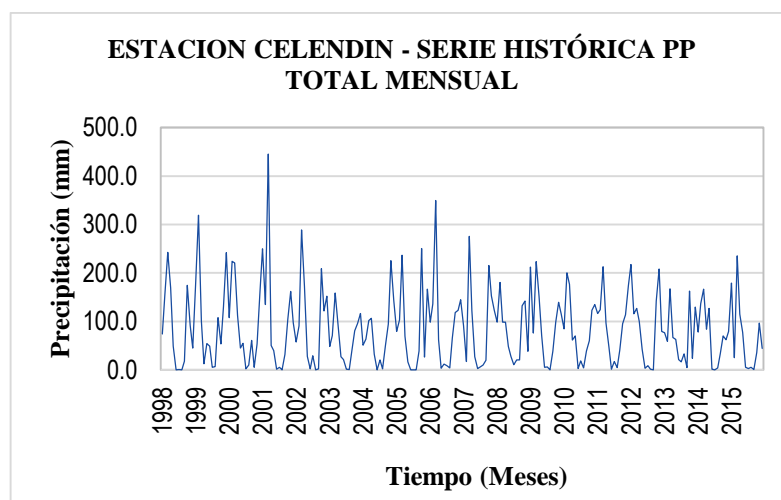


Figura 29. Precipitación total mensual – Quebrada Shugar

Tabla 49. Análisis visual de la estación Maqui Maqui

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1998	57.4	192.5	161.0	119.4	93.4	5.6	0.4	1.6	18.0	155.4	160.8	47.4	1012.9
1999	162.4	315.2	137.4	69.6	101.4	93.2	17.0	7.2	123.6	58.0	110.2	238.0	1433.2
2000	86.4	226.2	196.2	97.6	68.4	26.4	5.0	35.8	136.4	9.6	55.2	147.8	1091.0
2001	243.2	148.8	257.4	99.6	65.4	6.6	12.8	3.4	72.0	124.6	170.4	193.6	1397.8
2002	53.0	106.6	193.0	168.6	35.2	15.8	18.4	3.3	40.8	195.6	134.0	207.2	1171.5
2003	92.4	101.6	113.8	25.6	9.4	132.0	4.4	4.4	13.4	18.0	22.4	118.7	656.1
2004	95.7	67.1	110.0	71.5	21.6	7.4	22.1	8.7	55.6	115.8	187.0	203.0	965.5
2005	116.3	140.2	325.7	122.9	30.5	17.5	11.4	17.8	36.8	292.4	73.9	229.4	1414.8
2006	91.4	257.3	270.8	122.4	21.6	58.7	9.7	22.6	33.0	140.0	168.9	276.6	1472.8
2007	120.1	72.4	236.2	137.4	67.3	6.3	51.0	37.1	33.2	234.0	194.8	108.2	1298.1
2008	145.3	250.9	167.9	102.9	87.4	29.0	16.3	41.4	91.4	154.2	134.6	128.7	1349.9
2009	263.7	173.7	256.3	198.4	134.6	74.4	24.9	29.4	45.2	182.1	200.4	176.2	1759.3
2010	74.7	147.6	241.3	113.3	109.7	22.1	16.8	4.6	27.7	119.6	267.7	198.1	1343.1
2011	118.6	193.3	277.6	222.3	28.9	17.8	22.9	13.7	98.0	92.2	168.4	192.3	1445.8
2012	367.0	296.4	134.9	116.8	52.3	16.0	2.5	10.7	3.8	217.9	311.4	71.3	1601.0
2013	96.8	144.0	172.7	76.5	162.6	9.9	26.7	43.9	12.2	149.1	80.0	161.0	1135.4
2014	90.4	177.0	219.7	63.8	80.8	13.0	3.3	9.7	42.6	73.2	137.8	202.2	1113.5
2015	308.5	131.1	239.0	110.0	124.5	9.9	11.1	12.9	47.0	52.3	140.7	157.4	1344.4

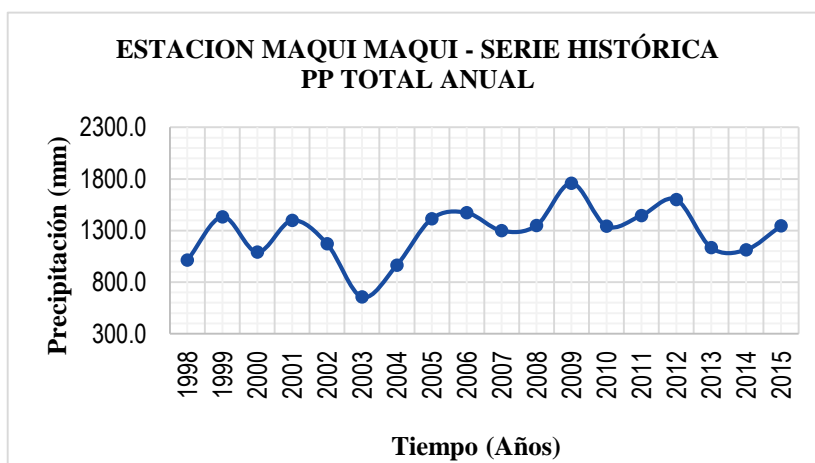


Figura 30. Precipitación total anual – Maqui Maqui

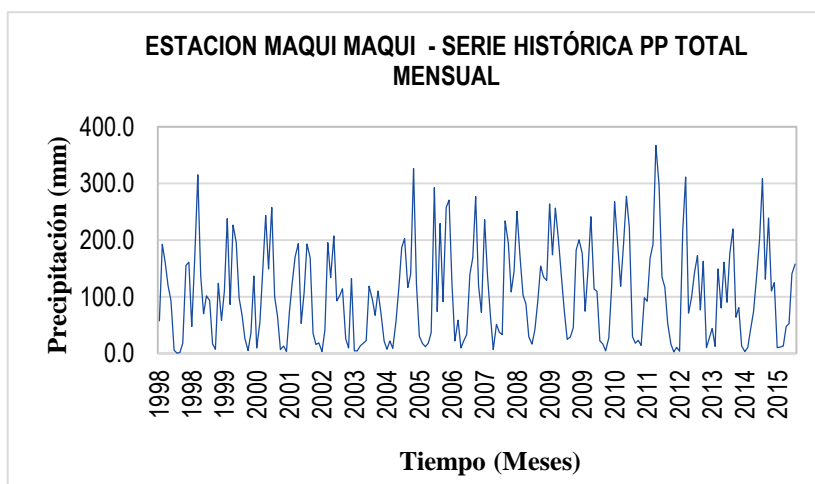


Figura 31. Precipitación total mensual – Maqui Maqui

A.5. Análisis de doble masa de las estaciones en estudio.

Tabla 50. Análisis de doble masa

AÑO	ACUMULAD O E. INDICE	QUEBRAD A SHUGAR	ACUMULAD O E. INDICE	CELENDIN	ACUMULAD O E. INDICE	MAQUI MAQUI
1998	925	883	925	1022	925	1012.9
1999	1954	1994	1954	2281	1954	2446.1
2000	2754	3075	2754	3337	2754	3537.1
2001	3725	4131	3725	4659	3725	4934.9
2002	4497	5301	4497	5813	4497	6106.4
2003	5154	6353	5154	6568	5154	6762.5
2004	5906	7292	5906	7460	5906	7728.0
2005	6701	8234	6701	8448	6701	9142.8
2006	7558	9383	7558	9575	7558	10615.6
2007	8434	10439	8434	10640	8434	11913.7
2008	9330	11656	9330	11559	9330	13263.6
2009	10237	13011	10237	12697	10237	15022.9
2010	10989	13851	10989	13673	10989	16365.9
2011	11721	14921	11721	14718	11721	17811.8
2012	12604	16031	12604	15766	12604	19412.8
2013	13416	17210	13416	16590	13416	20548.2
2014	14197	18237	14197	17433	14197	21661.7
2015	15047	19216	15047	18257	15047	23006.1

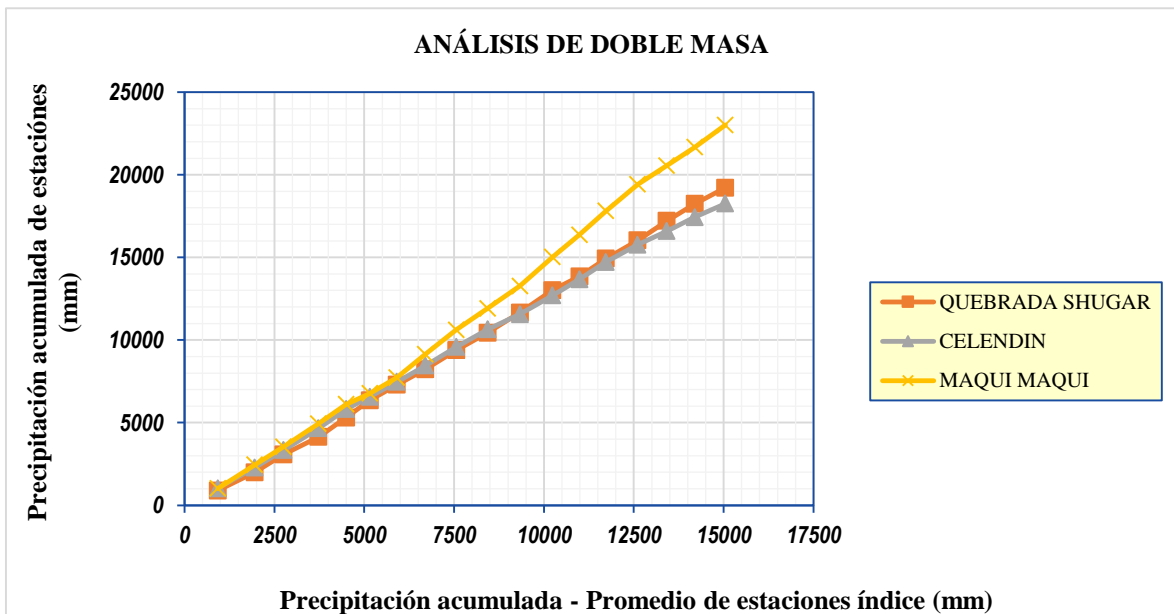


Figura 32. Análisis de doble masa de las estaciones en estudio

Se identificó saltos solo en la estación Maqui Maqui, para la cual se realizó el análisis de consistencia en la media, varianza y además el análisis de tendencias en la media y varianza. Periodo dudoso (2002-2005) y el periodo confiable (2005-2015).

A.6. Análisis de consistencia de la media y varianza.

Tabla 51. Periodo confiable de la estación Maqui Maqui

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2005	116.3	140.2	325.7	122.9	30.5	17.5	11.4	17.8	36.8	292.4	73.9	229.4
2006	91.4	257.3	270.8	122.4	21.6	58.7	9.7	22.6	33.0	140.0	168.9	276.6
2007	120.1	72.4	236.2	137.4	67.3	6.3	51.0	37.1	33.2	234.0	194.8	108.2
2008	145.3	250.9	167.9	102.9	87.4	29.0	16.3	41.4	91.4	154.2	134.6	128.7
2009	263.7	173.7	256.3	198.4	134.6	74.4	24.9	29.4	45.2	182.1	200.4	176.2
2010	74.7	147.6	241.3	113.3	109.7	22.1	16.8	4.6	27.7	119.6	267.7	198.1
2011	118.6	193.3	277.6	222.3	28.9	17.8	22.9	13.7	98.0	92.2	168.4	192.3
2012	367.0	296.4	134.9	116.8	52.3	16.0	2.5	10.7	3.8	217.9	311.4	71.3
2013	96.8	144.0	172.7	76.5	162.6	9.9	26.7	43.9	12.2	149.1	80.0	161.0
2014	90.4	177.0	219.7	63.8	80.8	13.0	3.3	9.7	42.6	73.2	137.8	202.2
2015	308.5	131.1	239.0	110.0	124.5	9.9	11.1	12.9	47.0	52.3	140.7	157.4

MEDIA	Xc	115.74
DESV. EST.	Sc	89.12
CONTEO	nc	132

Tabla 52. Periodo dudoso de la estación Maqui Maqui

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2002	53.0	106.6	193.0	168.6	35.2	15.8	18.4	3.3	40.8	195.6	134.0	207.2
2003	92.4	101.6	113.8	25.6	9.4	132.0	4.4	4.4	13.4	18.0	22.4	118.7
2004	95.7	67.1	110.0	71.5	21.6	7.4	22.1	8.7	55.6	115.8	187.0	203.0
2005	116.3	140.2	325.7	122.9	30.5	17.5	11.4	17.8	36.8	292.4	73.9	229.4

MEDIA	Xd	87.66
DESV. EST.	Sd	80.47
CONTEO	nd	48

Consistencia en la media

Sp	86.92
Sd	14.65
Tc	1.917
GDL	178
Tt	1.645
	Corregir

(Tabla)

Consistencia en la varianza

Fc	1,226
GLN	131
GLD	47
Ft	1.600
	No corregir

(Tabla)

Tabla 53. Periodo dudoso corregido de saltos en la media y varianza

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2002	77.4	136.7	232.4	205.4	57.6	36.2	39.0	22.3	63.8	235.3	167.1	248.1
2003	121.0	131.2	144.7	47.0	29.1	164.8	23.5	23.5	33.5	38.6	43.5	150.1
2004	124.6	93.0	140.5	97.8	42.6	26.9	43.1	28.3	80.2	146.9	225.8	243.5
2005	147.5	173.9	379.4	154.8	52.4	38.0	31.3	38.4	59.4	342.5	100.5	272.7

MEDIA	Xd	115.74
DESV. EST.	Sd	89.12
CONTEO	nd	48

Comprobación de la consistencia en la media y varianza

Sp	89.12
Sd	15.02
Tc	0.000
GDL	178
Tt	1.645
	No corregir

(Tabla)

Fc	1.000
GLN	47
GLD	131
Ft	1.470
	No corregir

(Tabla)

Tabla 54. Datos corregidos de saltos de la estación Maqui Maqui

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	57.4	192.5	161.0	119.4	93.4	5.6	0.4	1.6	18.0	155.4	160.8	47.4
1999	162.4	315.2	137.4	69.6	101.4	93.2	17.0	7.2	123.6	58.0	110.2	238.0
2000	86.4	226.2	196.2	97.6	68.4	26.4	5.0	35.8	136.4	9.6	55.2	147.8
2001	243.2	148.8	257.4	99.6	65.4	6.6	12.8	3.4	72.0	124.6	170.4	193.6
2002	77.4	136.7	232.4	205.4	57.6	36.2	39.0	22.3	63.8	235.3	167.1	248.1
2003	121.0	131.2	144.7	47.0	29.1	164.8	23.5	23.5	33.5	38.6	43.5	150.1
2004	124.6	93.0	140.5	97.8	42.6	26.9	43.1	28.3	80.2	146.9	225.8	243.5
2005	147.5	173.9	379.4	154.8	52.4	38.0	31.3	38.4	59.4	342.5	100.5	272.7
2006	91.4	257.3	270.8	122.4	21.6	58.7	9.7	22.6	33.0	140.0	168.9	276.6
2007	120.1	72.4	236.2	137.4	67.3	6.3	51.0	37.1	33.2	234.0	194.8	108.2
2008	145.3	250.9	167.9	102.9	87.4	29.0	16.3	41.4	91.4	154.2	134.6	128.7
2009	263.7	173.7	256.3	198.4	134.6	74.4	24.9	29.4	45.2	182.1	200.4	176.2
2010	74.7	147.6	241.3	113.3	109.7	22.1	16.8	4.6	27.7	119.6	267.7	198.1
2011	118.6	193.3	277.6	222.3	28.9	17.8	22.9	13.7	98.0	92.2	168.4	192.3
2012	367.0	296.4	134.9	116.8	52.3	16.0	2.5	10.7	3.8	217.9	311.4	71.3
2013	96.8	144.0	172.7	76.5	162.6	9.9	26.7	43.9	12.2	149.1	80.0	161.0
2014	90.4	177.0	219.7	63.8	80.8	13.0	3.3	9.7	42.6	73.2	137.8	202.2
2015	308.5	131.1	239.0	110.0	124.5	9.9	11.1	12.9	47.0	52.3	140.7	157.4

A.7. Análisis de tendencia de la media y varianza.

Tendencia en la media

$(t \times Tm,p,z)$	12377.3
t	108.5
Tm,p,z	112.7
$(t) \times (Tm,p,z)$	12233.3
St	62.5
STm	85.8
$R:$	0.0269
$n:$	216
$GDL:$	214
$Tc:$	0.39
$Tt:$	1.65
	No corregir

(tabla)

Tendencia en la varianza

t	Sp	t*Sp
1	71.6	71.6
2	87.9	175.8
3	72.4	217.3
4	88.6	354.4
5	87.2	435.8
6	57.1	342.6
7	72.4	506.5
8	122.3	978.5
9	101.0	909.3
10	78.6	786.2
11	66.2	728.7
12	84.4	1012.8
13	88.9	1155.6
14	89.9	1259.1
15	132.6	1989.3
16	62.0	991.5
17	75.3	1280.0
18	93.6	1684.8

\bar{t}	9.5
St	5.34
\overline{Sp}	85.1
Ssp	19.33
$\bar{t} \times \overline{Sp}$	826.7
$R:$	0.18
$n:$	18
$GDL:$	16
$Tc:$	0.711
$Tt:$	1.746
	No corregir

(tabla)

Tabla 55. Datos finales corregidos de saltos y tendencias de la estación Maqui Maqui

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	57.4	192.5	161.0	119.4	93.4	5.6	0.4	1.6	18.0	155.4	160.8	47.4
1999	162.4	315.2	137.4	69.6	101.4	93.2	17.0	7.2	123.6	58.0	110.2	238.0
2000	86.4	226.2	196.2	97.6	68.4	26.4	5.0	35.8	136.4	9.6	55.2	147.8
2001	243.2	148.8	257.4	99.6	65.4	6.6	12.8	3.4	72.0	124.6	170.4	193.6
2002	77.4	136.7	232.4	205.4	57.6	36.2	39.0	22.3	63.8	235.3	167.1	248.1
2003	121.0	131.2	144.7	47.0	29.1	164.8	23.5	23.5	33.5	38.6	43.5	150.1
2004	124.6	93.0	140.5	97.8	42.6	26.9	43.1	28.3	80.2	146.9	225.8	243.5
2005	147.5	173.9	379.4	154.8	52.4	38.0	31.3	38.4	59.4	342.5	100.5	272.7
2006	91.4	257.3	270.8	122.4	21.6	58.7	9.7	22.6	33.0	140.0	168.9	276.6
2007	120.1	72.4	236.2	137.4	67.3	6.3	51.0	37.1	33.2	234.0	194.8	108.2
2008	145.3	250.9	167.9	102.9	87.4	29.0	16.3	41.4	91.4	154.2	134.6	128.7
2009	263.7	173.7	256.3	198.4	134.6	74.4	24.9	29.4	45.2	182.1	200.4	176.2
2010	74.7	147.6	241.3	113.3	109.7	22.1	16.8	4.6	27.7	119.6	267.7	198.1
2011	118.6	193.3	277.6	222.3	28.9	17.8	22.9	13.7	98.0	92.2	168.4	192.3
2012	367.0	296.4	134.9	116.8	52.3	16.0	2.5	10.7	3.8	217.9	311.4	71.3
2013	96.8	144.0	172.7	76.5	162.6	9.9	26.7	43.9	12.2	149.1	80.0	161.0
2014	90.4	177.0	219.7	63.8	80.8	13.0	3.3	9.7	42.6	73.2	137.8	202.2
2015	308.5	131.1	239.0	110.0	124.5	9.9	11.1	12.9	47.0	52.3	140.7	157.4

Tabla 56. Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales (mm)

ESTACIÓN	Años de registro	Periodo Confiable	Periodo Dudoso	CONSISTENCIA EN LA MEDIA				CONSISTENCIA EN LA VARIANZA			
				T calculado	T tabular	Criterio de Aceptación	Prueba	F calculado	F tabular	Criterio de Aceptación	Prueba
A. WEBERBAUER	18	ESTACIÓN ÍNDICE									
LA ENCAÑADA	18	ESTACIÓN ÍNDICE									
QUEBRADA SHUGAR	18	"NO SE IDENTIFICARON SALTOS"									
CELENDIN	18	"NO SE IDENTIFICARON SALTOS"									
MAQUI MAQUI	18	2005-2015	2002-2005	1.917	1.645	Tc > Tt	Significativa	1.226	1.470	Fc > Ft	No Significativa

Tabla 57. Análisis de tendencias de las precipitaciones mensuales (mm)

ESTACIÓN	TENDENCIA EN LA MEDIA					TENDENCIA EN LA VARIANZA				
	R	T calculado	T tabular	Criterio de Aceptación	Prueba	R	T calculado	T tabular	Criterio de Aceptación	Prueba
A. WEBERBAUER	ESTACIÓN ÍNDICE									
LA ENCAÑADA	ESTACIÓN ÍNDICE									
QUEBRADA SHUGAR	"NO SE IDENTIFICARON SALTOS"									
CELENDIN	"NO SE IDENTIFICARON SALTOS"									
MAQUI MAQUI	0.027	0.393	1.645	Tc < Tt	No Significativa	0.175	0.711	1.746	Tc < Tt	No Significativa

A.8. Caudales medios mensuales generados para la microcuenca del río Chailhuagón, tomando como punto emisor la sección bajo el puente Chailhuagón.

Tabla 58. Generación de caudales medios mensuales (MMC)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	1.7	1.1	1.6	1.2	0.8	0.7	0.4	0.5	0.9	1.6	1.6	1.2
1969	1.3	1.2	1.4	1.0	1.2	0.6	0.9	0.5	0.8	1.6	1.2	1.6
1970	1.8	2.2	2.2	1.2	1.0	0.6	0.5	0.6	0.9	1.1	0.8	0.8
1971	0.9	0.8	1.3	1.2	0.8	0.9	0.7	0.6	1.0	1.1	1.2	1.6
1972	1.4	1.3	1.9	1.1	1.7	0.5	0.5	0.4	0.4	1.0	1.8	2.0
1973	1.0	1.9	1.4	1.4	1.0	1.0	0.6	0.5	0.7	0.9	1.6	1.8
1974	1.9	2.1	1.3	0.8	0.6	1.2	0.8	0.5	0.7	1.0	1.8	1.5
1975	1.9	2.5	2.0	1.6	1.2	0.9	0.6	0.4	0.6	1.1	1.2	1.3
1976	1.7	0.9	1.7	1.5	1.1	1.1	0.7	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2
1977	1.4	1.1	1.7	0.9	1.3	0.9	0.5	0.6	1.0	1.1	1.2	1.8
1978	1.1	1.5	1.0	1.1	1.1	0.6	0.7	0.5	1.1	1.2	1.6	1.4
1979	1.3	1.4	2.1	1.6	1.0	0.4	0.9	0.9	1.2	1.2	1.3	1.2
1980	1.1	1.3	1.6	1.0	1.1	0.8	0.6	0.6	0.4	1.5	2.2	1.3
1981	1.3	1.9	1.8	1.4	1.1	1.1	0.8	1.0	0.7	1.4	0.8	1.0
1982	0.7	1.1	1.7	1.2	1.4	1.1	0.3	0.2	1.4	1.9	1.8	2.1
1983	2.0	1.2	2.2	1.7	1.2	0.7	0.9	0.6	1.0	1.0	0.8	1.6
1984	1.5	2.4	1.9	1.5	1.1	0.6	1.0	1.0	0.7	1.4	1.2	0.7
1985	0.6	1.5	0.6	0.7	0.6	0.7	0.8	0.6	0.9	1.2	0.9	1.7
1986	1.4	2.0	1.6	1.6	0.7	0.9	0.4	0.8	0.9	0.8	1.1	1.5
1987	1.4	1.7	1.6	1.3	1.0	0.6	1.0	0.9	0.9	0.8	1.7	1.4
1988	1.9	2.1	1.2	1.2	1.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.4	1.2	1.2
1989	1.1	1.7	1.5	1.3	0.5	0.7	0.4	0.3	0.7	0.8	1.1	0.8
1990	1.0	0.9	1.0	1.3	0.8	0.6	0.7	0.5	0.7	0.8	1.2	0.8
1991	1.1	1.5	1.2	1.1	0.7	0.8	0.6	0.6	0.5	0.6	1.3	1.4
1992	0.7	1.1	1.1	1.1	0.6	0.9	1.0	0.4	1.2	1.5	1.2	0.8
1993	1.2	0.9	1.4	1.6	1.5	0.7	0.4	0.8	0.8	1.2	1.3	1.4
1994	1.2	1.2	1.4	1.5	0.6	0.6	0.4	0.3	0.6	1.3	1.3	1.1
1995	0.7	0.7	1.1	0.8	0.9	0.6	0.5	0.4	0.4	0.9	1.5	1.6
1996	1.3	1.3	1.3	0.9	0.8	0.2	0.3	0.3	0.5	1.0	0.7	0.7
1997	1.1	1.1	1.2	0.9	0.5	0.4	0.7	0.6	0.7	0.9	1.3	1.2
1998	1.2	1.4	1.4	1.3	1.1	0.7	0.5	0.3	0.6	1.6	1.1	1.0
1999	1.3	2.4	1.6	0.9	1.0	1.4	0.6	0.3	1.1	1.0	1.4	1.5
2000	1.2	1.8	1.9	1.2	1.4	0.9	0.7	0.8	1.0	0.9	1.1	1.1
2001	1.7	1.5	1.8	1.2	1.0	0.5	0.7	0.6	0.6	1.1	1.6	1.9
2002	1.2	1.7	1.6	1.6	1.1	0.8	0.7	0.3	0.7	1.2	1.6	2.1
2003	1.6	1.5	1.5	1.1	1.2	1.5	0.9	0.9	0.9	1.2	1.1	1.3
2004	1.2	1.2	1.3	1.0	0.8	0.8	0.5	0.8	1.0	1.5	1.8	2.0
2005	1.4	1.8	2.5	2.1	0.8	0.5	0.3	0.5	0.4	1.4	1.1	2.0
2006	1.6	2.1	2.4	1.5	0.7	0.6	0.7	0.3	0.7	1.3	1.7	2.3
2007	2.0	1.4	1.9	2.0	1.1	0.5	0.7	0.8	0.5	1.6	1.7	1.3
2008	1.8	2.3	2.2	1.5	1.2	0.6	0.4	0.5	1.1	1.3	1.2	1.2
2009	2.4	1.9	1.7	1.4	1.5	0.8	0.7	0.4	0.6	1.3	1.5	1.5
2010	1.3	1.1	1.7	1.3	1.5	1.0	0.8	0.7	1.0	1.1	1.2	1.2
2011	1.2	1.3	2.3	2.0	1.0	0.6	0.4	0.5	1.1	0.9	1.3	1.8
2012	2.3	2.9	2.0	1.5	0.9	0.8	0.5	0.3	0.8	1.3	2.1	1.6

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
2013	1.7	1.9	2.5	1.7	1.5	0.6	0.6	0.7	0.3	1.1	0.8	1.6
2014	1.7	1.6	2.2	1.2	1.3	0.7	0.4	0.3	0.6	0.5	1.2	1.6
2015	2.3	1.5	1.9	1.2	1.7	0.7	0.5	0.7	0.4	0.8	1.2	1.7
2016	1.7	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5	0.4	0.8	0.7	1.1	1.2
2017	1.3	1.3	1.5	0.7	0.7	0.8	0.5	0.7	1.0	1.6	1.2	1.6
Media	1.4	1.6	1.6	1.3	1.0	0.8	0.6	0.6	0.8	1.1	1.3	1.4
Desv.Est.	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
Min	0.6	0.7	0.6	0.7	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.7	0.7
Max	2.4	2.9	2.5	2.1	1.7	1.5	1.0	1.0	1.4	1.9	2.2	2.3

Tabla 59. Generación de caudales medios mensuales (m³/s)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	0.62	0.45	0.62	0.45	0.29	0.29	0.17	0.18	0.36	0.59	0.63	0.45
1969	0.47	0.48	0.51	0.40	0.43	0.24	0.32	0.18	0.29	0.59	0.45	0.60
1970	0.66	0.89	0.83	0.48	0.38	0.25	0.17	0.21	0.37	0.40	0.30	0.32
1971	0.35	0.33	0.50	0.44	0.31	0.34	0.27	0.23	0.40	0.40	0.45	0.58
1972	0.52	0.53	0.70	0.43	0.64	0.19	0.19	0.13	0.17	0.39	0.68	0.76
1973	0.39	0.80	0.54	0.55	0.36	0.39	0.24	0.20	0.26	0.35	0.61	0.68
1974	0.71	0.88	0.49	0.31	0.24	0.47	0.28	0.17	0.28	0.38	0.71	0.55
1975	0.73	1.04	0.73	0.61	0.44	0.33	0.21	0.13	0.23	0.41	0.45	0.49
1976	0.65	0.37	0.62	0.59	0.42	0.42	0.27	0.33	0.42	0.45	0.47	0.44
1977	0.53	0.45	0.63	0.36	0.47	0.36	0.19	0.23	0.37	0.41	0.45	0.69
1978	0.43	0.63	0.39	0.42	0.40	0.25	0.26	0.20	0.44	0.46	0.61	0.52
1979	0.47	0.60	0.77	0.62	0.38	0.15	0.34	0.32	0.45	0.46	0.49	0.46
1980	0.40	0.53	0.58	0.38	0.40	0.29	0.23	0.21	0.15	0.57	0.85	0.49
1981	0.49	0.77	0.68	0.56	0.42	0.43	0.30	0.38	0.27	0.51	0.30	0.37
1982	0.27	0.44	0.65	0.47	0.53	0.42	0.12	0.07	0.53	0.72	0.68	0.78
1983	0.76	0.49	0.84	0.67	0.43	0.29	0.33	0.21	0.37	0.38	0.31	0.60
1984	0.57	1.01	0.69	0.56	0.40	0.25	0.37	0.36	0.26	0.53	0.46	0.25
1985	0.24	0.60	0.23	0.27	0.22	0.27	0.28	0.23	0.36	0.47	0.35	0.64
1986	0.52	0.82	0.59	0.62	0.28	0.33	0.15	0.30	0.35	0.30	0.42	0.56
1987	0.53	0.70	0.62	0.50	0.35	0.21	0.37	0.33	0.36	0.31	0.65	0.50
1988	0.72	0.87	0.45	0.48	0.46	0.13	0.19	0.24	0.30	0.14	0.45	0.46
1989	0.41	0.71	0.56	0.51	0.17	0.26	0.16	0.10	0.27	0.32	0.43	0.31
1990	0.36	0.35	0.39	0.50	0.29	0.24	0.26	0.19	0.26	0.29	0.48	0.30
1991	0.41	0.60	0.44	0.44	0.27	0.29	0.23	0.21	0.20	0.24	0.49	0.53
1992	0.28	0.45	0.41	0.41	0.24	0.35	0.37	0.15	0.44	0.57	0.47	0.31
1993	0.44	0.36	0.51	0.61	0.57	0.28	0.14	0.29	0.32	0.44	0.52	0.52
1994	0.45	0.49	0.53	0.57	0.22	0.21	0.17	0.12	0.24	0.50	0.52	0.42
1995	0.24	0.30	0.42	0.30	0.35	0.23	0.19	0.14	0.17	0.32	0.57	0.58
1996	0.49	0.56	0.47	0.34	0.32	0.08	0.11	0.12	0.20	0.37	0.26	0.25
1997	0.40	0.47	0.44	0.36	0.17	0.17	0.26	0.23	0.27	0.33	0.50	0.44
1998	0.44	0.57	0.51	0.50	0.41	0.29	0.18	0.11	0.24	0.60	0.42	0.36
1999	0.47	1.01	0.58	0.36	0.39	0.55	0.22	0.12	0.41	0.37	0.53	0.55
2000	0.44	0.76	0.71	0.47	0.51	0.33	0.26	0.29	0.40	0.32	0.43	0.40
2001	0.63	0.63	0.67	0.46	0.38	0.19	0.27	0.22	0.22	0.42	0.63	0.70
2002	0.45	0.71	0.59	0.61	0.43	0.30	0.25	0.13	0.27	0.43	0.61	0.78
2003	0.61	0.63	0.57	0.44	0.43	0.58	0.35	0.32	0.34	0.47	0.44	0.50
2004	0.47	0.48	0.47	0.37	0.30	0.30	0.19	0.30	0.37	0.58	0.68	0.73
2005	0.51	0.73	0.93	0.82	0.30	0.21	0.13	0.17	0.17	0.54	0.41	0.75

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
2006	0.59	0.89	0.88	0.58	0.27	0.25	0.25	0.13	0.26	0.49	0.64	0.86
2007	0.76	0.57	0.71	0.79	0.40	0.21	0.25	0.31	0.20	0.59	0.64	0.49
2008	0.66	0.97	0.83	0.56	0.45	0.23	0.15	0.19	0.43	0.48	0.46	0.43
2009	0.90	0.78	0.62	0.55	0.56	0.31	0.25	0.15	0.22	0.50	0.58	0.58
2010	0.50	0.47	0.64	0.49	0.55	0.40	0.31	0.27	0.38	0.42	0.48	0.46
2011	0.46	0.54	0.84	0.76	0.36	0.22	0.16	0.20	0.44	0.32	0.51	0.67
2012	0.87	1.20	0.73	0.57	0.32	0.32	0.20	0.10	0.30	0.48	0.82	0.61
2013	0.63	0.77	0.92	0.66	0.57	0.22	0.22	0.25	0.11	0.42	0.32	0.60
2014	0.63	0.68	0.83	0.46	0.49	0.27	0.15	0.13	0.24	0.17	0.45	0.59
2015	0.87	0.64	0.69	0.48	0.62	0.28	0.17	0.25	0.15	0.29	0.46	0.63
2016	0.64	0.57	0.46	0.38	0.30	0.29	0.20	0.16	0.31	0.26	0.41	0.43
2017	0.50	0.53	0.54	0.28	0.25	0.31	0.19	0.27	0.40	0.58	0.48	0.59
Media	0.53	0.64	0.61	0.50	0.38	0.29	0.23	0.21	0.30	0.43	0.51	0.53
Desv.Est.	0.16	0.21	0.16	0.13	0.11	0.10	0.07	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15
Min	0.24	0.30	0.23	0.27	0.17	0.08	0.11	0.07	0.11	0.14	0.26	0.25
Max	0.90	1.20	0.93	0.82	0.64	0.58	0.37	0.38	0.53	0.72	0.85	0.86

A.9. Prueba de bondad de ajuste del registro de caudales.

MES: ENERO

N = 50 Δ_{max} 0.1039
 \bar{x} = 0.53 α 5%
S= 0.16 Δ_o 0.192
 $\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

MES: FEBRERO

N = 50 Δ_{max} 0.0947
 \bar{x} = 0.64 α 5%
S= 0.21 Δ_o 0.192
 $\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.24	0.02	-1.879	0.030	0.011
2	0.24	0.04	-1.827	0.034	0.005
3	0.27	0.06	-1.642	0.050	0.009
4	0.28	0.08	-1.619	0.053	0.026
5	0.35	0.10	-1.145	0.126	0.028
6	0.36	0.12	-1.118	0.132	0.014
7	0.39	0.14	-0.912	0.181	0.044
8	0.40	0.16	-0.823	0.205	0.048
9	0.40	0.18	-0.805	0.210	0.034
10	0.41	0.20	-0.790	0.215	0.019
11	0.41	0.22	-0.757	0.224	0.009
12	0.43	0.24	-0.661	0.254	0.019
13	0.44	0.25	-0.607	0.272	0.017
14	0.44	0.27	-0.596	0.275	0.001
15	0.44	0.29	-0.595	0.276	0.018
16	0.45	0.31	-0.543	0.294	0.020
17	0.45	0.33	-0.528	0.299	0.035
18	0.46	0.35	-0.453	0.325	0.027
19	0.47	0.37	-0.415	0.339	0.034
20	0.47	0.39	-0.386	0.350	0.042
21	0.47	0.41	-0.372	0.355	0.057

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.30	0.02	-1.679	0.047	0.027
2	0.33	0.04	-1.536	0.062	0.023
3	0.35	0.06	-1.403	0.080	0.021
4	0.36	0.08	-1.363	0.086	0.008
5	0.37	0.10	-1.329	0.092	0.006
6	0.44	0.12	-1.001	0.158	0.041
7	0.45	0.14	-0.943	0.173	0.036
8	0.45	0.16	-0.936	0.175	0.018
9	0.45	0.18	-0.925	0.177	0.001
10	0.47	0.20	-0.859	0.195	0.001
11	0.47	0.22	-0.816	0.207	0.008
12	0.48	0.24	-0.793	0.214	0.021
13	0.48	0.25	-0.769	0.221	0.034
14	0.49	0.27	-0.755	0.225	0.049
15	0.49	0.29	-0.744	0.228	0.066
16	0.53	0.31	-0.559	0.288	0.026
17	0.53	0.33	-0.548	0.292	0.041
18	0.53	0.35	-0.547	0.292	0.061
19	0.54	0.37	-0.514	0.304	0.069
20	0.56	0.39	-0.415	0.339	0.053
21	0.57	0.41	-0.363	0.358	0.054

22	0.47	0.43	-0.365	0.357	0.074
23	0.49	0.45	-0.247	0.402	0.049
24	0.49	0.47	-0.241	0.405	0.066
25	0.50	0.49	-0.201	0.421	0.070
26	0.50	0.51	-0.174	0.431	0.079
27	0.51	0.53	-0.106	0.458	0.072
28	0.52	0.55	-0.050	0.480	0.069
29	0.52	0.57	-0.042	0.483	0.086
30	0.53	0.59	-0.007	0.497	0.091
31	0.53	0.61	0.010	0.504	0.104
32	0.57	0.63	0.226	0.590	0.038
33	0.59	0.65	0.388	0.651	0.004
34	0.61	0.67	0.528	0.701	0.035
35	0.62	0.69	0.584	0.720	0.034
36	0.63	0.71	0.606	0.728	0.022
37	0.63	0.73	0.636	0.738	0.012
38	0.63	0.75	0.664	0.747	0.002
39	0.64	0.76	0.678	0.751	0.014
40	0.65	0.78	0.757	0.775	0.009
41	0.66	0.80	0.820	0.794	0.010
42	0.66	0.82	0.839	0.799	0.024
43	0.71	0.84	1.159	0.877	0.034
44	0.72	0.86	1.210	0.887	0.024
45	0.73	0.88	1.243	0.893	0.011
46	0.76	0.90	1.444	0.926	0.024
47	0.76	0.92	1.462	0.928	0.007
48	0.87	0.94	2.142	0.984	0.043
49	0.87	0.96	2.152	0.984	0.024
50	0.90	0.98	2.358	0.991	0.010

22	0.57	0.43	-0.340	0.367	0.065
23	0.57	0.45	-0.333	0.370	0.081
24	0.60	0.47	-0.220	0.413	0.058
25	0.60	0.49	-0.204	0.419	0.071
26	0.60	0.51	-0.185	0.427	0.083
27	0.63	0.53	-0.068	0.473	0.057
28	0.63	0.55	-0.049	0.481	0.069
29	0.63	0.57	-0.042	0.483	0.085
30	0.64	0.59	-0.016	0.494	0.095
31	0.68	0.61	0.174	0.569	0.039
32	0.70	0.63	0.276	0.609	0.019
33	0.71	0.65	0.334	0.631	0.016
34	0.71	0.67	0.342	0.634	0.033
35	0.73	0.69	0.452	0.674	0.012
36	0.76	0.71	0.567	0.715	0.009
37	0.77	0.73	0.629	0.735	0.010
38	0.77	0.75	0.644	0.740	0.005
39	0.78	0.76	0.682	0.752	0.012
40	0.80	0.78	0.777	0.781	0.003
41	0.82	0.80	0.873	0.809	0.005
42	0.87	0.82	1.120	0.869	0.045
43	0.88	0.84	1.176	0.880	0.037
44	0.89	0.86	1.187	0.882	0.020
45	0.89	0.88	1.220	0.889	0.006
46	0.97	0.90	1.575	0.942	0.040
47	1.01	0.92	1.770	0.962	0.040
48	1.01	0.94	1.795	0.964	0.022
49	1.04	0.96	1.958	0.975	0.014
50	1.20	0.98	2.704	0.997	0.016

MES: MARZO

N = 50 Δ_{max} 0.0737
 \bar{X} = 0.61 α 5%
S = 0.16 Δ_o 0.192

$\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

MES: ABRIL

N = 50 Δ_{max} 0.0714
 \bar{X} = 0.50 α 5%
S = 0.13 Δ_o 0.192

$\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{X})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.23	0.02	-2.448	0.007	0.012
2	0.39	0.04	-1.450	0.074	0.034
3	0.39	0.06	-1.419	0.078	0.019
4	0.41	0.08	-1.319	0.094	0.015
5	0.42	0.10	-1.240	0.108	0.009
6	0.44	0.12	-1.132	0.129	0.011
7	0.44	0.14	-1.131	0.129	0.008
8	0.45	0.16	-1.043	0.148	0.008
9	0.46	0.18	-0.986	0.162	0.014
10	0.47	0.20	-0.900	0.184	0.012
11	0.47	0.22	-0.885	0.188	0.028
12	0.49	0.24	-0.772	0.220	0.015

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{X})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.27	0.02	-1.808	0.035	0.016
2	0.28	0.04	-1.751	0.040	0.001
3	0.30	0.06	-1.583	0.057	0.002
4	0.31	0.08	-1.505	0.066	0.012
5	0.34	0.10	-1.248	0.106	0.008
6	0.36	0.12	-1.115	0.132	0.015
7	0.36	0.14	-1.064	0.144	0.006
8	0.36	0.16	-1.060	0.145	0.012
9	0.37	0.18	-1.004	0.158	0.019
10	0.38	0.20	-0.946	0.172	0.024
11	0.38	0.22	-0.926	0.177	0.039
12	0.40	0.24	-0.751	0.226	0.009

13	0.50	0.25	-0.735	0.231	0.024
14	0.51	0.27	-0.678	0.249	0.025
15	0.51	0.29	-0.637	0.262	0.032
16	0.51	0.31	-0.635	0.263	0.051
17	0.53	0.33	-0.554	0.290	0.043
18	0.54	0.35	-0.489	0.312	0.040
19	0.54	0.37	-0.442	0.329	0.043
20	0.56	0.39	-0.357	0.360	0.032
21	0.57	0.41	-0.233	0.408	0.004
22	0.58	0.43	-0.198	0.422	0.010
23	0.58	0.45	-0.177	0.430	0.021
24	0.59	0.47	-0.143	0.443	0.027
25	0.59	0.49	-0.115	0.454	0.036
26	0.62	0.51	0.025	0.510	0.000
27	0.62	0.53	0.026	0.510	0.019
28	0.62	0.55	0.062	0.525	0.024
29	0.62	0.57	0.062	0.525	0.044
30	0.63	0.59	0.126	0.550	0.038
31	0.64	0.61	0.217	0.586	0.022
32	0.65	0.63	0.266	0.605	0.022
33	0.67	0.65	0.405	0.657	0.010
34	0.68	0.67	0.464	0.679	0.012
35	0.69	0.69	0.525	0.700	0.014
36	0.69	0.71	0.528	0.701	0.005
37	0.70	0.73	0.594	0.724	0.002
38	0.71	0.75	0.661	0.746	0.001
39	0.71	0.76	0.666	0.747	0.017
40	0.73	0.78	0.765	0.778	0.007
41	0.73	0.80	0.766	0.778	0.026
42	0.77	0.82	1.025	0.847	0.024
43	0.83	0.84	1.384	0.917	0.074
44	0.83	0.86	1.404	0.920	0.057
45	0.83	0.88	1.439	0.925	0.043
46	0.84	0.90	1.445	0.926	0.024
47	0.84	0.92	1.478	0.930	0.009
48	0.88	0.94	1.743	0.959	0.018
49	0.92	0.96	1.972	0.976	0.015
50	0.93	0.98	2.068	0.981	0.000

13	0.41	0.25	-0.648	0.258	0.003
14	0.42	0.27	-0.621	0.267	0.007
15	0.43	0.29	-0.513	0.304	0.010
16	0.44	0.31	-0.441	0.330	0.016
17	0.44	0.33	-0.423	0.336	0.003
18	0.44	0.35	-0.417	0.338	0.015
19	0.45	0.37	-0.366	0.357	0.015
20	0.46	0.39	-0.302	0.381	0.011
21	0.46	0.41	-0.293	0.385	0.027
22	0.47	0.43	-0.189	0.425	0.006
23	0.47	0.45	-0.188	0.425	0.026
24	0.48	0.47	-0.165	0.435	0.036
25	0.48	0.49	-0.132	0.447	0.043
26	0.48	0.51	-0.118	0.453	0.057
27	0.49	0.53	-0.025	0.490	0.039
28	0.50	0.55	0.013	0.505	0.044
29	0.50	0.57	0.036	0.515	0.054
30	0.50	0.59	0.042	0.517	0.071
31	0.51	0.61	0.130	0.552	0.056
32	0.55	0.63	0.418	0.662	0.035
33	0.55	0.65	0.422	0.663	0.016
34	0.56	0.67	0.472	0.682	0.015
35	0.56	0.69	0.499	0.691	0.005
36	0.56	0.71	0.523	0.699	0.006
37	0.57	0.73	0.587	0.721	0.004
38	0.57	0.75	0.619	0.732	0.013
39	0.58	0.76	0.649	0.742	0.023
40	0.59	0.78	0.735	0.769	0.015
41	0.61	0.80	0.919	0.821	0.017
42	0.61	0.82	0.926	0.823	0.001
43	0.61	0.84	0.935	0.825	0.018
44	0.62	0.86	0.974	0.835	0.028
45	0.62	0.88	1.017	0.845	0.037
46	0.66	0.90	1.311	0.905	0.003
47	0.67	0.92	1.365	0.914	0.008
48	0.76	0.94	2.104	0.982	0.041
49	0.79	0.96	2.309	0.990	0.029
50	0.82	0.98	2.597	0.995	0.015

MES: MAYO

N = 50 Δ max 0.0681

MES: JUNIO

N = 50 Δ max 0.0934

$\bar{x} = 0.38$ $\alpha = 5\%$
 $S = 0.11$ $\Delta o = 0.192$
 Δ
max < Δo BUEN AJUSTE

$\bar{x} = 0.29$ $\alpha = 5\%$
 $S = 0.10$ $\Delta o = 0.192$
 Δ
max < Δo BUEN AJUSTE

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.17	0.02	-1.850	0.032	0.013
2	0.17	0.04	-1.848	0.032	0.007
3	0.22	0.06	-1.441	0.075	0.016
4	0.22	0.08	-1.398	0.081	0.003
5	0.24	0.10	-1.265	0.103	0.005
6	0.24	0.12	-1.252	0.105	0.012
7	0.25	0.14	-1.142	0.127	0.011
8	0.27	0.16	-1.017	0.155	0.002
9	0.27	0.18	-0.977	0.164	0.012
10	0.28	0.20	-0.952	0.171	0.026
11	0.29	0.22	-0.837	0.201	0.014
12	0.29	0.24	-0.807	0.210	0.025
13	0.30	0.25	-0.762	0.223	0.032
14	0.30	0.27	-0.718	0.237	0.038
15	0.30	0.29	-0.713	0.238	0.056
16	0.31	0.31	-0.632	0.264	0.050
17	0.32	0.33	-0.583	0.280	0.053
18	0.32	0.35	-0.568	0.285	0.068
19	0.35	0.37	-0.324	0.373	0.001
20	0.35	0.39	-0.250	0.401	0.009
21	0.36	0.41	-0.198	0.421	0.010
22	0.36	0.43	-0.194	0.423	0.008
23	0.38	0.45	-0.061	0.476	0.025
24	0.38	0.47	-0.058	0.477	0.006
25	0.38	0.49	-0.002	0.499	0.009
26	0.39	0.51	0.067	0.527	0.017
27	0.40	0.53	0.117	0.547	0.017
28	0.40	0.55	0.117	0.547	0.002
29	0.40	0.57	0.147	0.558	0.010
30	0.40	0.59	0.182	0.572	0.016
31	0.41	0.61	0.272	0.607	0.001
32	0.42	0.63	0.290	0.614	0.014
33	0.42	0.65	0.363	0.642	0.005
34	0.43	0.67	0.371	0.645	0.022
35	0.43	0.69	0.430	0.666	0.020
36	0.43	0.71	0.432	0.667	0.039
37	0.43	0.73	0.446	0.672	0.053
38	0.44	0.75	0.460	0.677	0.068
39	0.45	0.76	0.570	0.716	0.049
40	0.46	0.78	0.642	0.740	0.045
41	0.47	0.80	0.760	0.776	0.028
42	0.49	0.82	0.913	0.819	0.004
43	0.51	0.84	1.156	0.876	0.033
44	0.53	0.86	1.299	0.903	0.040
45	0.55	0.88	1.489	0.932	0.049

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.08	0.02	-2.146	0.016	0.004
2	0.13	0.04	-1.681	0.046	0.007
3	0.15	0.06	-1.407	0.080	0.021
4	0.17	0.08	-1.232	0.109	0.031
5	0.19	0.10	-1.026	0.152	0.054
6	0.19	0.12	-0.997	0.159	0.042
7	0.21	0.14	-0.844	0.199	0.062
8	0.21	0.16	-0.838	0.201	0.044
9	0.21	0.18	-0.797	0.213	0.036
10	0.21	0.20	-0.780	0.218	0.022
11	0.22	0.22	-0.748	0.227	0.012
12	0.22	0.24	-0.699	0.242	0.007
13	0.23	0.25	-0.589	0.278	0.023
14	0.23	0.27	-0.584	0.279	0.005
15	0.24	0.29	-0.554	0.290	0.004
16	0.24	0.31	-0.537	0.295	0.018
17	0.25	0.33	-0.447	0.327	0.006
18	0.25	0.35	-0.440	0.330	0.023
19	0.25	0.37	-0.436	0.331	0.041
20	0.25	0.39	-0.425	0.335	0.057
21	0.26	0.41	-0.332	0.370	0.042
22	0.27	0.43	-0.254	0.400	0.032
23	0.27	0.45	-0.209	0.417	0.034
24	0.28	0.47	-0.132	0.447	0.023
25	0.28	0.49	-0.059	0.476	0.014
26	0.29	0.51	-0.044	0.482	0.027
27	0.29	0.53	-0.029	0.488	0.041
28	0.29	0.55	-0.016	0.494	0.055
29	0.29	0.57	-0.009	0.497	0.072
30	0.29	0.59	0.031	0.512	0.076
31	0.29	0.61	0.036	0.514	0.093
32	0.30	0.63	0.121	0.548	0.079
33	0.30	0.65	0.155	0.562	0.085
34	0.31	0.67	0.224	0.589	0.078
35	0.31	0.69	0.253	0.600	0.086
36	0.32	0.71	0.300	0.618	0.088
37	0.33	0.73	0.434	0.668	0.058
38	0.33	0.75	0.452	0.675	0.071
39	0.33	0.76	0.458	0.677	0.088
40	0.34	0.78	0.544	0.707	0.077
41	0.35	0.80	0.581	0.719	0.084
42	0.36	0.82	0.742	0.771	0.053
43	0.39	0.84	1.052	0.854	0.011
44	0.40	0.86	1.155	0.876	0.013
45	0.42	0.88	1.370	0.915	0.032

46	0.56	0.90	1.583	0.943	0.041
47	0.57	0.92	1.633	0.949	0.027
48	0.57	0.94	1.690	0.954	0.013
49	0.62	0.96	2.132	0.983	0.023
50	0.64	0.98	2.288	0.989	0.009

46	0.42	0.90	1.399	0.919	0.017
47	0.43	0.92	1.417	0.922	0.000
48	0.47	0.94	1.904	0.972	0.030
49	0.55	0.96	2.675	0.996	0.035
50	0.58	0.98	2.988	0.999	0.018

MES: JULIO

N = 50 Δ_{max} 0.1130
 \bar{x} = 0.23 α 5%
S = 0.07 Δ_o 0.192
 Δ
max < Δ_o **BUEN AJUSTE**

MES: AGOSTO

N = 50 Δ_{max} 0.0718
 \bar{x} = 0.21 α 5%
S = 0.08 Δ_o 0.192
 Δ
max < Δ_o **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.11	0.02	-1.702	0.044	0.025
2	0.12	0.04	-1.524	0.064	0.025
3	0.13	0.06	-1.459	0.072	0.013
4	0.14	0.08	-1.262	0.103	0.025
5	0.15	0.10	-1.227	0.110	0.012
6	0.15	0.12	-1.121	0.131	0.013
7	0.15	0.14	-1.095	0.137	0.000
8	0.16	0.16	-1.073	0.142	0.015
9	0.16	0.18	-1.039	0.149	0.027
10	0.17	0.20	-0.935	0.175	0.021
11	0.17	0.22	-0.913	0.181	0.035
12	0.17	0.24	-0.892	0.186	0.049
13	0.17	0.25	-0.850	0.198	0.057
14	0.18	0.27	-0.728	0.233	0.041
15	0.19	0.29	-0.638	0.262	0.032
16	0.19	0.31	-0.617	0.269	0.045
17	0.19	0.33	-0.606	0.272	0.061
18	0.19	0.35	-0.604	0.273	0.080
19	0.19	0.37	-0.600	0.274	0.098
20	0.19	0.39	-0.585	0.279	0.113
21	0.20	0.41	-0.392	0.348	0.064
22	0.20	0.43	-0.364	0.358	0.074
23	0.21	0.45	-0.247	0.402	0.049
24	0.22	0.47	-0.109	0.457	0.014
25	0.22	0.49	-0.095	0.462	0.028
26	0.23	0.51	0.006	0.503	0.007
27	0.23	0.53	0.052	0.521	0.009
28	0.24	0.55	0.109	0.543	0.006
29	0.25	0.57	0.229	0.591	0.022
30	0.25	0.59	0.235	0.593	0.005
31	0.25	0.61	0.300	0.618	0.010
32	0.25	0.63	0.317	0.624	0.003
33	0.26	0.65	0.414	0.661	0.014
34	0.26	0.67	0.419	0.662	0.004
35	0.26	0.69	0.464	0.679	0.008
36	0.26	0.71	0.483	0.685	0.021
37	0.27	0.73	0.544	0.707	0.019

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.07	0.02	-1.866	0.031	0.011
2	0.10	0.04	-1.430	0.076	0.037
3	0.10	0.06	-1.414	0.079	0.020
4	0.11	0.08	-1.263	0.103	0.025
5	0.12	0.10	-1.217	0.112	0.014
6	0.12	0.12	-1.171	0.121	0.003
7	0.12	0.14	-1.124	0.130	0.007
8	0.13	0.16	-1.067	0.143	0.014
9	0.13	0.18	-1.049	0.147	0.029
10	0.13	0.20	-1.049	0.147	0.049
11	0.13	0.22	-0.984	0.163	0.053
12	0.13	0.24	-0.978	0.164	0.071
13	0.14	0.25	-0.893	0.186	0.069
14	0.15	0.27	-0.790	0.215	0.060
15	0.15	0.29	-0.757	0.224	0.070
16	0.16	0.31	-0.700	0.242	0.072
17	0.17	0.33	-0.504	0.307	0.026
18	0.17	0.35	-0.487	0.313	0.040
19	0.18	0.37	-0.396	0.346	0.026
20	0.18	0.39	-0.379	0.352	0.040
21	0.19	0.41	-0.246	0.403	0.009
22	0.19	0.43	-0.220	0.413	0.018
23	0.20	0.45	-0.175	0.431	0.020
24	0.20	0.47	-0.104	0.458	0.012
25	0.20	0.49	-0.058	0.477	0.013
26	0.21	0.51	-0.050	0.480	0.030
27	0.21	0.53	-0.031	0.488	0.042
28	0.21	0.55	-0.013	0.495	0.054
29	0.21	0.57	0.055	0.522	0.047
30	0.22	0.59	0.174	0.569	0.019
31	0.23	0.61	0.213	0.584	0.024
32	0.23	0.63	0.256	0.601	0.026
33	0.23	0.65	0.272	0.607	0.040
34	0.23	0.67	0.298	0.617	0.050
35	0.24	0.69	0.427	0.665	0.021
36	0.25	0.71	0.468	0.680	0.026
37	0.25	0.73	0.575	0.717	0.008

38	0.27	0.75	0.581	0.719	0.026
39	0.27	0.76	0.610	0.729	0.035
40	0.28	0.78	0.757	0.775	0.009
41	0.28	0.80	0.789	0.785	0.019
42	0.30	0.82	1.038	0.850	0.027
43	0.31	0.84	1.148	0.874	0.031
44	0.32	0.86	1.323	0.907	0.044
45	0.33	0.88	1.390	0.918	0.035
46	0.34	0.90	1.619	0.947	0.045
47	0.35	0.92	1.681	0.954	0.032
48	0.37	0.94	2.025	0.979	0.037
49	0.37	0.96	2.067	0.981	0.020
50	0.37	0.98	2.077	0.981	0.001

38	0.27	0.75	0.829	0.797	0.051
39	0.27	0.76	0.831	0.797	0.032
40	0.29	0.78	1.036	0.850	0.066
41	0.29	0.80	1.107	0.866	0.062
42	0.30	0.82	1.158	0.876	0.053
43	0.30	0.84	1.176	0.880	0.037
44	0.31	0.86	1.308	0.904	0.042
45	0.32	0.88	1.454	0.927	0.045
46	0.32	0.90	1.472	0.929	0.027
47	0.33	0.92	1.588	0.944	0.022
48	0.33	0.94	1.595	0.945	0.003
49	0.36	0.96	1.912	0.972	0.011
50	0.38	0.98	2.217	0.987	0.006

MES: SEPTIEMBRE

N = 50 Δ_{max} 0.0854
 \bar{x} = 0.30 α 5%
S = 0.10 Δ_o 0.192
 $\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

MES: OCTUBRE

N = 50 Δ_{max} 0.0663
 \bar{x} = 0.43 α 5%
S = 0.12 Δ_o 0.192
 $\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.11	0.02	-1.991	0.023	0.004
2	0.15	0.04	-1.657	0.049	0.010
3	0.15	0.06	-1.578	0.057	0.002
4	0.17	0.08	-1.432	0.076	0.002
5	0.17	0.10	-1.402	0.081	0.018
6	0.17	0.12	-1.372	0.085	0.033
7	0.20	0.14	-1.125	0.130	0.007
8	0.20	0.16	-1.105	0.135	0.022
9	0.20	0.18	-1.089	0.138	0.038
10	0.22	0.20	-0.894	0.186	0.010
11	0.22	0.22	-0.839	0.201	0.015
12	0.23	0.24	-0.795	0.213	0.022
13	0.24	0.25	-0.690	0.245	0.010
14	0.24	0.27	-0.684	0.247	0.027
15	0.24	0.29	-0.672	0.251	0.043
16	0.26	0.31	-0.506	0.307	0.007
17	0.26	0.33	-0.480	0.316	0.018
18	0.26	0.35	-0.456	0.324	0.029
19	0.26	0.37	-0.421	0.337	0.036
20	0.27	0.39	-0.374	0.354	0.038
21	0.27	0.41	-0.371	0.355	0.056
22	0.27	0.43	-0.366	0.357	0.074
23	0.27	0.45	-0.344	0.366	0.085
24	0.28	0.47	-0.210	0.417	0.054
25	0.29	0.49	-0.111	0.456	0.034
26	0.30	0.51	-0.058	0.477	0.033
27	0.30	0.53	-0.035	0.486	0.043
28	0.31	0.55	0.044	0.518	0.031
29	0.32	0.57	0.128	0.551	0.018

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.14	0.02	-2.430	0.008	0.012
2	0.17	0.04	-2.133	0.016	0.023
3	0.24	0.06	-1.594	0.055	0.003
4	0.26	0.08	-1.386	0.083	0.004
5	0.29	0.10	-1.156	0.124	0.026
6	0.29	0.12	-1.139	0.127	0.010
7	0.30	0.14	-1.099	0.136	0.001
8	0.31	0.16	-0.958	0.169	0.012
9	0.32	0.18	-0.935	0.175	0.002
10	0.32	0.20	-0.911	0.181	0.015
11	0.32	0.22	-0.865	0.193	0.022
12	0.32	0.24	-0.855	0.196	0.039
13	0.33	0.25	-0.797	0.213	0.042
14	0.35	0.27	-0.623	0.267	0.008
15	0.37	0.29	-0.500	0.308	0.014
16	0.37	0.31	-0.482	0.315	0.001
17	0.38	0.33	-0.405	0.343	0.009
18	0.38	0.35	-0.359	0.360	0.007
19	0.39	0.37	-0.335	0.369	0.004
20	0.40	0.39	-0.230	0.409	0.017
21	0.40	0.41	-0.220	0.413	0.001
22	0.41	0.43	-0.170	0.433	0.001
23	0.41	0.45	-0.099	0.461	0.010
24	0.42	0.47	-0.028	0.489	0.018
25	0.42	0.49	-0.018	0.493	0.003
26	0.42	0.51	-0.016	0.493	0.016
27	0.43	0.53	0.067	0.527	0.003
28	0.44	0.55	0.081	0.532	0.017
29	0.45	0.57	0.211	0.583	0.015

30	0.34	0.59	0.377	0.647	0.059
31	0.35	0.61	0.464	0.679	0.071
32	0.36	0.63	0.543	0.706	0.079
33	0.36	0.65	0.603	0.727	0.080
34	0.36	0.67	0.612	0.730	0.063
35	0.37	0.69	0.645	0.741	0.054
36	0.37	0.71	0.656	0.744	0.038
37	0.37	0.73	0.714	0.762	0.037
38	0.37	0.75	0.722	0.765	0.020
39	0.38	0.76	0.754	0.775	0.010
40	0.40	0.78	0.956	0.831	0.046
41	0.40	0.80	1.009	0.843	0.039
42	0.40	0.82	1.033	0.849	0.026
43	0.41	0.84	1.129	0.871	0.027
44	0.42	0.86	1.210	0.887	0.024
45	0.43	0.88	1.266	0.897	0.015
46	0.44	0.90	1.441	0.925	0.023
47	0.44	0.92	1.450	0.926	0.005
48	0.44	0.94	1.473	0.930	0.012
49	0.45	0.96	1.482	0.931	0.030
50	0.53	0.98	2.344	0.990	0.010

30	0.46	0.59	0.254	0.600	0.012
31	0.46	0.61	0.258	0.602	0.006
32	0.47	0.63	0.335	0.631	0.004
33	0.47	0.65	0.340	0.633	0.014
34	0.48	0.67	0.433	0.668	0.001
35	0.48	0.69	0.457	0.676	0.010
36	0.49	0.71	0.526	0.701	0.005
37	0.50	0.73	0.608	0.728	0.003
38	0.50	0.75	0.610	0.729	0.016
39	0.51	0.76	0.731	0.768	0.003
40	0.53	0.78	0.886	0.812	0.028
41	0.54	0.80	0.918	0.821	0.017
42	0.57	0.82	1.225	0.890	0.066
43	0.57	0.84	1.230	0.891	0.047
44	0.58	0.86	1.254	0.895	0.032
45	0.58	0.88	1.316	0.906	0.024
46	0.59	0.90	1.346	0.911	0.009
47	0.59	0.92	1.354	0.912	0.009
48	0.59	0.94	1.366	0.914	0.027
49	0.60	0.96	1.467	0.929	0.032
50	0.72	0.98	2.473	0.993	0.013

MES: NOVIEMBRE

N = 50 Δ_{max} 0.1203
 \bar{x} = 0.51 α 5%
S = 0.13 Δ_o 0.192
 $\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

MES: DICIEMBRE

N = 50 Δ_{max} 0.0463
 \bar{x} = 0.53 α 5%
S = 0.15 Δ_o 0.192
 $\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m ³ /s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.26	0.02	-1.969	0.024	0.005
2	0.30	0.04	-1.618	0.053	0.014
3	0.30	0.06	-1.611	0.054	0.005
4	0.31	0.08	-1.540	0.062	0.017
5	0.32	0.10	-1.499	0.067	0.031
6	0.35	0.12	-1.216	0.112	0.006
7	0.41	0.14	-0.774	0.220	0.082
8	0.41	0.16	-0.761	0.223	0.067
9	0.42	0.18	-0.698	0.242	0.066
10	0.42	0.20	-0.659	0.255	0.059
11	0.43	0.22	-0.604	0.273	0.057
12	0.43	0.24	-0.567	0.285	0.050
13	0.44	0.25	-0.546	0.293	0.038
14	0.45	0.27	-0.488	0.313	0.038
15	0.45	0.29	-0.471	0.319	0.025
16	0.45	0.31	-0.460	0.323	0.009
17	0.45	0.33	-0.448	0.327	0.006
18	0.45	0.35	-0.446	0.328	0.025
19	0.45	0.37	-0.431	0.333	0.039
20	0.46	0.39	-0.380	0.352	0.040
21	0.46	0.41	-0.375	0.354	0.058

m	Q=X (m ³ /s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.25	0.02	-1.935	0.026	0.007
2	0.25	0.04	-1.929	0.027	0.012
3	0.30	0.06	-1.606	0.054	0.005
4	0.31	0.08	-1.547	0.061	0.017
5	0.31	0.10	-1.533	0.063	0.035
6	0.32	0.12	-1.466	0.071	0.046
7	0.36	0.14	-1.187	0.118	0.020
8	0.37	0.16	-1.092	0.137	0.019
9	0.40	0.18	-0.896	0.185	0.009
10	0.42	0.20	-0.778	0.218	0.022
11	0.43	0.22	-0.695	0.244	0.028
12	0.43	0.24	-0.662	0.254	0.019
13	0.44	0.25	-0.619	0.268	0.013
14	0.44	0.27	-0.606	0.272	0.002
15	0.45	0.29	-0.545	0.293	0.001
16	0.46	0.31	-0.511	0.305	0.009
17	0.46	0.33	-0.508	0.306	0.028
18	0.46	0.35	-0.489	0.313	0.040
19	0.49	0.37	-0.306	0.380	0.007
20	0.49	0.39	-0.285	0.388	0.004
21	0.49	0.41	-0.273	0.393	0.019

22	0.46	0.43	-0.339	0.367	0.064
23	0.47	0.45	-0.324	0.373	0.078
24	0.47	0.47	-0.295	0.384	0.087
25	0.48	0.49	-0.247	0.402	0.088
26	0.48	0.51	-0.245	0.403	0.106
27	0.48	0.53	-0.216	0.414	0.115
28	0.49	0.55	-0.119	0.453	0.096
29	0.49	0.57	-0.118	0.453	0.116
30	0.50	0.59	-0.080	0.468	0.120
31	0.51	0.61	-0.010	0.496	0.112
32	0.52	0.63	0.063	0.525	0.102
33	0.52	0.65	0.099	0.539	0.108
34	0.53	0.67	0.147	0.558	0.108
35	0.57	0.69	0.467	0.680	0.007
36	0.58	0.71	0.552	0.710	0.004
37	0.61	0.73	0.775	0.781	0.055
38	0.61	0.75	0.776	0.781	0.036
39	0.61	0.76	0.785	0.784	0.019
40	0.63	0.78	0.983	0.837	0.053
41	0.63	0.80	0.990	0.839	0.035
42	0.64	0.82	1.030	0.849	0.025
43	0.64	0.84	1.035	0.850	0.007
44	0.65	0.86	1.133	0.871	0.009
45	0.68	0.88	1.322	0.907	0.025
46	0.68	0.90	1.330	0.908	0.006
47	0.68	0.92	1.388	0.917	0.004
48	0.71	0.94	1.598	0.945	0.004
49	0.82	0.96	2.418	0.992	0.031
50	0.85	0.98	2.663	0.996	0.016

22	0.50	0.43	-0.234	0.407	0.024
23	0.50	0.45	-0.182	0.428	0.023
24	0.52	0.47	-0.100	0.460	0.010
25	0.52	0.49	-0.082	0.468	0.023
26	0.53	0.51	0.007	0.503	0.007
27	0.55	0.53	0.119	0.547	0.018
28	0.55	0.55	0.121	0.548	0.001
29	0.56	0.57	0.213	0.584	0.016
30	0.58	0.59	0.319	0.625	0.037
31	0.58	0.61	0.330	0.629	0.022
32	0.58	0.63	0.370	0.644	0.017
33	0.59	0.65	0.401	0.656	0.009
34	0.59	0.67	0.431	0.667	0.000
35	0.60	0.69	0.450	0.674	0.013
36	0.60	0.71	0.457	0.676	0.030
37	0.60	0.73	0.489	0.688	0.038
38	0.61	0.75	0.525	0.700	0.045
39	0.63	0.76	0.695	0.757	0.008
40	0.64	0.78	0.733	0.768	0.016
41	0.67	0.80	0.953	0.830	0.026
42	0.68	0.82	1.018	0.846	0.022
43	0.69	0.84	1.091	0.862	0.019
44	0.70	0.86	1.184	0.882	0.019
45	0.73	0.88	1.369	0.914	0.032
46	0.75	0.90	1.497	0.933	0.031
47	0.76	0.92	1.567	0.941	0.020
48	0.78	0.94	1.719	0.957	0.016
49	0.78	0.96	1.719	0.957	0.004
50	0.86	0.98	2.289	0.989	0.009

A.10. Fotos de la sección de aforo del río en el puente chailhuagón



Aforo en meses lluviosos



Aforo en meses de estiaje