

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



**“COMPARACIÓN DE LOS MODELOS HIDROLÓGICOS DE LUTZ SCHOLZ Y
SIMILITUD HIDRÁULICA DE SISTEMAS HIDROLÓGICOS ALTOANDINOS,
EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CAJAMARQUINO Y NAMORA PARA EL
PERIODO: 1973-2015”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO
HIDRÁULICO**

Presentado por:

Bach. ALEXANDER CÉSPEDES MENDOZA

Asesorado por:

Dr. Ing. FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE

CAJAMARCA-PERU

2020

AGRADECIMIENTO

Los más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas e instituciones, que prestaron su ayuda desinteresada en la realización de esta memoria académica.

Al Dr. Ing. Francisco Huamán Vidaurre; asesor de esta investigación, y quien, a su vez fue, un orientador y amigo, en el desarrollo del presente trabajo.

Además, agradezco también, a todos los que colaboraron con su valioso tiempo y conocimientos, y cuyos nombres se han omitido involuntariamente.

DEDICATORIA

A Dios, digno hacedor de la vida, que permitió que este trabajo se realice con normalidad y, sobre todo, por poner en mi camino a personas, que con su ayuda, hicieron más fácil esta investigación.

A mi madre, Rosa Mendoza León y hermana, Lola Marina Céspedes Quiroz, que orientaron y apoyaron mis decisiones en la vida.

A mi padre, porque, aunque ya no esté conmigo, siempre me ha guiado desde el cielo.

INDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. ANTECEDENTES.....	13
2.2. BASES TEÓRICAS.....	14
2.2.1. Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos Y Transferencia de Información Hidrometeorológica	14
2.2.2. Modelo Hidrológico de Lutz Scholz.....	20
2.2.3. Tratamiento Estadístico de la Información Hidrometeorológica	30
2.2.4. Prueba Estadística: Comparación de Medidas Para Muestras Independientes.....	44
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1. UBICACIÓN ESPACIAL.....	48
3.2. UBICACIÓN TEMPORAL.....	51
3.3. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	51
3.4. METODOLOGÍA.....	52
3.5. PROCEDIMIENTO	55
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90
4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA EL MODELO DE LUTZ SCHOLZ.....	90

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA LA METODOLOGÍA DE SIMILITUD HIDRÁULICA.....	90
4.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO	91
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
5.1. CONCLUSIONES	94
5.2. RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Variables principales del fenómeno físico precipitación-escorrentía.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2 Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3 Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%)</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4 Probabilidad concreta asociada al estadístico U</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 5 Georreferenciación cuenca del río Cajamarquino.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 6 Georreferenciación cuenca del río Namora.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 7 Resumen de las estaciones pluviométricas, en las cuencas del río Namora y Cajamarquino.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 8 Resumen de las estaciones climatológicas, en las cuencas del río Namora y Cajamarquino.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 9 Resumen de las estaciones hidrométricas, en las cuencas del río Namora y Cajamarquino.</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 10 Parámetros Geomorfológicos, en las cuencas del río Namora y Cajamarquino</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 11 Cuadro de resumen de la precipitación media mensual en milímetros (información corregida, completada y extendida)</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 12 Cuadro de resumen de caudal medio mensual en m³/s (información corregida, completada y extendida)</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 13 Precipitación Total Anual.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 14 Caudales generados por Lutz Scholz, sin calibrar, y observados en la cuenca del río Namora.</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 15 Caudales generados por Lutz Scholz, sin calibrar, y observados en la cuenca del río Cajamarquino.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 16 Caudales generados calibrados mediante Modelo Lutz Scholz para la cuenca del río Namora</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 17 Parámetros calibrados para microcuenca Namora.</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 18 Caudales generados calibrados mediante Modelo Lutz Scholz para la cuenca del río Cajamarca.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 19 Parámetros calibrados para microcuenca Cajamarca.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 20 Porcentaje de área de las estaciones de la cuenca Namora.</i>	<i>71</i>

<i>Tabla 21 Caudales generados para el período extendido.</i>	72
<i>Tabla 22 Porcentaje de área de las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino</i>	74
<i>Tabla 23 Caudales generados para el período extendido en m³/s para la cuenca Namora.</i>	75
<i>Tabla 24 Características geológicas de la cuenca del río Namora.</i>	78
<i>Tabla 25 Características geológicas de la cuenca del río Cajamarquino.</i>	79
<i>Tabla 26 Coeficiente mensual de Similitud Hidráulica para la cuenca del río Namora.</i>	80
<i>Tabla 27 Coeficiente mensual de Similitud Hidráulica para la cuenca del río Cajamarquino.</i>	81
<i>Tabla 28 Caudales medios mensuales generados por Similitud Hidráulica de la cuenca del río Namora.</i>	82
<i>Tabla 29 Caudales medios mensuales generados por Similitud Hidráulica de la cuenca del río Cajamarca.</i>	84
<i>Tabla 30 Prueba U de Mann Whitney-Modelo Lutz Scholz-Cuenca del Cajamarquino</i>	87
<i>Tabla 31 Prueba U de Mann Whitney-Método Similitud Hidráulica - Cuenca Cajamarca.</i>	87
<i>Tabla 32 Prueba T Student-Modelo Lutz Scholz-Cuenca Namora.</i>	88
<i>Tabla 33 Prueba U de Mann Whitney-Modelo Lutz Scholz-Cuenca Namora.</i>	88
<i>Tabla 34 Prueba U de Mann Whitney-Método Similitud Hidráulica - Cuenca Namora.</i>	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Análisis de doble masa	30
Figura 2 Zona de aceptación o de rechazo en la prueba T	33
Figura 3 Zona de aceptación o rechazo en la prueba F	35
Figura 4 Ubicación política de las cuencas en estudio.....	50
Figura 5 Ubicación referencial de la zona de estudio (Elaboración propia)	50
Figura 6 Esquema de la Metodología (Elaboración propia)	52
Figura 7 Esquema de la Metodología de Similitud Hidráulica (Elaboración propia)	53
Figura 7 Esquema de la Metodología de Similitud Hidráulica (Elaboración propia)	54
Figura 8 Esquema de la Metodología del modelo de Lutz Scholz (Elaboración propia)	54
Figura 9 Modelo digital de información descargado.	55
Figura 10 Ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas (Elaboración propia)	56
Figura 11 Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas (Elaboración propia).....	58
Figura 12 Ubicación geográfica de las estaciones hidrométricas (Elaboración propia)	59
Figura 13 Comparación de caudales observados y generados sin validación–Namora.	63
Figura 14 Comparación de caudales observados y generados sin validación–Cuenca Cajamarquino.....	64
Figura 15 Ajuste visual entre caudal observado y caudal generado cuenca Namora.	67
Figura 16 Ajuste visual entre caudal observado y caudal generado cuenca Cajamarca (Elaboración propia)	70
Figura 17 Mapa geológico de las cuencas de los ríos Namora y Cajamarquino.....	77
Figura 18 Comparación de los Caudales Medios Mensuales en la Cuenca del Río Cajamarquino para el año promedio.....	92
Figura 19 Comparación de los Caudales Medios Mensuales en la Cuenca del Río Namora para el año promedio.....	93

RESUMEN

La falta de información hidrológica en el territorio peruano, afecta directamente el diseño, planificación y ejecución de proyectos, que tienen que ver con la gestión de recursos hídricos. En este contexto, las metodologías y modelos hidrológicos, son algunas de las alternativas más efectivas para resolver este problema. Esta investigación, busca mostrar y cuantificar, las diferencias en los resultados generados por el modelo determinístico-estocástico, “Lutz Scholz”, y la metodología de “Similitud Hidráulica”, para la transferencia de información hidrometeorológica en sistemas hidrológicos altoandinos. Se compararon los valores medios mensuales de escorrentía, generados a partir de datos de precipitación, temperatura y escorrentía, que han sido recolectados en los años hidrológicos 1973-2015, por SENAMHI. En dos de las principales cuencas de la región de Cajamarca: la cuenca del río Namora (con el punto emisor ubicado en la estación hidrométrica, Namora Bocatoma) y la cuenca del río Cajamarquino (con el punto emisor ubicado en la estación hidrométrica, Jesús Túnel). Finalmente, los resultados de escorrentía y los datos históricos, se han comparado utilizando las pruebas: "Prueba t de Student" y "Prueba u de Mann Whitney" (pruebas de valor medio para muestras independientes).

La metodología de “Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos”, fue la que tuvo menor variación en la media, a pesar de su simplicidad, y de no usar otros parámetros de cuenca, como el modelo de Lutz Scholz.

Palabras claves: Modelo hidrológico, comparación, cuenca altoandina, caudal medio mensual.

ABSTRACT

The lack of hydrological information in the Peruvian territory directly affects the design, planning and working of projects which have to do with Water Resources Management. In this context, hydrological models and methodologies are some of the most effective alternatives for solving this problem. This investigation tries to show and quantify the differences in the results generated by the deterministic and stochastic model called Lutz Scholz, as well as the methodology of Hydraulic Similarity for hydrometeorological information transfer in High Andean Hydrological Systems. We compare the mean monthly runoff values, generated from rainfall, temperature, and runoff data that have been collected in the hydrological years 1973-2015 by SENAMHI, in two of the main basins of the Cajamarca region: The Namora River basin (with the target point located at the Hydrometric Station, Namora Bocatoma) and the Cajamarquino River basin (with the target point located at the Hydrometric Station, Jesús Túnel). Finally, the runoff results and the historical data have been compared using the two tests “Student’s t-test” and “Mann Whitney u-test” (mean value tests for independent samples). The “Hydraulic Similarity Methodology of high Andean Hydrological Systems,” was the one that had less variation in the mean values, in spite of its simplicity, and not using other basin like the Lutz Scholz model.

Keywords: Hydrological model, comparison, high Andean basin, monthly average run-off.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Determinar qué cantidad de agua escurrirá por una cuenca, es un conocimiento esencial para tratar algunos de los problemas más importantes que afectan a una determinada región, como son: la susceptibilidad a la erosión, la oferta hídrica esperada, el volumen de agua posible de ser embalsado, etc. En este sentido, las metodologías y modelos hidrológicos, juegan un papel fundamental para encontrar dicha cantidad de agua para un determinado período de tiempo.

El territorio peruano es ampliamente conocido por su diversidad climática y su compleja orografía, lo que obligaría a estudiar a los fenómenos hidrológicos de una manera sectorizada y específica, mediante microcuencas. En la sierra peruana, uno de los modelos hidrológico más usado, para los diversos proyectos hidráulicos, es el modelo determinístico-estocásticos de Lutz Scholz, el cual genera caudales medios mensuales para una determinada cuenca; información necesaria para estudios de proyectos de riego, abastecimiento de agua, hidroelectricidad, entre otros. Existen también metodologías que pueden ayudar al respecto, es el caso de la “Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos y Transferencia de Información Hidrometeorológica”, la cual fue desarrollada y publicada en el año 2015 por el Phd. Oswaldo Ortiz Vera.

El problema de la presente investigación radica en la siguiente pregunta: ¿Qué modelo o metodología, genera mejor el caudal medio mensual, para las cuencas de los ríos Namora y Cajamarquino? El estudio consiste en comparar los datos de caudal, obtenidos mediante modelamiento, y los registros de mediciones históricas, para las cuencas antes mencionadas.

En cuanto a los alcances de este trabajo, estos consistieron principalmente en: la calibración y validación del modelo de “Lutz Scholz”, y la calibración de la metodología de “Similitud Hidráulica de Cuencas Altoandinas”, a través de la comparación de los caudales medios

mensuales. Luego se analizaron dichos resultados, utilizando las pruebas, paramétricas y no paramétricas, de comparación de medias para muestras independientes.

El objetivo general de la presente investigación es: comparar la metodología de “Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos” y el modelo de “Lutz Scholtz”, en las cuencas de los ríos Cajamarquino y Namora, mediante los caudales medios mensuales.

Mientras que los objetivos específicos son: obtener los caudales medios mensuales en las cuencas de los ríos Cajamarquino y Namora, aplicando el modelo de Lutz Scholz y la metodología de “Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos”, para los años hidrológicos 1973-2015; comparar las variaciones que existen entre los caudales medios mensuales de ambos modelos con la información histórica, mediante las pruebas estadísticas T Student y U de Mann Whitney; y por último, determinar qué modelo o metodología hidrológica describe mejor la escorrentía media mensual.

Finalmente se presenta la descripción de contenidos: Capítulo II: Marco Teórico, en este capítulo encontramos los antecedentes locales, las bases teóricas y definiciones básicas. Capítulo III: Materiales y métodos, en el cual se detalla la ubicación y el procedimiento de la investigación. Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados, en este capítulo se presentan y se analizan los resultados obtenidos, mediante gráficos comparativos y tablas. Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones, se presentan finalmente las conclusiones, en el mismo orden que los objetivos específicos, además de las recomendaciones principales de la investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Específicamente, en la región de Cajamarca, y en general en el Perú, no se encontró ninguna investigación que compare un modelo hidrológico y una metodología, para la generación de caudales medios mensuales. Sin embargo, sí se pudo hallar la suficiente información respecto a cada uno de los procedimientos, la cual será detallada a continuación:

- En el año 2014 se desarrolló la tesis de grado: “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 del río: Tres Ríos”. El objetivo de la investigación fue determinar el volumen del recurso hídrico aprovechable en la microcuenca del “Río Tres Ríos” (Ronquillo), para los años hidrológicos 2008-2012 utilizando el modelo determinístico-estocástico: Lutz Scholz, validado. De esta investigación se tomó, la metodología para la obtención de caudales medios mensuales generados por el modelo de Lutz Scholz.
- En el año 2015 se desarrolló la tesis de grado: “Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos y Transferencia de Información Hidrometeorológica”, a cargo del Ing. Oswaldo Ortiz Vera, docente de la Universidad Nacional de Cajamarca, en la cual se desarrolló una metodología para identificar sistemas hidrológicos similares, usando parámetros adimensionales como referentes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica; de esta investigación se tomó las bases teóricas de la metodología de Similitud Hidráulica.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos Y Transferencia de Información Hidrometeorológica

La importancia del estudio de semejanza radica en la estimación de las características de las variables de comportamiento del prototipo a partir de los resultados obtenidos de la metodología. Se encontró que los parámetros índices de Gravelius, relación de confluencias y coeficiente orográfico, son condiciones necesarias y suficientes para una aproximación de similitud hidráulica. El estudio se realizó en unidades hidrológicas que se desarrollan entre los 1500 y 4200 m.s.n.m, donde las temperaturas medias anuales oscilan entre 9°C y 25°C, y precipitaciones medias anuales que varían entre 400 y 1200 mm/año. (Ortiz, 2014, p. 6)

A.- Análisis dimensional de sistemas hidrológicos

El fenómeno físico más importante en microcuencas altoandinas es el de la precipitación-escorrentía, variables causa efecto. Dependientes respectivamente de las características climáticas y de la naturaleza de cada microcuenca.

Si despreciamos la evapotranspiración real ya que los tiempos de duración son relativamente cortos o bien incluirla con un coeficiente escorrentía (incluirla como pérdida), dicho fenómeno quedará representado solamente por los siguientes parámetros:

Tabla 1 Variables principales del fenómeno físico precipitación-escorrentía

Variable	Dimensión
1.- Precipitación pluvial: P	LT^{-1}
2.- Intensidad de precipitación pluvial: I	LT^{-1}
3.- Período de duración de la lluvia: t	T
4.- Proyección del área receptora colectora: A	L^2
5.- Desnivel sobre el nivel del mar: H	L
6.- Caudal de escurrimiento: Q	L^3T^{-1}
7.- Perímetro de la cuenca: p	L

Fuente: Ortiz, 2011

Agrupando los parámetros adimensionales, mediante la aplicación del teorema de PI de Vaschy-Buckingham conducirá a la obtención de las leyes físicas que rigen los sistemas hidrológicos altoandinos. Los cuales quedan representados a continuación:

$$\pi_1 = \frac{Q}{AP} \quad (1)$$

$$\pi_2 = \frac{H}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

$$\pi_3 = \frac{I*t}{H} \quad (3)$$

$$\pi_4 = \frac{Q}{I*A} \quad (4)$$

$$\pi_5 = \frac{p}{\sqrt{A}} \quad (5)$$

B.- Condiciones de semejanza hidráulica

B.1.- Semejanza geométrica

En la hidráulica de modelos, existe semejanza geométrica entre modelo y prototipo cuando ambos sistemas poseen una idéntica, lo cual representa por una razón de tamaño, conocido como factor de escala de longitudes. Esta relación constante entre distancias homólogas, se representa mediante las relaciones.

$$L_e = \frac{L_m}{L_p}; L_e^2 = \frac{A_m}{A_p}; L_e^3 = \frac{U_m}{U_p} \quad (6)$$

Donde: L_e , es factor de escala; L_m , longitud homóloga del modelo; L_p , longitud homóloga del prototipo; A_m , área homóloga del modelo; A_p , área homóloga del prototipo; U_m , volumen del modelo; U_p , volumen del prototipo.

Por analogía con la hidráulica de modelos, en la morfometría deberá identificarse en las leyes adimensionales de los sistemas hidrológicos altoandinos el parámetro adimensional que mejor describa la forma geométrica de la cuenca.

a) Parámetros adimensionales de semejanza geométrica

Está dado por el parámetro adimensional de la ecuación (14), lo cual si multiplicáramos por un coeficiente nos da es el índice de Gravelius:

$$K_c = 0.28 \frac{p}{\sqrt{A}} \quad (7)$$

Parámetro adimensional que se obtiene relacionando el perímetro de la cuenca y el perímetro que tendría un círculo imaginario de la misma área que la cuenca, influenciando en la configuración de la red de drenaje superficial y en la geometría del hidrograma de escorrentía directa.

B.2.- Semejanza cinemática

En hidráulica de modelos, la condición de semejanza cinemática se cumple cuando, en los campos de flujo del modelo y prototipo, la relación de velocidades en puntos homólogos es una constante. Esto equivale a sostener que la geometría del patrón de flujo en ambos sistemas es idéntica.

$$V_e = \frac{V_m}{V_p} = \frac{L_m t_m^{-1}}{L_p t_p^{-1}} = L_e t_e^{-1}; a_e = \frac{a_m}{a_p} = \frac{L_m t_m^{-2}}{L_p t_p^{-2}} = L_e t_e^{-2}; Q_e = \frac{Q_m}{Q_p} = \frac{L_m^3 t_m^{-1}}{L_p^3 t_p^{-1}} = L_e^3 t_e^{-1} \quad (8)$$

Donde: V_e , escala de velocidad;

V_m , velocidad homóloga en el modelo;

V_p , velocidad homóloga del prototipo;

a_e , escala de aceleraciones;

Q_e , escala de caudal;

t_e , escala de tiempos.

a) Parámetros de relación de confluencias promedio y semejanza cinemática

Este parámetro adimensional describe la configuración espacial o geometría de la red de drenaje y expresa el grado de ramificaciones de la red. Se cuantifica mediante las ecuaciones siguientes

$$r_c = \frac{n_i}{n_{i+1}} \quad (9)$$

$$R_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{ci} \quad (10)$$

Donde:

r_c = relación de confluencias parcial

n_i = número de cursos naturales de orden i.

n_{i+1} = número de cauces de orden inmediatamente superior a i (i=1, 2,3...N-1)

N = número de orden de la cuenca

r_{ci} = cada uno de los “n” valores parciales

R_c = relación de confluencias prometido

B.3.- Semejanza dinámica

En la hidráulica de modelos, la semejanza dinámica entre modelo y prototipo se consigue cuando la relación de fuerzas homólogas en puntos homólogos es una constante, lo cual se expresa mediante relación.

$$F_e = \frac{F_m}{F_p} = \frac{M_m a_m}{M_p a_p} = \frac{\rho_m L_m^3 L_m t_m^{-2}}{\rho_p L_p^3 L_p t_p^{-2}} = \rho_e L_e^4 t_e^{-2} \quad (11)$$

Donde: F_e , escala de fuerzas; F_m , fuerza homóloga en el modelo; F_p , fuerza homóloga en el prototipo; ρ_e , escala de densidades.

Por inferencia con la hidráulica de modelos, en la hidrología morfométrica adimensional deberá identificarse en las leyes adimensionales de los sistemas hidrológicos altoandinos el parámetro adimensional que sea el mejor referente de las fuerzas hidrodinámicas energéticas y/o degradantes.

a) Parámetros adimensionales orográfico y de semejanza dinámica

Está dado por el parámetro adimensional de la ecuación (19), lo cual si lo elevamos al cuadrado nos da el llamado coeficiente orográfico:

$$C_0 = \frac{H^2}{A} \quad (12)$$

Parámetro adimensional asociado con las fuerzas de gravitación de los flujos superficiales y por ende con los potenciales de erosión hídrica y generación de energía hidráulica. (Ortiz, 2014, pp. 7-20)

C.- Teorema de pi de Vaschy – Buckingham

Suponiendo que el fenómeno físico a estudiar involucra un conjunto de “n” variables principales, en cuyo grupo están presentes tres magnitudes fundamentales-por ejemplo, fuerza, longitud, tiempo. Entonces, en concordancia con el teorema PI de Vaschy Buckingham, se escogen tres variables (d = 3) que se repiten en los productos de todos los PI (V1, V2, V3); las que, bajo las condiciones y supuestos señalados anteriormente, se pueden denotar las expresiones funcionales siguientes:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= V_1^{x_1} V_2^{y_1} V_3^{z_1} V_4 \\ \pi_2 &= V_1^{x_2} V_2^{y_2} V_3^{z_2} V_5 \\ \pi_3 &= V_1^{x_3} V_2^{y_3} V_3^{z_3} V_6 \\ &\dots\dots\dots \\ \pi_{n-d} &= V_1^{x_{n-d}} V_2^{y_{n-d}} V_3^{z_{n-d}} V_n \end{aligned} \quad (13)$$

El símbolo π del primer miembro de cada ecuación simplemente es un símbolo que denota que es un número sin dimensiones y nada tiene que ver con la constante matemática con la que estamos familiarizados.

Si todas las variables que intervienen en un fenómeno físico son importantes, entonces todas ellas se pueden agrupar formando una función, o lo que es lo mismo se puede formar una función con todos los parámetros adimensionales, de la manera siguiente:

$$f(V_1, V_2, V_3, \dots, V_n) = 0 \quad (14)$$

$$\emptyset(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_{n-d}) = 0 \quad (15)$$

Consecuentemente, en concordancia con lo antes discutido, el teorema PI de Vaschy - Buckingham puede denotarse de una manera más general mediante la ecuación (16).

$$G_i = V_i \prod_{j=d-n+1}^{j=n} V_j^{a_{ij}} \quad i = 1, \dots, n - d \quad (16)$$

Donde, i G representa a cada grupo o parámetro adimensional; mientras que ij a, se determina de tal modo que cada grupo sea adimensional. (Ortiz, 2014, pp. 21-23)

a) Parámetros adimensionales de transferencia

Con el propósito de mejorar la calidad de transferencia se puede realizar combinaciones entre parámetros para obtener otros parámetros adimensionales con mayor cantidad de variables, tal como el parámetro adimensional de la cuenca (17), resultado de combinar las ecuaciones (1) y (2), muy importante para transferir escorrentías.

$$\pi_{12} = \frac{Q*H}{A^{3/2}*P} \quad (17)$$

Aplicando el principio de similitud para una dupla de cuencas origen y destino, el parámetro adimensional de la ecuación (17) queda conforme lo establece la ecuación (18), o su equivalente (19) en función de escalas.

$$\frac{Q_0*H_0}{A_0^{3/2}*P_0} = \frac{Q_d*H_d}{A_d^{3/2}*P_d} \quad (18)$$

Los subíndices de las variables del primer y segundo miembro de esta ecuación corresponden a los sistemas hidrológicos de origen y destino respectivamente:

$$Q_d = H_e^{-1} * P_e * A_e^{\frac{3}{2}} * Q_0 \quad (19)$$

Donde:

H_e = escala de altitudes

P_e = escala de precipitación

A_e = escala de áreas

Q_0 = caudal total en la cuenca de origen

Q_d = caudal total transferido en la cuenca destino. (Ortiz, 2015, p. 30)

b) Identificación de microcuencas hidráulicamente similares.

Uno de los criterios más importantes para establecer que dos cuencas son similares y luego poder transferir información hidrometeorológica, es conocer los límites en los que se puedan aceptar en el índice de Gravelius, relación de confluencias, y coeficiente orográfico. Así, el

prototipo establecido para identificación o reconocimiento de sistemas hidrológicos altoandinos con similitud hidráulica se resume en las siguientes actividades:

- Estimación de parámetros morfométricos de similitud hidráulica: índice de Gravelius, relación de confluencias, coeficiente orográfico.
- Agrupación de microcuencas por su geometría.
- Se excluyen de cada grupo geométrico aquellas unidades hidrológicas más discrepantes, de tal modo que el coeficiente de variación de índice de Gravelius, relación de confluencias, y coeficiente orográfico no exceda de 0.05, 0.2 y 0.3, respectivamente. Este nivel de aproximación, aceptado en la práctica, se justifica por los niveles de error cometidos en la estimación de variables y efectos de escala.
- Las unidades hidrológicas que quedan, luego del paso precedente, son microcuencas hidráulicamente similares. (Ortiz, 2015)

2.2.2. Modelo Hidrológico de Lutz Scholz

A.- Generalidades

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).

Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización 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).

B.-Ecuación del balance hídrico

La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es la siguiente:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (20)$$

Dónde:

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:

1. 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

2. 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 (30) se convierte en:

$$Q = c'CP(AR) \quad (21)$$

Que es la expresión básica del método racional.

Dónde:

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)

C.- Coeficiente de escurrimiento

Se ha considerado el uso de la fórmula propuesta por L. Turc:

$$C = \frac{P-D}{P} \quad (22)$$

Los coeficientes parciales de las curvas se encuentran con las expresiones.

$$CI = \frac{CP-PEII}{PEI-PEII} \quad (22.1)$$

$$CII = \frac{CP-PEIII}{PEII-PEIII} \quad (22.2)$$

$$CIII = \frac{CP-PEII}{PEIII-PEII} \quad (22.3)$$

Dónde:

C = Coeficiente de escurrimiento

CI, CII y CIII= Coeficientes para cada grupo de curvas

P = Precipitación Total anual (mm/año)

PEI, PEII, PEIII= Precipitación efectiva para cada grupo de curvas (mm)

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación de D se utiliza la expresión:

$$L = 300 + 25(t) + 0.05(T)^3 = 646.70 \quad D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (23)$$

Siendo:

L = Coeficiente de Temperatura

T = Temperatura media anual (°C)

Dado que no se ha podido obtener una ecuación general del coeficiente de escurrimiento para la toda la sierra, se ha desarrollado la fórmula siguiente, que es válida para la región sur:

$$\bar{C} = 3.16E12(P^{-0.571})(EP^{-3.686}); \quad r = 0.96 \quad (24)$$

$$\bar{D} = -1380 + 0.872(P) + 1.032(E P); \quad r = 0.96 \quad (25)$$

Dónde:

C = Coeficiente de escurrimiento

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación total anual (mm/año)

EP = Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año)

r = Coeficiente de correlación

La evapotranspiración potencial, se ha determinado por la fórmula de Hargreaves:

$$EP = 0.0075(RSM)(TF)(FA) \quad (26)$$

$$RSM = 0.075(RA) \sqrt{\frac{n}{N}} \quad (27)$$

$$FA = 1 + 0.06(AL) \quad (28)$$

Dónde:

RSM = Radiación solar media

TF = Componente de temperatura

FA = Coeficiente de corrección por elevación

TF = Temperatura media anual (°F)

RA = Radiación extraterrestre (mm de agua / año)

(n/N) = Relación entre insolación actual y posible (%)

50 % (estimación en base a los registros)

AL = Elevación media de la cuenca (Km)

Para determinar la temperatura anual se toma en cuenta el valor de los registros de las estaciones y el gradiente de temperatura de $-5.3\text{ }^{\circ}\text{C } 1/ 1000\text{ m}$, determinado para la sierra.

D.- Precipitación efectiva

Para el cálculo de la Precipitación Efectiva, se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención.

Para fines hidrológicos se toma como precipitación efectiva la parte de la precipitación total mensual, que corresponde al déficit según el método del USBR (precipitación efectiva hidrológica es la antítesis de la precipitación efectiva para los cultivos).

A fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se ha determinado el polinomio de quinto grado:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5 \quad (29)$$

Dónde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

a_i = Coeficiente del polinomio

A continuación, se muestra los valores límite de la precipitación efectiva y la tabla 3 muestra los tres juegos de coeficientes, a_i , que permiten alcanzar por interpolación valores de C, comprendidos entre 0.15 y 0.45.

Límite superior para Precipitación Efectiva

Curva I:

PE=P-120.6 para P> 177.8 mm/mes

Curva II:

PE=P-86.4 para P>152.4 mm/mes

Curva III:

PE=P-59.7 para P>127.0 mm/mes

Tabla 2 Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.

Coef.	I	II	III
a0	-0.018	-0.021	-0.028
a1	-0.019	0.1358	0.2756
a2	0.0011	-0.002	-0.004
a3	-1E-05	4E-05	6E-05
a4	1E-07	-9E-08	1E-07
a5	-3E-10	-9E-11	-1E-09

Fuente: Scholz, Lutz. 1980

De esta forma es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P} \quad (30)$$

Dónde:

C = Coeficiente de escurrimiento

Q = Caudal anual

P = Precipitación Total anual

$\sum_{i=1}^{12} PE_i$ = suma de la precipitación efectiva

E.- 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:

$$R_i = CM_i - P_i \quad (31.1)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (31.2)$$

Dónde:

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)

$R_i = G_i$ para valores mayores que cero (mm/mes)

$R_i = A_i$ para valores menores que cero (mm/mes)

Sumando los valores de G o A respectivamente, se halla la retención total de la cuenca para el año promedio, que para el caso de las cuencas de la sierra varía de 43 a 188 (mm/año).

F.-Relación entre descargas y retención

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:

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)} \quad (32)$$

Dónde:

Q_t = Descarga en el tiempo t

Q_0 = Descarga inicial

a = Coeficiente de agotamiento

t = Tiempo

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos

G.- Coeficiente de agotamiento

Mediante la ecuación (43.1) se puede calcular el coeficiente de agotamiento "a", en base a datos hidrométricos. Este coeficiente no es constante durante toda la estación seca, ya que va disminuyendo gradualmente.

Con fines prácticos se puede despreciar la variación del coeficiente "a" durante la estación seca empleando un valor promedio.

$$a = f(LnAR) \quad (33.1)$$

$$a = 3.1249E67(AR)^{-0.1144}(EP)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429} \quad (33.2)$$

$$r = 0.86$$

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 la determinación del coeficiente "a" 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):

$$a = -0.00252(LnAR) + 0.034 \quad (33.3)$$

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

$$a = -0.00252(LnAR) + 0.030 \quad (33.4)$$

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

$$a = -0.00252(LnAR) + 0.026 \quad (33.5)$$

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

$$a = -0.00252(LnAR) + 0.023 \quad (33.6)$$

Donde:

a = coeficiente de agotamiento por día

AR = área de la cuenca (km²)

EP = evapotranspiración potencial anual (mm/año)

T = duración de la temporada seca (días)

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

H.-Almacenamiento hídrico

Tres tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de la cuenca son considerados:

- Acuíferos
- Lagunas y pantanos
- Nevados

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

- Acuíferos:

$$L_A = -750(I) + 315 \text{ (mm/año)} \quad (34.1)$$

Siendo:

LA = lámina específica de acuíferos

I = pendiente de desagüe: $I \leq 15 \%$

$$L_L = 500 \text{ (mm/año)} \quad (34.2)$$

- Lagunas y Pantanos

Siendo:

LL = Lámina específica de lagunas y pantanos

- Nevados

$$L_N = 500 \text{ (mm/año)} \quad (34.3)$$

Siendo:

L_N = lámina específica de nevados

I.- Abastecimiento de la retención

El abastecimiento durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. Los coeficientes mensuales expresados en porcentaje del almacenamiento total anual se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 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, Lutz. 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:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) \quad (35)$$

Siendo:

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:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (36)$$

Dónde:

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 períodos 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 (39) con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva en la ecuación (40):

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad (37)$$

$$Q = g(PE_t) \quad (38)$$

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

$$Z = z(S)\sqrt{(1 - r^2)} \quad (39)$$

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2} \quad (40)$$

Donde:

Q_t = Caudal del mes t

Q_{t-1} = Caudal del mes anterior

PE_t = Precipitación efectiva del mes

B_1 = Factor constante o caudal básico.

Se calcula los parámetros B_1 , B_2 , B_3 , r y S sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión con Q_t como valor dependiente y Q_{t-1} y PE_t , como valores independientes. Para el cálculo se recomienda el uso de software comercial (hojas electrónicas) o de uso específico (programas elaborados tales como el SIH).

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.

2.2.3. Tratamiento Estadístico de la Información Hidrometeorológica

A.- Análisis de Doble Masa

El análisis de doble masa se realiza para la determinación de la consistencia de la información, mas no para eliminar errores, en vista de que a línea de doble masa no constituye una línea de regresión.

Este análisis consiste en seleccionar la información de una o varias estaciones de la cuenca llamada(s) Estación(es) Índice, cuyos datos se consideran confiables. Esta información sirve de comparación para el resto de Estaciones. Consiste en plotear en el eje de las abscisas, el promedio de los datos anuales acumulados de la(s). Estaciones Índice versus los datos acumulados anuales de cada Estación que se estudia, en el eje de las ordenadas. (Ortiz, 2006)

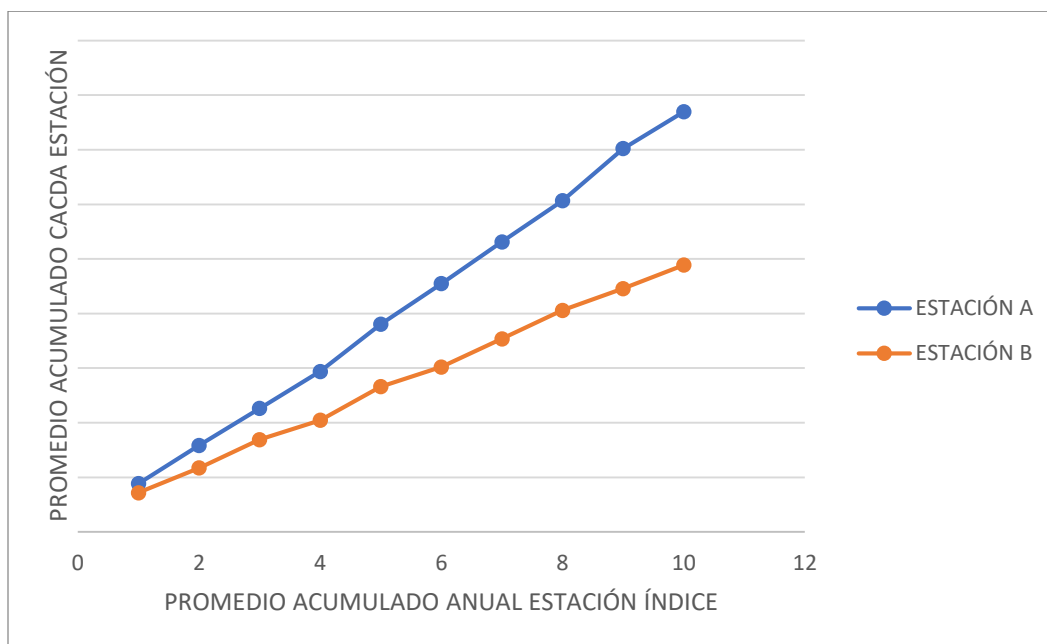


Figura 1 Análisis de doble masa
(Elaboración propia)

B.- Evaluación y Cuantificación de Saltos

Se realiza mediante análisis estadístico, el mismo que es un proceso de inferencia para la media y la variancia de los periodos dudoso y confiable, establecidos en la fase de identificación.

B.1.-Consistencia en la media

La consistencia en la media se verifica mediante la prueba estadística “T” de Student. Se trata de analizar si las medias de los datos correspondientes a los periodos dudoso y confiable son equivalentes o diferentes estadísticamente, para cierto nivel de significación o preestablecido.

El procedimiento de la prueba T es el siguiente:

I) Formulación de la Hipótesis

La hipótesis planteada HP, respecto a la homogeneidad de medidas es: “Las medias muestrales de los datos correspondientes a los períodos dudoso y fiable son equivalentes estadísticamente al nivel de confianza de $100-\alpha$ ”.

Estadísticamente, las hipótesis anteriores se expresan como sigue:

$$HP: \bar{X}_1 = \bar{X}_2 \quad (41)$$

$$HA: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 \quad (42)$$

Se lee, “las medidas de los periodos dudosos y confiable de la Estación en estudio son estadísticamente iguales, o son estadísticamente difíciles”.

En ingeniería hidrológica, la exigencia acerca del nivel de significación es: $\alpha=0.05(5\%)$.

II) Determinación del T tabular (Tt)

Los grados de libertad GL para los períodos analizados son:

$$GL_1 = n_1 - 1 \quad \text{período 1} \quad (43)$$

$$GL_2 = n_2 - 1 \quad \text{período 2} \quad (44)$$

Donde, n_1 y n_2 son el número de datos de cada periodo

En consecuencia, sumando miembro a miembro ambas expresiones, el número de grados de libertad GL total se expresa mediante la expresión.

$$GL_T = n_1 + n_2 - 2$$

Con el nivel de confianza de 95% (5%) y el número de grados de libertad total GL, se obtiene el valor de Tt de las tablas o directamente del modelo teórico correspondiente (software).

III) Determinación del T calculado (Tc)

El estadístico Tc se calcula mediante la expresión...

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_d} \quad (45)$$

$$S_d = S_p * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (46)$$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2} \quad (47)$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_1 - \bar{X}_1)^2 \quad (48)$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (x_1 - \bar{X}_2)^2 \quad (49)$$

Donde:

S_d = Desviación de las diferencias de las medias.

S_p = Desviación estándar ponderada

\bar{X} = Media muestral

S = Desviación estándar muestral

x_1 = Datos de la serie analizada

IV) Criterios de aceptación o de rechazo de la HP

Si:

$$|T_c| < T_t(\alpha = 5\%) \text{ Aceptar HP} \quad (50)$$

$$|T_c| > T_t(\alpha = 5\%) \text{ Aceptar HA} \quad (51)$$

En el primer caso, se dice que la prueba T es no significativa y; en el segundo caso, la prueba puede ser significativa. En este último caso, implica corregir la información, eliminando el salto del periodo dudoso (eliminación del salto) y sin tener que recurrir a la prueba de F.

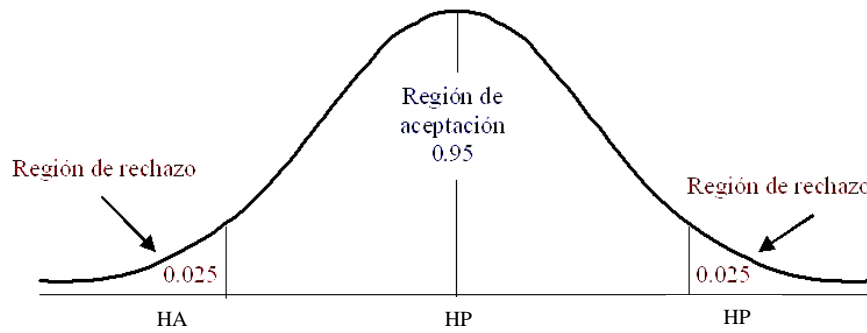


Figura 2 Zona de aceptación o de rechazo en la prueba T
(Elaboración propia)

B.2.-Consistencia en la Varianza

La homogeneidad de las variancias se verifica mediante la prueba F de Fisher, según el siguiente procedimiento.

I) Formulación de la hipótesis

Similarmente a cómo se procedió en la prueba T, las hipótesis de esta prueba se plantea estadísticamente de la siguiente manera:

$$HP: S_1^2 = S_2^2 (\alpha=0.05) \quad (52)$$

$$HA: S_1^2 \neq S_2^2 (\alpha=0.05) \quad (53)$$

Se lee, “las variancias de los periodos dudosos y confiable de la Estación en estudio son estadísticamente iguales o son estadísticamente diferentes”.

Donde, S_1^2 y S_2^2 son las variancias muestrales correspondientes a los periodos dudosos o confiables de la Estación en estudio.

II) Determinación del F calculado (F_c)

El estadístico F_c se determina mediante la expresión 60

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \text{ sí: } S_1^2 > S_2^2 \quad (54)$$

O en cambio:

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2}, \text{ sí: } S_2^2 > S_1^2 \quad (55)$$

III) Determinación del F tabular (F_t)

Los grados de libertad y en el nivel de significación se expresa de la manera siguiente:

$$\text{G.L.N} = n_1 - 1 \quad (56)$$

$$\text{G.L.D} = n_2 - 1 \quad (57)$$

$$\alpha=0.05(N_c=95\%)$$

Donde:

G.L.N = Grados de libertad del numerador

G.L.D = Grados de libertad del denominador

N_c = Nivel de confianza

Con los grados de libertad del numerador y del denominador y el nivel de significación $\alpha=0.05$, se obtiene de las tablas el valor teórico correspondiente o directamente del software con los mismos datos de entrada.

IV) Criterios de aceptación o rechaza de la HP

Si:

$$F_c \leq F_c (95\%) \text{ Acepta HP (muestra consistente)} \quad (58)$$

$$F_c > F_c (95\%) \text{ Acepta HA (muestra inconsistente)} \quad (59)$$

En el primer caso, se dice que la prueba de F es no significativa y la información es consistente y; en el segundo, la prueba es significativa o altamente significativa. En este último caso, debe eliminarse el salto corrigiendo los datos del periodo dudoso partiendo del periodo confiable.

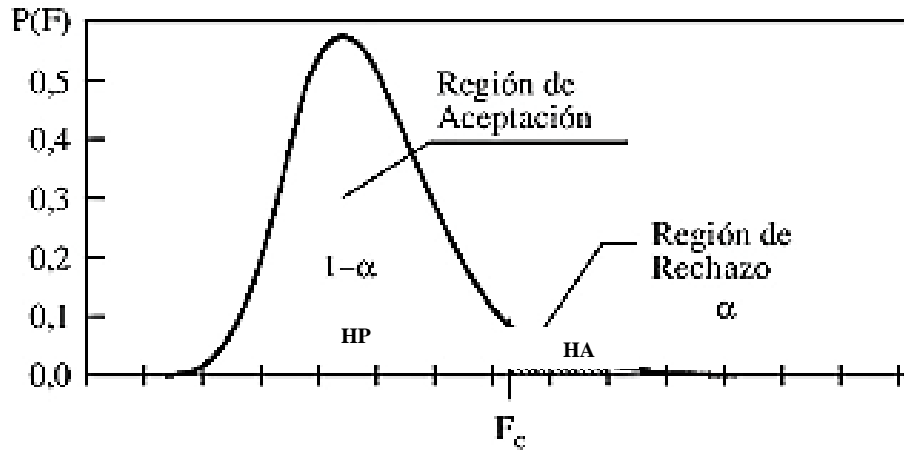


Figura 3 Zona de aceptación o rechazo en la prueba F
 (Internet: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/5266>)

B.3.-Eliminación de Saltos Significativos

Una de las metodologías empleadas para la corrección de saltos es mediante la utilización de las siguientes expresiones:

- a) Si el período 1 es dudoso y el periodo 2 es confiable, entonces:

$$x'_i = \left(\frac{x_i - \bar{X}_1}{S_1} \right) S_2 + \bar{X}_2 \quad (60)$$

- b) Si en cambio, el periodo 1 es el confiable y el periodo 2 el dudoso corregible, entonces la expresión 65.

$$x'_i = \left(\frac{x_i - \bar{X}_2}{S_2} \right) S_1 + \bar{X}_1 \quad (61)$$

Donde: x_i = Dato a corregir
 x'_i = Dato a corregido
 S = Variancia
 \bar{X} = Media

B.4.- Eliminación de las pruebas estadísticas y Bondad de la Información corregida

- Las distribuciones T y F son deducidas de la distribución normal en base al teorema del límite central, en consecuencia, esas pruebas sólo son aplicables a muestras con distribución normal.

- Las pruebas T y F son aplicables a muestras no periódicas, ya que la periodicidad puede destruir dichas pruebas. Esto implica que las pruebas son más aplicables a datos anuales que a los datos no anuales (datos estacionales, mensuales, semanales y diarios).
- Las pruebas son válidas solamente para datos independientes y, por lo general, las series hidrológicas son dependientes.

Para fines prácticos de la ingeniería hidrológica, las pruebas pueden ser empleadas más allá de los límites de aplicación o en cambio se pueden mejorar dichas pruebas mediante la aplicación de las ecuaciones (66) y (67), las que convierten la longitud equivalente.

Para la prueba T:

$$N_e = \left(\frac{1 - \rho_1}{1 + \rho_1} \right) n \quad (62)$$

Para la prueba F:

$$N_e = \left(\frac{1 - \rho_1^2}{1 + \rho_1^2} \right) n \quad (63)$$

Donde, en ambas expresiones:

n = Longitud de registro de datos dependientes (tamaño de la muestra)

N_e = Longitud efectiva muestral (corregir dependencia)

ρ_1 = Coeficiente de autocorrelación de primer orden

Dicha metodología corrige la dependencia de las series, convirtiéndolas en sus equivalentes independientes.

Una vez corregida la información se efectúan de nuevo las pruebas T y F para verificar si la muestra corregida está dentro de los límites de aceptación con el nivel de confianza de 95%.

C.- Análisis de Tendencias

Las tendencias, por lo general, pueden ser aproximadas por la ecuación de regresión lineal y en algunos casos por polinomios que representan tendencia curvilínea o exponencial. Las tendencias, al igual que los saltos, se presentan en la medida y en la variancia.

C.1. Tendencia en la Media

La tendencia en la media $Tm_{p,\tau}$ puede expresarse en forma general por el siguiente polinomio.

$$Tm_{p,\tau} = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots \quad (64)$$

En muchos casos para estimar la tendencia, es suficiente la ecuación de regresión simple, para la cual la ecuación (69) se transforma en la (70)

$$Tm_{p,\tau} = A_m + B_m t \quad (65)$$

Donde:

$Tm_{p,t}$ = Proceso estocástico no estacionario esto es, la información hidrometereológica corregida por saltos

t = Tiempo

p = 1,2, 3, ..., n = número de años de registro

τ = 1,2, 3, ..., w = periodo básico e igual a 365, 53, o 12 según que la serie sea diario, semanal o anual, respectivamente.

A_m, B_m, C_m, D_m , son los coeficientes del polinomio de regresión, los mismos que deben estimarse a partir de los datos de la muestra. Estas constantes son estimadas por el método de mínimos cuadrados para el caso de regresión simple (RLS) o por el método de regresión múltiple (RM), en el caso del polinomio.

Para identificar y cuantificar una tendencia, lineal, mediante la ecuación (70), se sigue el procedimiento explicado en los pasos siguientes.

1. Con los datos de la información de la muestra se estiman los parámetros de la ecuación de regresión, mediante las expresiones siguientes:

$$A_m = \overline{Tm_{p,\tau}} - B_m \bar{t} \quad (66)$$

$$B_m = R \frac{S_{tm}}{S_t} \quad (67)$$

$$R = \frac{\overline{t * Tm_{p,\tau}} - \bar{t} * \overline{Tm_{p,\tau}}}{S_t * S_{Tm}} \quad (68)$$

Donde:

$\overline{Tm_{p,\tau}}$ = Promedio de la tendencia

\bar{t} = Promedio del tiempo

S_{Tm} = Desviación de la tendencia $Tm_{p,\tau}$

S_t = Desviación del t

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

$$\overline{Tm_{p,\tau}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Tm_{p,\tau})_i * t_i \quad (69)$$

- Para verificar si la tendencia es o no significativa, se procede a realizar la prueba de T del coeficiente de correlación lineal, para lo cual se plantean las hipótesis siguientes:

$$HP: R = 0 (\alpha=0.05)$$

$$HA: R \neq 0 (\alpha=0.05)$$

Ambas expresiones son igualdades estadísticas y no matemáticas.

- El estadístico T calculado (T_c) se estima mediante la expresión siguiente:

$$T_c = \frac{R(n-2)^{1/2}}{(1-R^2)^{1/2}} \quad (70)$$

Donde:

T_c = Estadístico T calculado

n = Número de datos

R = Coeficiente de correlación lineal

- Con el número de grados de libertad $GL = n - 2$ y el grado de significación $\alpha=0.05$, se determina el T teórico (T_t) de la tabla correspondiente.

5. Los criterios de aceptación o de rechazo de la hipótesis planteada se establecen según condiciones siguientes:

Si:

$$T_c \leq T_t \text{ (95\%)} \text{ Acepta HP (prueba no significativa)}$$

$$T_c > T_t \text{ (95\%)} \text{ Acepta HA (prueba significativa)}$$

En el primer caso, la muestra es consistente, sin saltos ni tendencias, en cambio en el segundo caso, la tendencia es significativa y entonces se procede a estimarla, tal como se explica a continuación.

C.2. Eliminación de la Tendencia en la Media

Si la prueba T del coeficiente de correlación no es significativa, la muestra no tiene tendencia en la media, por lo que no se corrige. Pero si en cambio la prueba resultó significativa, entonces se procede a eliminarlo mediante la ecuación (68), de donde se derivan las ecuaciones (71)

$$y_{p,\tau} = x_{p,\tau} - Tm_{p,\tau} \quad (71)$$

También se elimina la tendencia en la media aplicando la ecuación siguiente:

$$y_{p,\tau} = x_{p,\tau} - (A_m + B_m t) \quad (72)$$

Donde:

$$y_{p,\tau} = \text{Serie sin tendencia en la media}$$

$$x_{p,\tau} = \text{Serie de datos analizados}$$

$$Tm_{p,\tau} = \text{Tendencia en la media}$$

Si la tendencia es polinomial, esta se elimina según la expresión (66)

C.3. Tendencia en la Varianza

La tendencia en la varianza generalmente se presenta en los datos semanales o mensuales, mas no en los anuales. Esta tendencia al igual que la media, puede ser aproximada por la ecuación polinomial siguiente:

$$TS_{p,\tau} = A_S + B_S t + C_S t^2 + D_S t^3 + \dots \quad (73)$$

$$TS_{p,\tau} = \text{Tendencia en la variancia}$$

$$\tau = 1, 2, \dots, n$$

n = Longitud de registro en años

A_S, B_S, C_S, D_S , Son coeficiente del polinomio de regresión y se estiman a partir de los datos de la muestra.

En la mayoría de casos, las tendencias son lineales, por lo que una buena aproximación en su estimación puede lograrse tomando sólo los dos primeros términos de la ecuación (73), resultando la expresión (76).

$$TS_{p,\tau} = A_S + B_S t \quad (74)$$

Para identificar y cuantificar la tendencia en la variancia, se procede de la manera que para la tendencia en la media tal como se explica en los pasos siguientes.

1. La información corregida por tendencia en la media " $y_{p,\tau}$ " se divide en varios periodos anuales.
2. Se calcula las dispersiones, para cada periodo, de toda la información mediante la ecuación (80)

$$S_p = \left[\frac{1}{w-1} \sum_{i=1}^w (Y_{p,\tau} - \bar{Y}_p)^2 \right]^{1/2} \quad (75)$$

Donde:

S_p = Desviación estándar del año p

$Y_{p,\tau}$ = Serie sin tendencia en la media

\bar{Y}_p = Promedio del año p

w = 12, si el análisis es mensual y, 52 si es semanal

w = 1, 2, ..., n

3. Se determinan los parámetros de regresión lineal simple de la ecuación (76), a partir de las desviaciones anuales " S_p " y el tiempo " t " (en años), utilizando las mismas ecuaciones que para el caso de la tendencia en la media.
4. Se realiza la prueba T del coeficiente de regresión lineal R, procediéndose luego de manera similar a lo explicado para el caso de la tendencia en la media.

C.4. Eliminación de la Tendencia en la Variancia

Si la prueba de T de la tendencia en la variancia es significativa, entonces se procede a eliminar mediante a la ecuación (76) o (77).

$$z_{p,\tau} = \frac{y_{p,\tau}}{TS_{p,\tau}} + \overline{TS}_{p,\tau} \quad (76)$$

$$z_{p,\tau} = \frac{x_{p,\tau} - Tm_{p,\tau}}{TS_{p,\tau}} + \overline{TS} \quad (77)$$

Donde:

$z_{p,\tau}$ = Serie sin tendencia en la variancia

$Tm_{p,\tau}, TS_{p,\tau}$ = Son valores constantes para cada intervalo “w” considerado. Dentro del periodo “w” donde los valores son periódicos.

D.- Completar y extender de Series Temporales

Completar y extender las series históricas es uno de los problemas más comunes en la hidrología de superficie. Algunas de los métodos más usados, para completar la información:

D.1. Método de regresión lineal

Este método es uno de los más utilizados, para ello se requiere establecer una regresión y correlación lineal entre una estación patrón y la estación que tenga carencia de información, mediante una ecuación lineal de dos variables, del tipo:

$$y = a + bx$$

Donde;

y = Valor estimado de la precipitación para la estación carente (mm).

x = Valor de precipitación registrado en la estación patrón (mm)

a, b = constantes de regresión.

Este método, a pesar de ser muy fácil aplicación, no puede ser aplicado indiscriminadamente, dado que es necesario saber si la calidad del ajuste es buena o mala. (UNESCO-ROSTLAC, 1982).

D.2. Método de razones promedio

Es complementario al método anterior, y se define por la siguiente base conceptual. Si en una zona cualquiera, la precipitación normal de la estación X, difiere en más de un 10% con alguna de las estaciones vecinas, entonces es necesario aplicar la ecuación (4) (UNESCO-ROSTLAC, 1982; Linsley et al, 1988; Pizarro et al, 1993):

$$P_x = \frac{\overline{P_x}}{N} * \left[\frac{PA}{\overline{PA}} + \frac{PB}{\overline{PB}} + \dots + \frac{PN}{\overline{PN}} \right] \quad (78)$$

Donde;

$\overline{P_x}, \overline{PA}, \overline{PB}, \dots, \overline{PN}$ = promedio normal de las precipitaciones anuales registradas en un período común para las N estaciones y la estación

X; PA, PB, ...PN = precipitación en las N estaciones durante el período que falta en X.

Lo que se logra al aplicar este método, es realizar una estimación para la estación faltante, en función de las relaciones entre las precipitaciones de un período en estudio y las precipitaciones normales (Pizarro et al, 1993).

D.3. Método por correlación con estaciones vecinas

Aquí se utilizan las precipitaciones estimadas a partir de correlaciones entre la estación con carencia de datos y cada una de las estaciones vecinas, a los que se asocian los coeficientes de correlación respectivos (UNESCO-ROSTLAC, 1982). Su expresión matemática definida en la ecuación (5) es la siguiente:

$$P_X = \frac{P_{XA} * r_{XA} + P_{XB} * r_{XB} + \dots + P_{XN} * r_{XN}}{r_{XA} + r_{XB} + \dots + r_{XN}} \quad (79)$$

Donde;

P_X = Valor estimado de precipitación en X

P_{Xi} = Valor estimado de precipitación en X, a partir de las regresiones con cada una de las i estaciones.

r_{PXi} = Coeficiente de correlación entre los registros de la estación X, y cada una de las i estaciones.

A, B, ..., N = Estaciones consideradas.

Este método sirve para la completación de información de tipo anual, y su uso es sólo recomendable cuando el coeficiente de la correlación del método de correlación lineal, no supera la barrera del valor $\pm 0,8$ (CAZALAC, 2005).

D.4. Método por regresiones múltiples

Este método, es una extensión del método de regresión simple y su forma de estimar la precipitación se basa en la expresión matemática:

$$P_x = \frac{\overline{P_x}}{N} * \left[\frac{PA}{\overline{PA}} + \frac{PB}{\overline{PB}} + \dots + \frac{PN}{\overline{PN}} \right] \quad (80)$$

Donde;

$\overline{P_x}, \overline{PA}, \overline{PB}, \dots, \overline{PN}$ = promedio normal de las precipitaciones anuales registradas en un período común para las N estaciones y la estación

X; PA, PB, ...PN = precipitación en las N estaciones durante el período que falta en X.

$$Y' = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 + \dots + nX_i$$

Donde;

Y' = Valor de precipitación estimada para la estación con carencia de Información.

X_i = Valor de precipitación en estaciones con información completa.

a, b, c, n = Constantes de regresión.

2.2.4. Prueba Estadística: Comparación de Medidas Para Muestras Independientes.

A.- Pruebas paramétricas en la comparación de medias para datos independientes

En toda prueba existe una hipótesis nula que es normalmente la igualdad de medias, frente a la hipótesis alternativa, que engloba la existencia de un rasgo diferencial entre las medias, es decir, no son iguales. En la prueba t de Student, el estadístico de contraste utilizado para probar la hipótesis nula planteada (las medias de los dos grupos son iguales) se construye en función de las diferencias registradas entre los valores de la variable de estudio evaluada en cada uno de los grupos a comparar.

A.1.- Prueba T de Student

El test para dos muestras independientes se basa en el estadístico el cual se desarrolló a detalle en el ítem: B1 de la sección de Tratamiento Estadístico de la Información Hidrometeorológica (2.2.3).

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1) * \hat{S}_1^2 + (m-1) * \hat{S}_2^2}{n+m-2} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}}}$$

A.2.- Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Conocida como prueba K-S, es una prueba de significación estadística para verificar si los datos de la muestra proceden de una distribución normal. Se emplea para variables cuantitativas continuas y cuando el tamaño muestral es mayor de 30.

$$D = \sup |\hat{F}_n(x_i) - F_0(x_i)| \quad (81)$$

Donde:

- x_i es el i-ésimo valor observado en la muestra (cuyos valores se han ordenado previamente de menor a mayor).
- $\hat{F}_n(x_i)$ es un estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales que x_i .
- $F_0(x_i)$ es la probabilidad de observar valores menores o iguales que x_i cuando H_0 es cierta.

Así pues, D es la mayor diferencia absoluta observada entre la frecuencia acumulada observada $\hat{F}_n(x_i)$ y la frecuencia acumulada teórica $F_0(x_i)$, obtenida a partir de la distribución de probabilidad que se especifica como hipótesis nula.

Si los valores observados $\hat{F}_n(x_i)$ son similares a los esperados $F_0(x_i)$, el valor de D será pequeño. Cuanto mayor sea la discrepancia entre la distribución empírica $\hat{F}_n(x_i)$ y la distribución teórica, mayor será el valor de D. (Grupo de Innovación Educativa Universitat València, 2010)

Por tanto, el criterio para la toma de la decisión entre las dos hipótesis será de la forma:

Si $D \leq D_\alpha \Rightarrow$ Aceptar H_0

Si $D > D_\alpha \Rightarrow$ Rechazar H_0

A.3.- Prueba de Levene

El estadístico de Levene se define como:

$$W = \frac{(N-k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{(K-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2} \quad (82)$$

Donde Z_{ij} puede tener una de las siguientes tres definiciones:

1. $Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_i|$ donde \bar{X}_i es la media del i-ésimo subgrupo.
 2. $Z_{ij} = |X_{ij} - \hat{X}_i|$ donde \hat{X}_i es la mediana del i-ésimo subgrupo.
 3. $Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}'_i|$ donde \bar{X}'_i es la media recortada al 10% del i-ésimo subgrupo.
- $\bar{Z}_{..}$ es la media global de Z_{ij} y \bar{Z}_i es la media del i-ésimo subgrupo de los Z_{ij} .

La prueba de Levene rechaza la hipótesis de que las varianzas son iguales con un nivel de significancia α si $W > F_{\alpha, k-1, N-k}$ donde $F_{\alpha, k-1, N-k}$ es el valor crítico superior de la distribución F con $k-1$ grados de libertad en el numerador y $N-k$ grados de libertad en el denominador a un nivel de significancia α . (Correa et al, 2006)

B.- Pruebas no paramétricas en la comparación de medias para datos independientes

B.1.- Prueba de U de Mann Whitney

Es la contraparte de la prueba paramétrica t de Student que permite evitar las suposiciones que exige la prueba paramétrica: varianzas iguales o distribuciones simétricas, y que la medición sea más vaga que la escala de intervalo.

Procedimiento

- El valor de prueba U resulta al usar los valores de los tamaños de las muestras n_1 y n_2 mientras la suma de rangos de los elementos de la primera o segunda muestras están denotadas por R_1 y R_2 , respectivamente, según el tipo de prueba de un extremo o de dos extremos. Las expresiones siguientes establecen el valor de prueba respectivo.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad Y \quad U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2 \quad (83)$$

- Para verificar la obtención de la suma de rangos y de los valores de prueba se debe cumplir la siguiente relación: $U_1 + U_2 = n_1 n_2$.
- El comportamiento de esta prueba U, cuando el tamaño de ambas muestras por separado es mayor de diez elementos, es decir, en lenguaje simbólico $n_1 \geq 10$ y $n_2 \geq 10$ (muestras grandes), es una aproximación por la distribución normal con media y error estándar establecidas por los siguientes modelos:

$$\mu_U = \frac{n_1 n_2}{2} \quad \sigma_U = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12} \quad (84)$$

- En consecuencia, el valor de prueba queda de la siguiente forma:

$$Z_p = \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} \quad (85)$$

- Establecimiento del nivel de significación para obtener el valor crítico o los valores críticos, lo que depende si es prueba de un extremo o de dos extremos.
- También, para el caso de muestras grandes, la prueba se realiza no en unidades estandarizadas, sino en datos originales, bajo el despeje de U en el cambio de variable Z, así como determinando límites inferior y superior, según el tipo de prueba que se necesite realizar de un extremo o de dos extremos, por lo que queda el modelo en lenguaje simbólico de la siguiente forma:

$$U_1 = \mu_U - Z_C \sigma_U \quad y \quad U_S = \mu_U + Z_C \sigma_U \quad (86)$$

Además, la regla de decisión se prueba con el valor de U_1 o U_2 .

Lo anterior es establecido conjuntamente con el tipo de prueba, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4 Probabilidad concreta asociada al estadístico U

H_0	H_1	Valor de prueba
$\mu_1 \geq \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	U_1
$\mu_1 \leq \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	U_2
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 \neq \mu_2$	U_i

Fuente: Elaboración propia.

El dato U_i es el valor adecuado, en algunos casos se elige el más pequeño en cantidad de estos dos valores de prueba U_1 y U_2 . (Aragón, 1998)

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se presentan los equipos y materiales necesarios utilizados en la investigación; la información que describe cualitativa y cuantitativamente a las cuencas de los ríos Cajamarquino y Namora, también se presenta: la información hidrometeorológica y el tratamiento necesario para el modelamiento, la metodología seguida en la investigación y su respectivo procedimiento.

3.1. UBICACIÓN ESPACIAL

3.1.1 Geográfica

A continuación, se presenta la ubicación geográfica en coordenadas UTM de los ríos Namora y Cajamarquino.

Tabla 5 Georreferenciación cuenca del río Cajamarquino

Ubicación	Este	Norte	Altitud (msnm)
Punto más alto	784634.00 m E	9239169.00 m S	4253
Punto más bajo	786679.00 m E	9201016.00 m S	2516

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6 Georreferenciación cuenca del río Namora

Ubicación	Este	Norte	Altitud (msnm)
Punto más alto	799916.00 m E	9224058.00 m S	4146
Punto más bajo	798764.00 m E	9198513.00 m S	2410

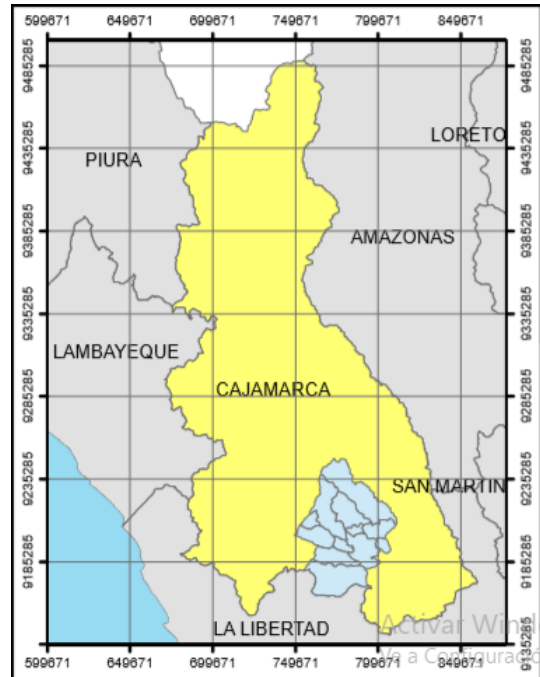
Fuente: Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Política

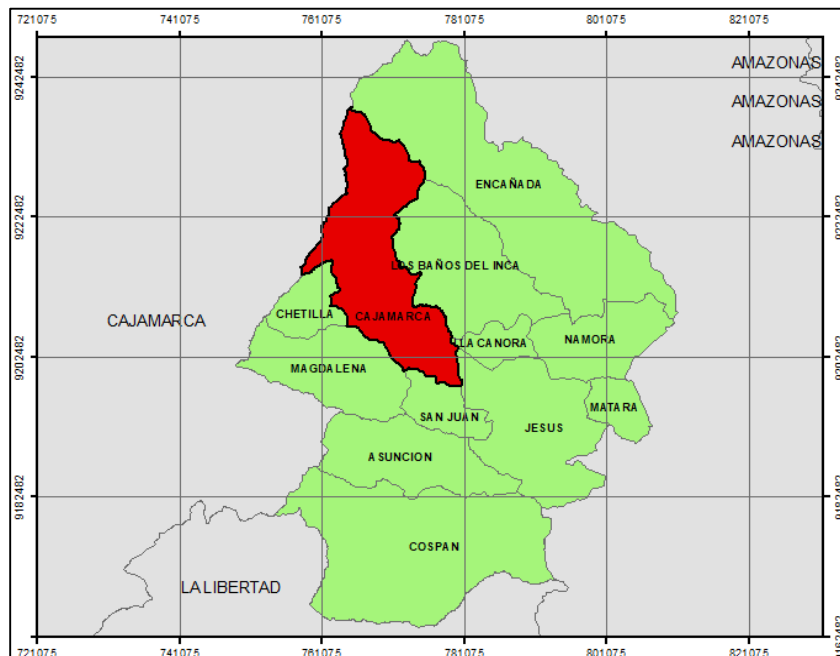
Las cuencas del río Cajamarquino y Namora, se encuentran ubicadas en la Región Cajamarca, provincia de Cajamarca, Distritos de Cajamarca y Namora respectivamente.



Región: Cajamarca



Provincia: Cajamarca



Distrito: Cajamarca



Distrito: Namora

Figura 4 Ubicación política de las cuencas en estudio.
(Fuente: Elaboración propia)

3.1.3 Referencial



Figura 5 Ubicación referencial de la zona de estudio (Elaboración propia)

3.2. UBICACIÓN TEMPORAL

La investigación se realizará, iniciando el 01 de enero del 1973 y culminando el 30 de diciembre del 2015, lo que hacen un total de 42 años hidrológicos.

3.3. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Equipos de Campo

- Memoria USB

Equipos de Gabinete

- Impresora multifuncional Hp f4180
- Laptop Dell core i7
- Libreta de campo y lapicero

Materiales

Cartas geológicas: (14e, 14f, 14g, 15e, 15f, 15g, 15h,), a escala 1:100 000, realizadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) respectivamente. Mapa ecológico del Perú escala 1:250,000 Mapa climático del Perú escala 1:1000,000.

Materiales de escritorio:

- Papel blanco de 80 g, libreta de apuntes, lápiz, etc.

Softwares:

- Arc Gis 10.1
- IBM-SPSS.21
- M. Excel 2010,
- M. Word 2010,

3.4. METODOLOGÍA

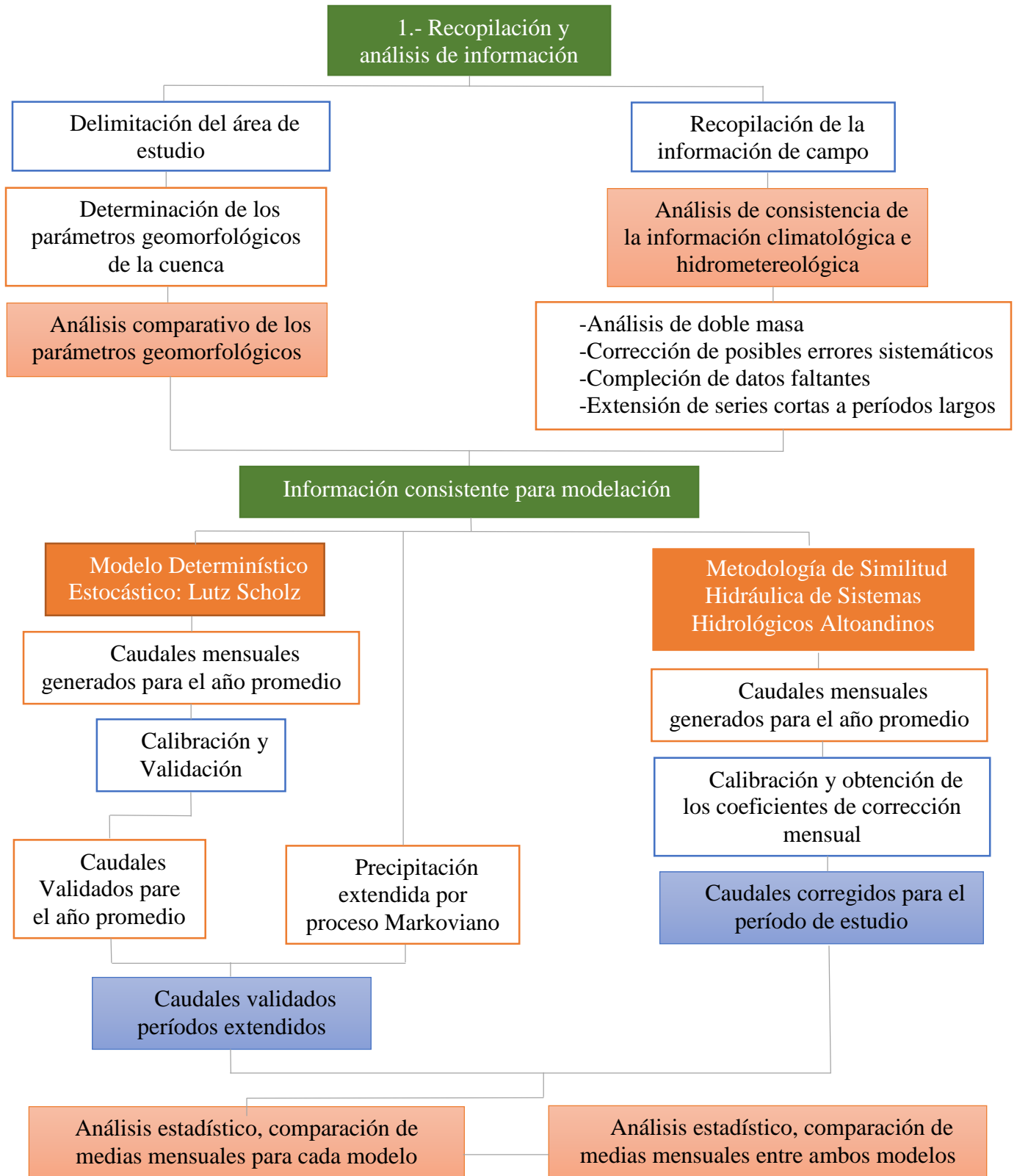


Figura 6 Esquema de la Metodología (Elaboración propia)

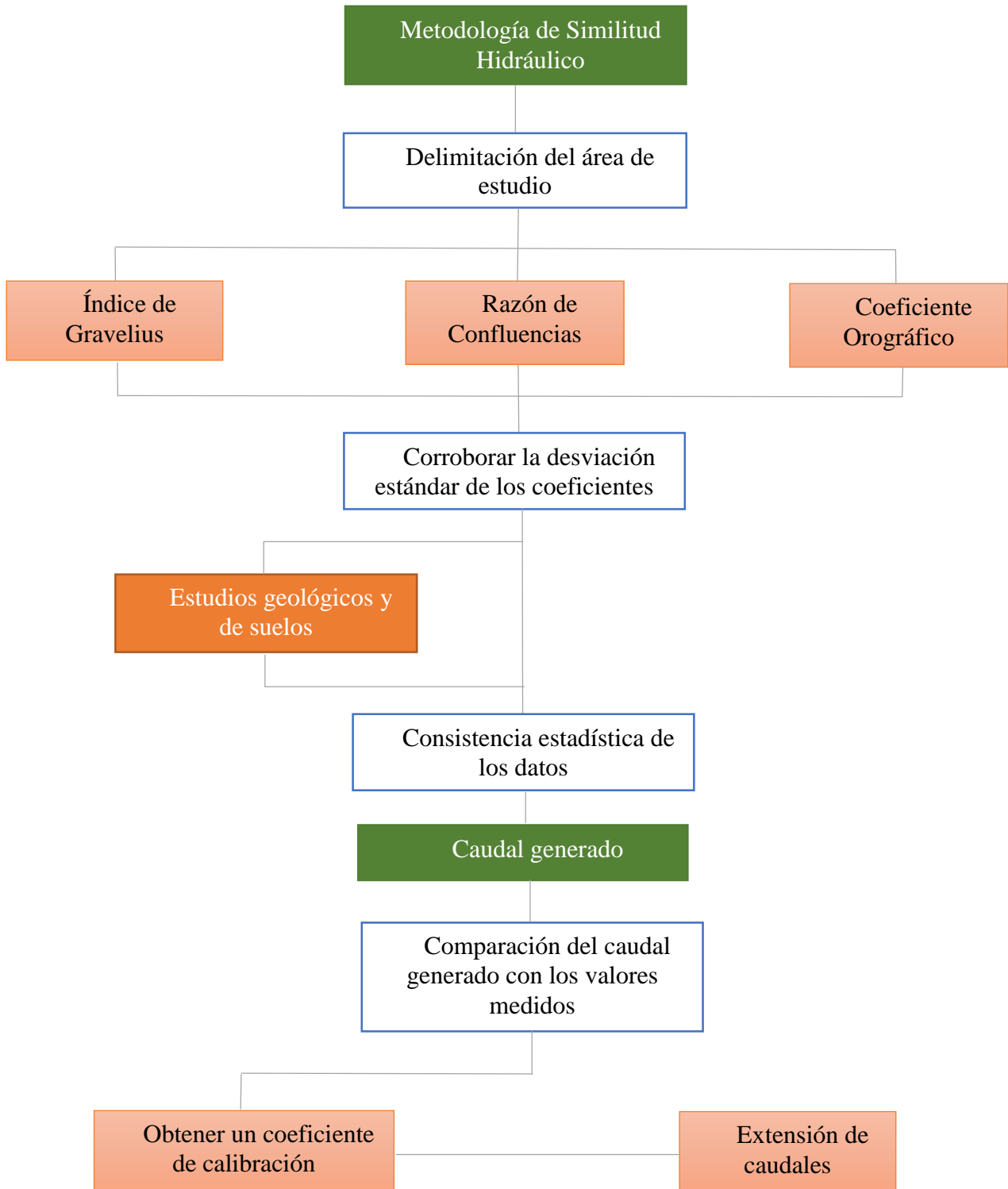


Figura 7 Esquema de la Metodología de Similitud Hidráulica (Elaboración propia)

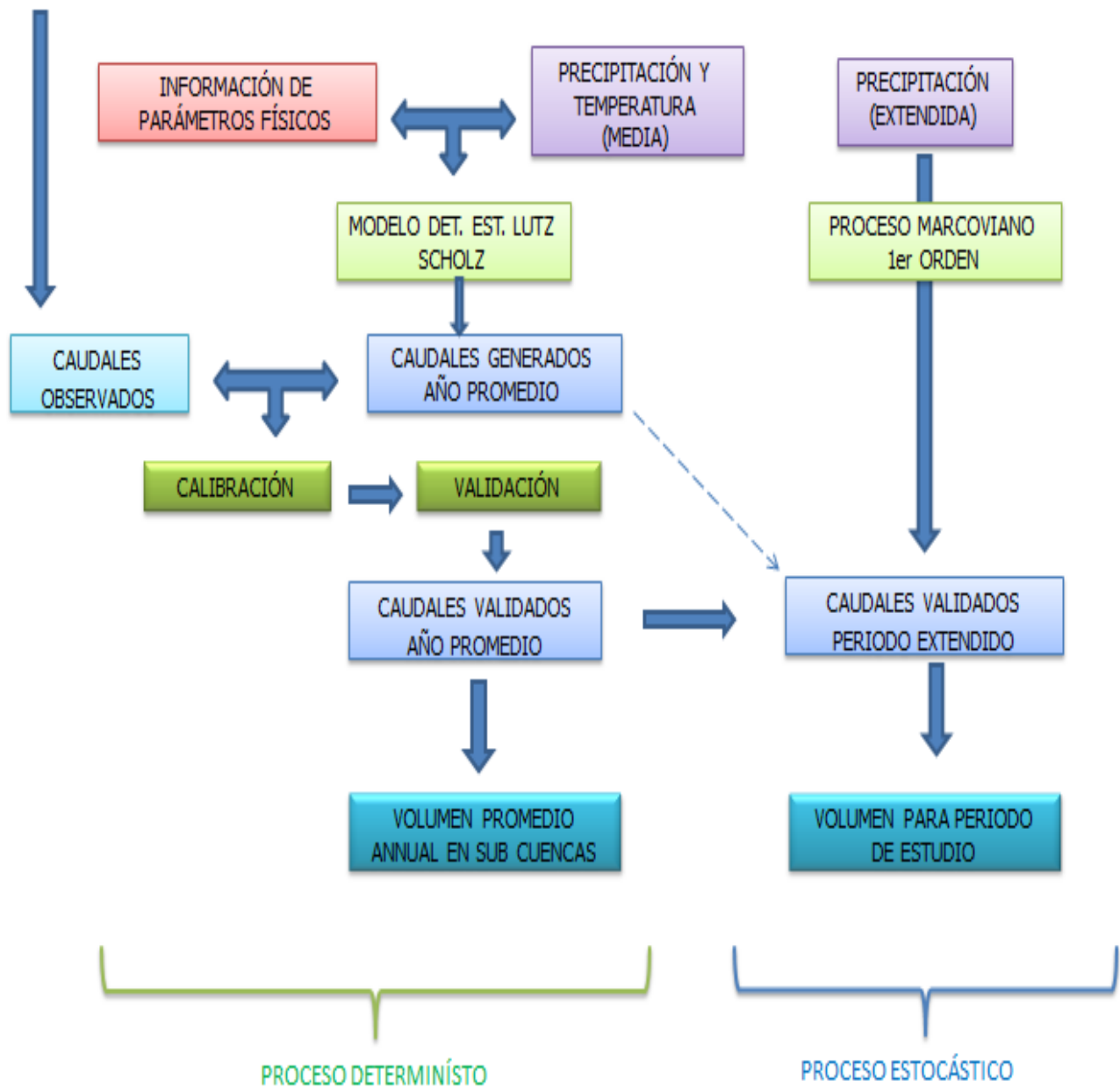


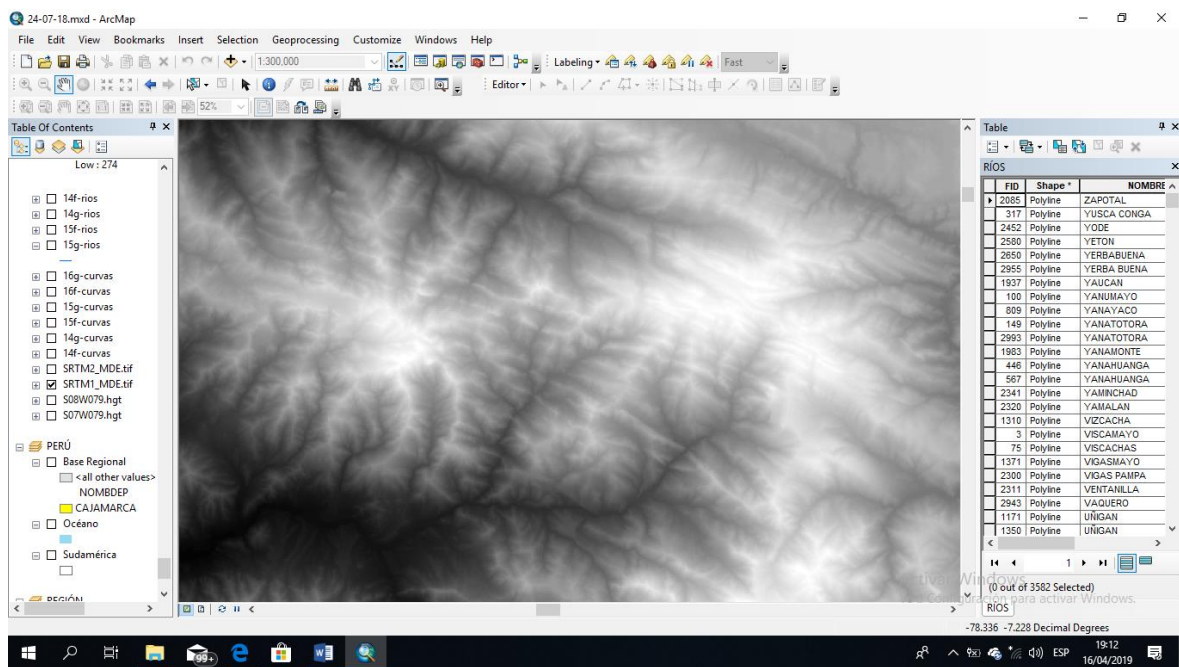
Figura 9 Esquema de la Metodología del modelo de Lutz Scholz (Elaboración propia)

3.5. PROCEDIMIENTO

3.5.1 Etapa de Recopilación de Información

A.- Información topográfica

Las imágenes satelitales, con los modelos digitales de elevación (MDE), necesarios para el presente estudio, fueron obtenidas gratuitamente de la página web: “EarthExplorer” perteneciente a: “Estudios Geológicos de los Estados Unidos”, o por sus siglas en inglés: USGS. Dicha información corresponde al año 2011 y tiene el formato “Geotif”, además cuenta con un tamaño de celda de 30 por 30 metros. Para visualizarlo hacemos uso del programa Arc Gis 10.3.1.



**Figura 10 Modelo digital de información descargado.
(Elaboración propia)**

B.- Información Hidro-Meteorológica:

Se ha recopilado información meteorológica, climatológica y de caudal de la red pluviométrica, administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), con su sede en Cajamarca.

Tabla 7 Resumen de las estaciones pluviométricas, en las cuencas del río Namora y Cajamarquino.

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS					
ESTACIÓN	DISTRITO	PERÍODO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Chotén	San Juan	1964 - 2007	7°16' S	78°29' S	3130
Matara	Matara	1964 - 2007	7°13' S	78°14' S	2830
Huacataz	B. Del Inca	1964 - 2007	7°05' S	78°28' S	3130
Carachugo	B. Del Inca	1964 - 2007	6°58' S	78°29' S	3988
Encañada	La Encañada	1973 - 2015	7°07' S	78°19' S	2862
Jesús	Jesús	1973 - 2015	7°14' S	78°23' S	2495
Namora	Namora	1963 - 2015	7°12' S	78°19' S	2670
A. Weberbauer	Cajamarca	1973 - 2015	7°10' S	78°29' S	2536
La Victoria	La Encañada	1974 - 2015	7°11' S	78°27' S	2450
G. Porcón	Cajamarca	1973 - 2015	7°02' S	78°38' S	3149
Aylambo	Cajamarca	1974- 2005	7°11' S	78°30' S	2850

Fuente: Elaboración propia

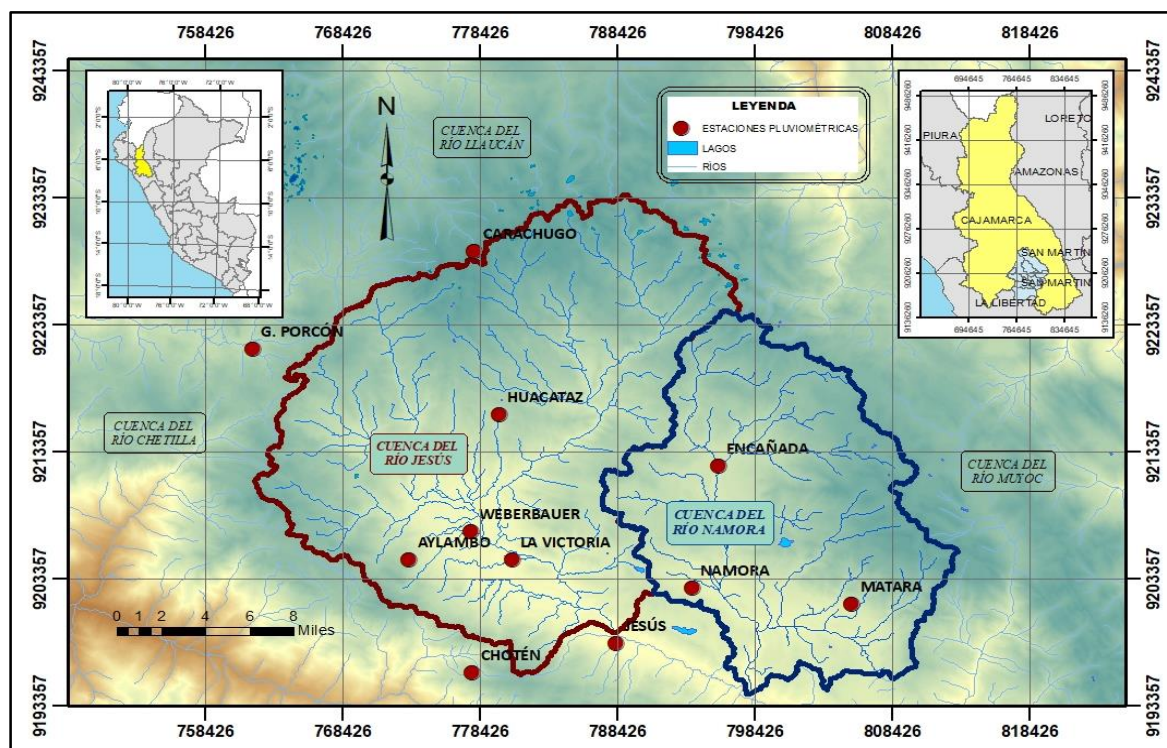


Figura 11 Ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas (Elaboración propia)

La información de temperatura (temperatura media diaria) se recopiló de los datos históricos de la página web del SENAMHI. Para el presente estudio se consideraron 11 estaciones climatológicas con un período, en promedio, de 5 años.

Tabla 8 Resumen de las estaciones climatológicas, en las cuencas del río Namora y Cajamarquino.

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS					
ESTACIÓN	DISTRITO	PERÍODO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Encañada	La Encañada	2013-2018	7°07' S	78°19' S	2862
Jesús	Jesús	2013-2018	7°14' S	78°23' S	2495
Namora	Namora	2013-2018	7°12' S	78°19' S	2670
A. Weberbauer	Cajamarca	2013-2018	7°10' S	78°29' S	2536
La Victoria	La Encañada	2013-2018	7°11' S	78°27' S	2450
G. Porcón	Cajamarca	2013-2018	7°02' S	78°38' S	3149
Aylambo	Cajamarca	2010-2013/ 2017-2017	7°11' S	78°30' S	2850
Weberbauer	Cajamarca	2010-2013/ 2017-2017	7°10' S	78°30' S	2675
Porcón	Cajamarca	2006/ 2009-2011	7°06' S	78°32' S	2854
San Juan	Cajamarca	2013-2018	7°17' S	78°29' S	2228

Fuente: Elaboración propia

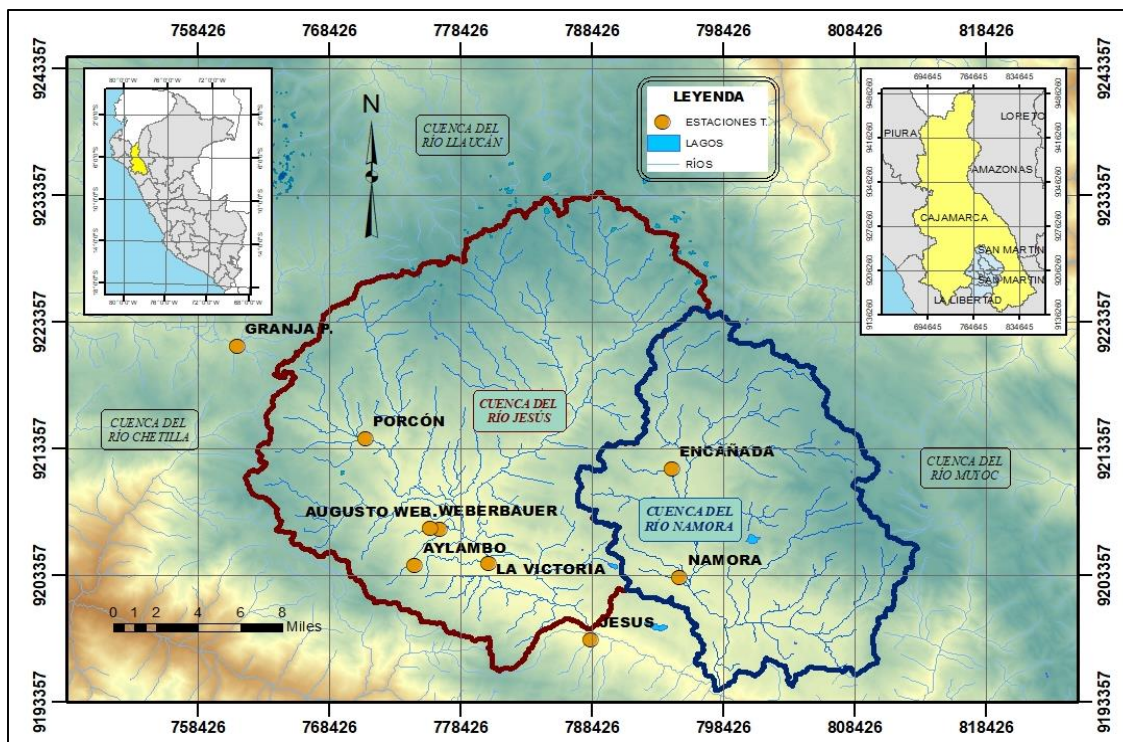


Figura 12 Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas (Elaboración propia)

La información de caudal (caudal medio diario) se la obtuvo de la oficina en Cajamarca del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Para el presente estudio se consideraron 2 estaciones hidrométricas, una ubicada en los distritos de Jesús y otra en el distrito de Namora. Los registros de información tienen un período, en promedio, de 37 años.

Tabla 9 Resumen de las estaciones hidrométricas, en las cuencas del río Namora y Cajamarquino.

ESTACIONES HIDROMÉTRICAS					
ESTACIÓN	DISTRITO	PERÍODO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Namora	Namora	1968-1979 /	07°12' S	78°19' S	2670
Bocatoma		1996-2016			
Jesús Túnel	Jesús	1968-2001/ 2006-2016	07° 13' S	78° 24' S	2520

Fuente: Elaboración propia

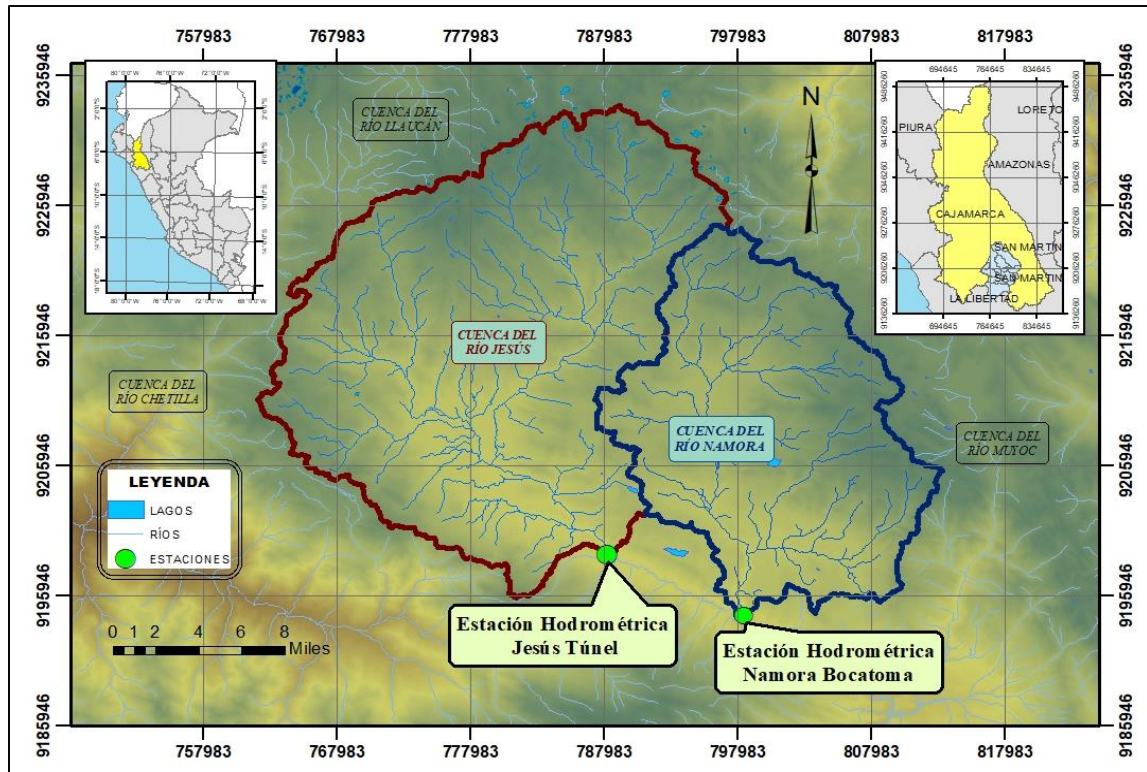


Figura 13 Ubicación geográfica de las estaciones hidrométricas (Elaboración propia)

Otra información adicional, como el nombre de los ríos, actividades económicas, etc. Se recopilaron de páginas web que serán descritas con más detalle en la bibliografía.

3.5.2 Parámetros Geomorfológicos de la Microcuenca

Todos los parámetros geomorfológicos de la cuenca se encuentran en el anexo respectivo. Podemos resumir los parámetros más importantes para la aplicación del método de Similitud Hidráulica, como se indicó en la sección B del 2.21.

Tabla 10 Parámetros Geomorfológicos, en las cuencas del río Namora y Cajamarquino

COEFICIENTES	C. NAMORA	C. CAJAMARQUINO	COEF. DE VARIACIÓN
Kc (Índice de Gravelius)	1.223	1.232	0.0051
Co (Coeficiente Orográfico)	0.006	0.003	0.4121
Rc (Relación de Confluencias)	1.760	2.089	0.1211

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Tratamiento estadístico de la información

A.- Análisis estadístico de los datos de precipitación

Es importante agregar que, para la toma de decisiones respecto a la generación de datos para completar los registros, se compararon los errores relativos de cuatro de los métodos más conocidos y utilizados en hidrología estadística: “Método de correlación lineal”, “Método de las Razones Promedio”, “Método de las Correlaciones Vecinas” y “Método de Correlación Múltiple”. Dicha información se detalla mejor en el anexo respectivo.

Tabla 11 Cuadro de resumen de la precipitación media mensual en milímetros (información corregida, completada y extendida)

MES.	NAM.	WEBER.	LA VICT.	G. POR.	AYLAM.	ENCA.	JESÚS	CHOT.	MATA.	HUACA.	CARAC.
E	115.8	86.4	64.1	169.5	78.5	94.2	93.9	80.7	105.7	107.4	131.8
F	129.4	105.5	78.1	198.0	85.5	118.8	108.9	126.7	115.4	114.9	166.8
M	152.1	127.7	89.4	232.6	110.3	162.8	127.5	134.5	135.8	137.3	191.8
A	98.9	74.1	56.5	152.4	59.5	113.9	76.5	65.9	94.2	95.4	120.3
M	48.1	34.2	26.1	91.9	31.4	52.3	27.7	21.8	39.1	38.4	58.7
J	12.1	9.1	8.9	27.8	9.0	15.4	9.4	10.3	15.5	15.1	24.3
J	8.2	5.1	4.8	16.9	4.2	6.2	3.3	9.4	7.3	7.2	11.9
A	8.8	7.1	7.3	20.4	6.4	7.4	8.3	11.0	7.0	7.9	12.3
S	35.6	31.7	22.0	71.1	22.8	40.1	26.6	24.7	30.4	32.1	57.4
O	93.6	68.1	50.0	131.7	46.0	114.7	78.8	49.1	72.9	73.2	129.4
N	85.8	69.2	46.7	144.7	55.8	96.9	59.3	61.6	65.0	66.6	149.8
D	104.7	77.2	59.3	157.0	70.8	111.5	81.2	86.3	78.7	78.0	171.0

Fuente: Elaboración propia

B.- Análisis estadístico de los datos de caudal

Tabla 12 Cuadro de resumen de caudal medio mensual en m³/s (información corregida, completada y extendida)

MES	PROMEDIO CAUDAL	
	JESUS	NAMORA
ENE	9.824	4.9175
FEB	15.679	6.8018
MAR	20.726	8.5078
ABR	15.596	7.4582
MAY	6.639	4.0938
JUN	2.385	2.1176
JUL	1.003	1.4280
AGO	0.670	1.1476
SET	0.950	1.1753
OCT	3.327	1.9745
NOV	5.527	3.6139
DIC	7.427	4.8660

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Desarrollo del Modelo Lutz Scholz

A.- Temperatura Media Mensual

La temperatura media mensual se calculó a través del método de las isotermas, lo cual se detalla en los anexos correspondientes. Finalmente se obtuvo la precipitación media anual que para la cuenca de río Namora fue: 12.81°C y para la cuenca del río Cajamarquino fue: 13.28°C .

B.- Precipitación Media Mensual y Precipitación Total Anual, método de las Isoyetas.

Tabla 13 Precipitación Total Anual

MES	PP. MEDIA MENSUAL (mm)	
	C. CAJAMARCA	C. NAMORA
ENE	35.1	36.3
FEB	83.4	98.7
MAR	84.4	83.7
ABR	100.8	99.2
MAY	98.0	94.8
JUN	113.4	115.3
JUL	141.4	151.8
AGO	90.6	106.7
SET	43.0	46.8
OCT	15.7	15.9
NOV	7.2	6.2
DIC	8.3	7.0
PP. A. TOTAL	821.32	862.20

Fuente: Elaboración propia

C.- Caudales para el año promedio sin calibrar

Para el desarrollo del Modelo de Lutz Scholz se desarrollaron los pasos descritos en el marco teórico en el ítem 2.2.2 B para el año promedio para cada cuenca. Lo cual se detalla en el anexo.

Tabla 14 Caudales generados por Lutz Scholz, sin calibrar, y observados en la cuenca del río Namora.

MES	Q M GENERADO (m3/s)	Q M OBSERVADO (m3/s)
ENERO	3.222	4.9175
FEBRERO	6.193	6.8018
MARZO	10.607	8.5078
ABRIL	10.126	7.4582
MAYO	3.404	4.0938
JUNIO	1.909	2.1176
JULIO	1.046	1.4280
AGOSTO	0.760	1.1476
SETIEMBRE	1.389	1.1753
OCTUBRE	3.272	1.9745
NOVIEMBRE	4.298	3.6139
DICIEMBRE	5.482	4.8660

Fuente: Elaboración propia

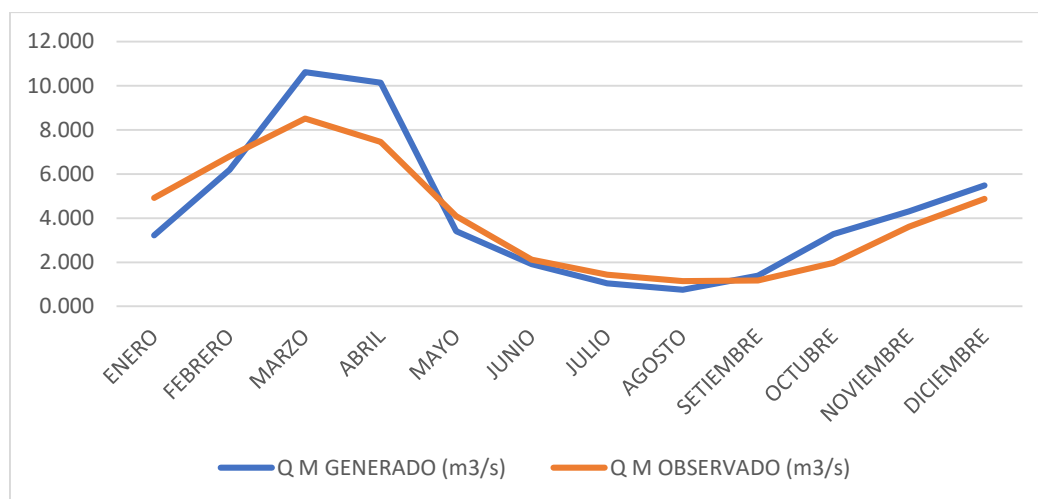


Figura 14 Comparación de caudales observados y generados sin validación–Namora.

Tabla 15 Caudales generados por Lutz Scholz, sin calibrar, y observados en la cuenca del río Cajamarquino.

MES	Q M GENERADO (m3/s)	Q M OBSERVADO (m3/s)
ENERO	5.78	9.82
FEBRERO	9.44	15.68
MARZO	14.46	20.73
ABRIL	13.03	15.60
MAYO	5.40	6.64
JUNIO	3.25	2.39
JULIO	1.91	1.00
AGOSTO	1.44	0.67
SETIEMBRE	2.32	0.95
OCTUBRE	2.40	3.33
NOVIEMBRE	7.15	5.53
DICIEMBRE	9.28	7.43

Fuente: Elaboración propia

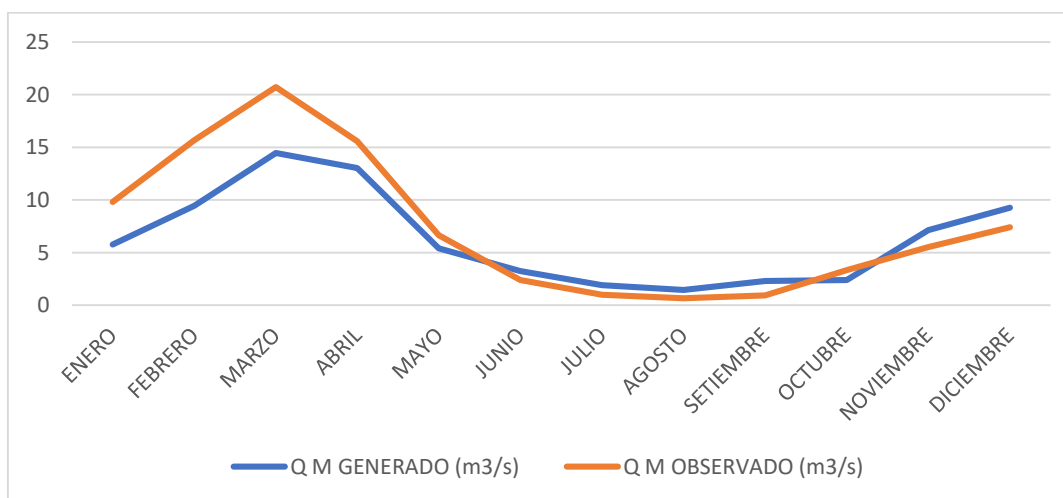


Figura 15 Comparación de caudales observados y generados sin validación—Cuenca Cajamarquino.

D.- Calibración y Validación del Modelo

D.1. Calibración y Validación de la cuenca del río Namora

Procedimiento de validación

1. Para encontrar el coeficiente de escurrimiento anual tenemos que tener la precipitación total, 862.20 mm, y los caudales observados totales 273.5 mm/mes esta relación directa $274.4/862.20$ nos da dicho coeficiente $C=0.317$

$$Cv = \frac{QmG}{P}$$

2. Luego de encontrar los valores mensuales de A_i , se deduce que el volumen total del abastecimiento es el volumen de retención, o $\sum A_i = R = 48.23$ mm al año.
3. Aun cuando el bi tiene la ecuación (38) $b_0 = e^{-a*t}$ es posible encontrar los valores reales de igual forma que lo hicimos del abastecimiento: partiendo de la ec. (39.1), donde despejando G_i se tiene que $G_i = C M_i - P E_i + A_i$ y como el abastecimiento sucede en meses distintos a los del gasto la ecuación queda: $G_i = C M_i - P E_i$ mm/mes (columna 8, tabla 29).
4. Con la deducción de C , A_i , R y G_i , queda validado el modelo para el año promedio, teniendo la seguridad de contar con valores reales para los cuatro parámetros validados, con ello es posible generar caudales para un periodo extendido cualquiera dentro de la microcuenca.

Tabla 16 Caudales generados calibrados mediante Modelo Lutz Scholz para la cuenca del río Namora

MES	N° Dias	PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIB. RETENCIÓN				CAUDALES		CAUDALES	
		P mm/mes	Efectiva			Gasto %	Abastecimiento			GENERADOS		OBSERVADOS	
			PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes		bi %	Gi mm/mes	ai %	Ai mm/mes	mm/mes	m3/s	mm/mes
SEP	30	36.3	3.8	7.3	5.1	3.24	1.6			6.6	1.175	6.6	1.175
OCT	31	98.7	23.5	38.9	29.1			36.43	17.6	11.5	1.975	11.5	1.975
NOV	30	83.7	16.0	27.0	20.0			-0.88	-0.4	20.4	3.614	20.4	3.614
DIC	31	99.2	23.9	39.4	29.5			2.21	1.1	28.4	4.866	28.4	4.866
ENE	30	94.8	21.4	35.5	26.5			-2.66	-1.3	27.8	4.917	27.8	4.917
FEB	28	115.3	34.2	55.0	41.8			12.23	5.9	35.9	6.802	35.9	6.802
MAR	31	151.8	65.4	92.1	75.1			52.68	25.4	49.7	8.508	49.7	8.508
ABR	30	106.7	28.4	46.3	34.9	15.08	7.3			42.2	7.458	42.2	7.458
MAY	31	46.8	5.3	9.8	7.0	35.16	17.0			23.9	4.094	23.9	4.094
JUN	30	15.9	1.7	3.5	2.4	19.87	9.6			12.0	2.118	12.0	2.118
JUL	31	6.2	0.7	1.5	1.0	15.14	7.3			8.3	1.428	8.3	1.428
AGO	31	7.0	0.8	1.7	1.1	11.52	5.6			6.7	1.148	6.7	1.148
AÑO		862.2	225.3	358.0	273.5	100.0	48.23	100	48.23	273.5	48.102	273.5	48.102
COEF		0.317	0.637	0.363	1.00								

Fuente: Elaboración propia

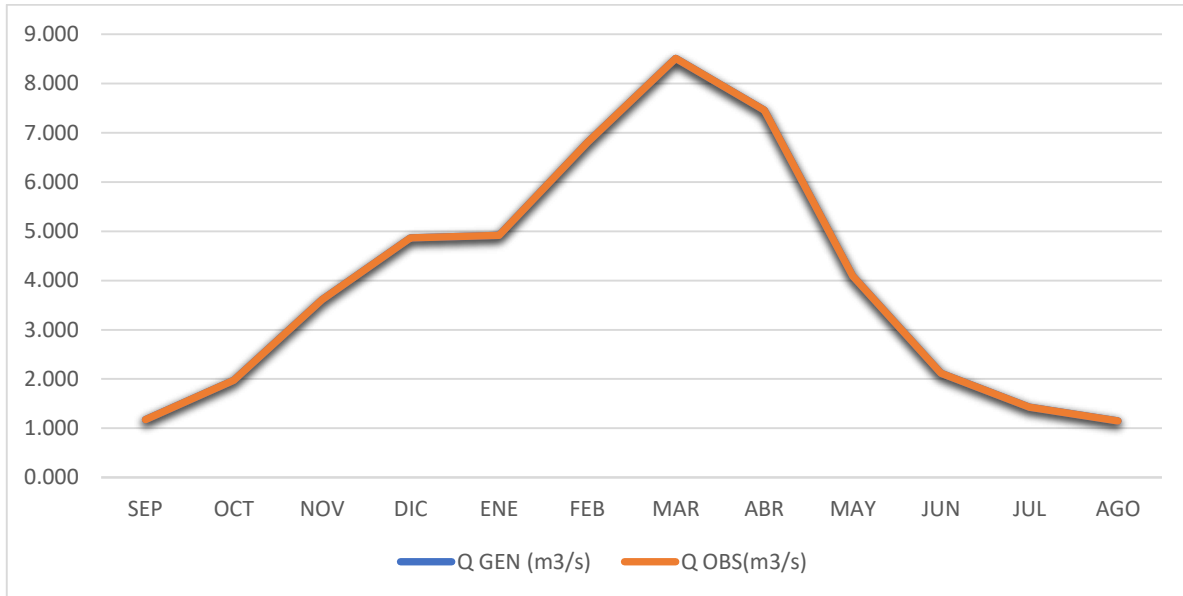


Figura 16 Ajuste visual entre caudal observado y caudal generado cuenca Namora.
(Elaboración propia)

Como se aprecia en la tabla 30 y gráfica 21 los caudales generados y caudales observados coinciden exactamente 100 %.

Tabla 17 Parámetros calibrados para microcuenca Namora.

PARÁMETRO	VALOR
Coeficiente de escorrentía: C	0.317
Retención de la microcuenca: R	48.23 (mm/año)
Numero de curva de infiltración: N	69.58

Fuente: Elaboración propia

D.2. Calibración y Validación de la cuenca del río Cajamarca

Procedimiento de validación

1. Para encontrar el coeficiente de escurrimiento relacionamos la precipitación total, 821.30 mm, y los caudales observados totales 299.5 mm/mes obteniendo el coeficiente $C=0.365$.
2. Luego de encontrar los valores mensuales de A_i los cuales se pueden ver en la tabla 31, y cuya sumatoria es $\sum A_i = R = 40.85$ mm al año.
3. Con la deducción de C , A_i , R y G_i , el cual se explica anteriormente, el modelo queda validado para el año promedio.

Tabla 18 Caudales generados calibrados mediante Modelo Lutz Scholz para la cuenca del río Cajamarca.

MES	N°	PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIB. RETENCIÓN				CAUDALES		CAUDALES	
	Días	P	Efectiva			Gasto	Abastecimiento			GENERADOS		OBSERVADOS	
		Total	PE II	PE III	PE	bi	Gi	ai	Ai	mm/mes	m3/s	mm/mes	m3/s
		mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	%	mm/mes	%	mm/mes				
SEP	30	35.1	3.7	7.1	6.4	-8.00	-3.3			3.2	0.950	3.2	0.950
OCT	31	83.4	15.9	26.8	24.7			32.48	13.3	11.4	3.327	11.4	3.327
NOV	30	84.4	16.3	27.5	25.3			16.97	6.9	18.4	5.527	18.4	5.527
DIC	31	100.8	24.8	40.8	37.7			29.77	12.2	25.5	7.427	25.5	7.427
ENE	30	98.0	23.2	38.3	35.3			6.51	2.7	32.7	9.824	32.7	9.824
FEB	28	113.4	32.9	53.0	49.1			1.06	0.4	48.7	15.679	48.7	15.679
MAR	31	141.4	55.6	81.7	76.6			13.20	5.4	71.2	20.726	71.2	20.726
ABR	30	90.6	19.3	32.1	29.7	54.41	22.2			51.9	15.596	51.9	15.596
MAY	31	43.0	4.7	8.9	8.1	36.15	14.8			22.8	6.639	22.8	6.639
JUN	30	15.7	1.7	3.5	3.2	11.69	4.8			7.9	2.385	7.9	2.385
JUL	31	7.2	0.9	1.8	1.6	4.56	1.9			3.4	1.003	3.4	1.003
AGO	31	8.3	1.0	2.0	1.8	1.19	0.5			2.3	0.670	2.3	0.670
AÑO		821.3	199.9	323.4	299.5	100.0	40.85	100	40.85	299.5	89.752	299.5	89.752
COEF		0.365	0.193	0.807	1.00								

Fuente: Elaboración propia

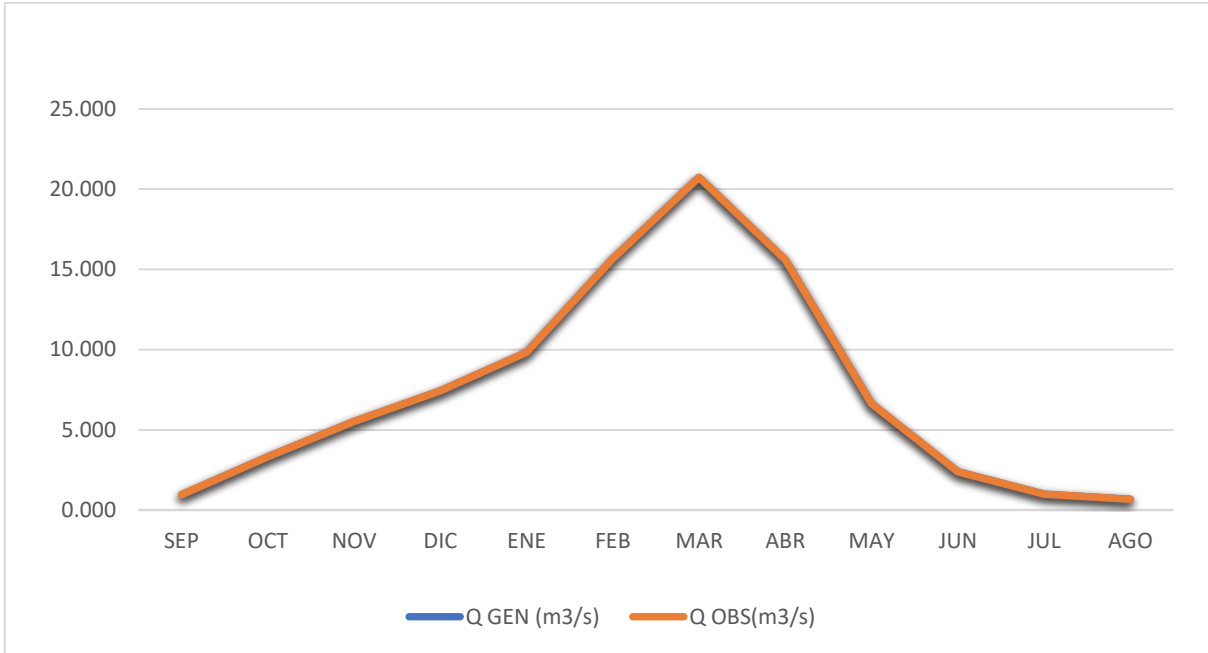


Figura 17 Ajuste visual entre caudal observado y caudal generado cuenca Cajamarca
(Elaboración propia)

Tabla 19 Parámetros calibrados para microcuenca Cajamarca.

PARÁMETRO	VALOR
Coefficiente de escorrentía: C	0.365
Retención de la microcuenca: R	40.85 (mm/año)
Numero de curva de infiltración: N	74.05

Fuente: Elaboración propia

E.- Desarrollo del Modelo para el Período Extendido Namora

Para el desarrollo del período extendido se utilizó el Proceso Markoviano de primer orden, como se indica en el ítem 2.2.2.B. Tomando como variable de impulso a la precipitación efectiva,

Procedimiento:

1. Se procedió a calcular la precipitación efectiva a partir de la precipitación media para el periodo de 42 años a partir de 1973 hasta el año 2015, ver anexos.

Tabla 20 Porcentaje de área de las estaciones de la cuenca Namora.

ESTACIONES	ÁREA (Km2)	PORCENTAJE DE ÁREA
MATARA	160.602	35.020
ENCAÑADA	221.090	48.210
NAMORA	76.905	16.769
TOTAL	458.597	100

Fuente: Elaboración propia

La precipitación efectiva generada para la cuenca Namora se detalla en el anexo correspondiente

2. Luego se generó números aleatorios para un mismo periodo que la PE con distribución normal de media 0 y desviación estándar 1, ver anexos.
3. A partir de los caudales generados validados para el año promedio, se calculan los parámetros de regresión lineal múltiple, mediante un cálculo de regresión con Q_t como valor dependiente y Q_{t-1} y PE_t , como valores independientes.

$$b1 = -0.2005 \quad S = 6.025$$

$$b2 = 0.3893 \quad R^2 = 0.957$$

$$b3 = 0.619$$

Finalmente se calculó los caudales generados para el periodo extendido.

Tabla 21 Caudales generados para el período extendido.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
AÑOS	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1973	7.1	7.1	5.2	7.5	3.9	2.8	2.0	1.4	2.7	3.7	4.5	5.2
1974	6.0	8.2	7.0	5.0	2.8	1.8	1.4	1.0	3.0	4.2	3.2	2.9
1975	2.6	6.1	13.1	12.1	7.3	4.1	2.2	1.3	1.8	3.8	2.8	1.7
1976	2.9	6.1	4.4	4.9	2.7	1.6	1.4	1.2	1.2	1.3	1.8	3.0
1977	6.8	9.5	8.1	6.7	3.5	2.0	1.3	1.1	0.9	2.2	2.9	3.7
1978	2.3	4.3	3.9	5.8	7.9	4.4	2.5	2.0	1.5	2.2	5.0	8.6
1979	6.1	8.5	10.0	8.1	4.2	2.9	1.7	1.2	1.1	0.9	0.7	1.8
1980	1.5	1.2	4.8	3.9	2.2	1.6	1.5	1.4	1.1	8.9	9.0	7.5
1981	6.5	11.3	6.4	4.8	3.1	1.9	1.6	1.3	1.1	5.7	5.2	5.0
1982	4.6	3.4	3.9	3.4	2.3	1.9	1.3	1.3	2.0	6.9	6.3	7.8
1983	9.2	5.3	10.0	11.4	7.4	4.2	2.5	1.8	1.3	3.8	2.7	3.0
1984	2.5	10.6	9.5	8.3	5.5	3.2	1.9	1.4	1.2	3.1	3.6	3.4
1985	1.9	3.6	4.6	7.0	4.6	3.1	2.1	1.6	1.5	4.8	3.5	8.7
1986	8.0	6.3	5.5	6.0	3.3	2.2	1.6	1.3	1.0	1.3	3.0	4.6
1987	12.1	10.9	7.3	5.4	2.9	1.9	1.3	0.9	1.6	1.3	3.2	5.0
1988	6.7	7.3	4.8	5.1	2.7	1.8	1.3	1.1	1.1	2.2	3.4	4.1
1989	3.4	7.1	7.1	7.3	3.9	2.3	1.4	1.2	1.2	5.1	3.2	1.9
1990	3.6	5.2	3.8	3.3	1.8	1.1	1.1	1.1	0.8	5.4	8.1	6.2
1991	3.8	5.0	8.5	7.4	4.1	2.5	1.7	1.4	1.2	1.2	2.4	3.6
1992	2.7	2.9	4.0	3.9	2.3	1.5	1.4	1.2	1.2	5.2	3.3	3.5
1993	4.0	9.1	15.1	15.4	8.1	4.6	2.7	1.8	2.2	4.8	4.4	6.1
1994	8.0	11.2	17.4	17.1	8.9	4.9	2.8	1.9	1.4	1.3	3.8	4.7
1995	3.3	6.5	6.7	4.6	2.6	1.6	1.1	1.0	0.8	2.4	3.2	4.7
1996	4.9	10.4	15.2	11.1	5.6	3.6	2.2	1.7	1.3	5.1	3.6	2.8
1997	3.2	7.7	4.7	3.1	1.8	1.2	1.1	1.1	0.7	3.4	4.7	9.0
1998	8.4	12.4	16.4	14.5	7.7	4.4	2.8	1.9	1.2	4.7	3.2	2.9
1999	5.0	17.1	10.6	7.8	5.7	3.5	2.3	1.5	3.7	2.0	3.3	4.7
2000	3.2	7.1	10.0	7.9	5.6	3.2	2.1	1.5	2.7	1.6	1.6	4.4
2001	12.5	9.0	14.0	9.4	5.4	3.4	2.3	1.5	1.2	3.4	4.5	4.6
2002	3.3	4.5	10.9	8.6	4.4	2.5	1.6	1.3	1.1	4.5	5.3	6.2

2003	3.6	4.1	6.2	5.0	2.9	1.8	1.3	1.1	0.8	1.8	4.2	3.8
2004	3.9	4.3	4.3	3.9	2.3	1.8	1.1	1.1	0.9	4.4	4.3	6.8
2005	7.6	6.5	12.5	8.1	4.3	2.7	2.1	1.5	1.1	5.8	3.4	5.8
2006	5.6	6.7	14.4	11.2	5.8	3.5	2.1	1.6	1.7	1.4	2.9	4.0
2007	7.2	4.6	11.9	10.9	6.2	3.7	2.3	1.7	1.2	4.2	5.5	5.5
2008	6.0	9.3	10.2	9.3	4.9	3.0	1.9	1.3	1.4	4.8	5.0	3.0
2009	10.4	8.0	11.2	9.5	5.8	3.2	2.0	1.5	1.3	3.0	4.3	4.2
2010	3.7	5.3	8.3	7.0	3.8	2.3	1.5	1.2	0.9	1.9	3.1	4.0
2011	4.2	5.0	7.6	9.0	4.7	3.0	1.9	1.5	1.3	1.0	2.0	5.1
2012	9.2	8.5	6.7	6.7	3.8	2.2	1.6	1.2	1.3	5.6	6.2	4.0
2013	4.2	6.2	11.5	7.2	6.0	3.4	2.2	1.3	1.4	4.1	2.6	3.5
2014	4.2	6.1	8.6	6.4	4.4	2.9	1.9	1.6	1.3	1.9	2.8	5.4
2015	10.1	7.2	13.8	8.7	6.7	3.9	2.3	1.8	1.6	1.0	5.3	3.1

Fuente: Elaboración propia.

F.- Desarrollo del Modelo para el Período Extendido para la cuenca del río Cajamarquino

1. Procedimiento: Se procedió de la misma manera que el modelo anterior y se detalla en los anexos.

Tabla 22 Porcentaje de área de las estaciones de la cuenca del río Cajamarquino

ESTACIONES	ÁREA (Km2)	PORCENTAJE DE ÁREA
LA VICTORIA	80.012	10.3
NAMORA	12.615	1.6
CARACHUGO	174.293	22.4
AYLAMBO	127.401	16.4
WEREBER	49.206	6.3
JESÚS	24.730	3.2
CHOTEN	17.161	2.2
ENCAÑADA	63.461	8.1
HUACATAZ	230.323	29.6
TOTAL	458.597	100

2. Luego se generó números aleatorios para un mismo periodo que la PE con distribución normal de media 0 y desviación estándar 1 (ver anexos).
3. A partir de los caudales generados validados para el año promedio, se calculan los parámetros de regresión lineal múltiple, mediante un cálculo de regresión con Q_t como valor dependiente y Q_{t-1} y PE_t , como valores independientes.

$$b1 = -3.631 \quad S = 3.023$$
$$b2 = 0.473 \quad b3 = 0.672 \quad R^2 = 0.992$$

Finalmente se calculó los caudales generados para el periodo extendido.

Tabla 23 Caudales generados para el período extendido en m³/s para la cuenca Namora.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
AÑOS	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1973	16.0	18.2	18.1	21.5	8.9	3.9	1.2	0.0	4.5	5.3	10.4	12.8
1974	11.6	22.2	18.9	11.6	4.3	1.6	0.0	0.0	0.0	3.3	2.3	5.5
1975	6.5	18.0	26.0	17.8	10.1	3.8	0.6	0.0	0.0	2.6	3.0	1.3
1976	8.8	8.2	9.5	9.0	3.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	5.1
1977	16.4	26.1	21.5	13.0	5.1	1.4	0.0	0.0	0.0	2.8	7.0	10.0
1978	4.9	8.9	7.8	8.0	11.9	4.8	1.5	0.3	0.0	2.3	11.9	13.2
1979	10.5	14.7	30.2	15.5	6.0	2.5	0.1	0.0	1.1	0.0	0.0	1.4
1980	1.5	1.8	9.6	6.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5	22.0	18.9
1981	14.4	34.5	23.5	12.8	5.8	1.7	0.1	0.0	0.0	10.3	7.5	11.1
1982	9.3	14.1	12.0	9.8	4.3	1.4	0.0	0.0	2.5	12.5	16.8	19.1
1983	19.5	12.5	28.2	25.6	13.0	5.3	1.6	0.1	0.0	6.9	4.2	6.1
1984	5.0	28.2	28.1	20.0	12.5	5.0	1.2	0.0	0.0	5.4	7.5	8.3
1985	3.9	8.6	8.9	12.4	9.0	3.6	0.9	0.0	0.5	3.6	3.7	16.4
1986	14.3	11.0	10.6	16.4	6.7	2.5	0.6	0.0	0.0	0.0	5.3	9.5
1987	21.6	23.2	14.1	10.6	3.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4	8.2	10.8
1988	19.0	21.2	11.6	14.5	5.5	1.8	0.1	0.0	0.0	1.6	7.4	9.9
1989	11.8	22.8	20.2	18.2	7.4	2.6	0.3	0.0	0.0	8.1	3.5	1.1
1990	5.3	9.3	8.8	5.6	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	21.1	14.0
1991	9.1	12.4	24.3	16.0	6.5	2.4	0.6	0.0	0.0	0.9	6.0	11.4
1992	12.8	10.1	13.7	12.9	5.5	1.8	0.4	0.0	1.1	13.3	10.1	9.6
1993	10.2	17.6	31.4	25.4	11.0	4.2	1.3	0.0	0.6	5.7	6.6	13.4
1994	21.0	27.3	31.2	30.9	14.3	6.0	1.8	0.0	0.0	0.3	5.1	10.6
1995	7.7	18.3	18.2	13.1	6.1	2.2	0.0	0.0	0.0	1.4	6.9	14.0
1996	14.3	24.8	27.1	17.2	6.9	2.4	0.7	0.0	0.0	9.0	4.6	2.9
1997	6.0	17.5	7.9	5.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	11.1	17.6
1998	17.2	22.9	36.0	30.0	13.6	5.7	2.3	0.0	0.0	8.4	6.1	3.7
1999	9.5	33.6	20.3	13.2	7.4	3.7	1.0	0.0	6.0	2.7	4.8	8.8
2000	6.2	20.1	23.0	16.1	8.5	3.1	0.8	0.0	5.1	1.3	0.6	9.9

2001	27.7	20.6	33.7	18.4	8.5	3.3	0.8	0.0	0.0	2.5	7.8	10.9
2002	6.2	10.5	26.0	20.8	8.5	3.1	0.5	0.0	0.0	8.4	11.2	14.6
2003	9.9	10.2	16.6	9.8	5.4	1.5	0.2	0.0	0.0	1.4	9.7	10.4
2004	7.2	8.7	12.5	8.6	3.6	1.1	0.0	0.0	0.0	4.5	11.4	18.1
2005	16.6	12.7	25.9	17.9	7.3	2.7	0.7	0.0	0.0	8.3	3.3	9.0
2006	11.1	14.6	29.7	19.6	8.0	3.3	0.6	0.0	0.0	0.0	4.5	12.8
2007	17.3	9.4	23.8	24.4	11.4	4.9	1.3	0.0	0.0	10.8	15.3	14.1
2008	14.1	20.9	21.3	18.2	7.8	2.9	0.7	0.0	0.0	7.2	8.1	4.9
2009	23.7	18.7	22.3	15.7	7.8	2.6	0.3	0.0	0.0	4.4	10.6	12.9
2010	8.8	13.9	20.7	15.9	7.0	2.4	0.3	0.0	0.0	0.4	2.8	7.0
2011	7.9	10.6	15.6	16.7	6.8	2.4	0.2	0.0	0.0	0.0	2.3	12.4
2012	21.7	24.5	20.7	15.6	7.9	3.0	0.8	0.0	0.0	5.1	12.5	8.9
2013	9.0	15.2	29.8	18.1	10.7	4.1	1.1	0.0	0.0	9.5	3.8	8.1
2014	9.1	11.7	17.6	13.0	5.9	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	2.2	11.4
2015	26.3	17.6	28.5	17.0	10.6	4.5	1.2	0.1	0.0	0.0	7.2	5.8

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5 Desarrollo de la metodología de Similitud Hidráulica de Cuencas Altoandinas

A.- Descripción Geológica de la zona de estudio

Antes de empezar con el desarrollo de la presente metodología, se hizo una descripción de la geología e hidrogeología de la zona de estudio. Concluyendo que ambas cuencas poseen en la mayoría de su extensión, características similares; acuíferos locales o discontinuos productivos, o acuíferos extensos con una permeabilidad media. Lo cual es un buen indicio para la aplicación de la metodología de Similitud Hidráulica de Cuencas Altoandinas, entre ambas cuencas, puesto que la investigación se centra en el fenómeno físico más importante en una microcuenca altoandina: precipitación-escorrentía, despreciando otros fenómenos como la infiltración o la evapotranspiración.

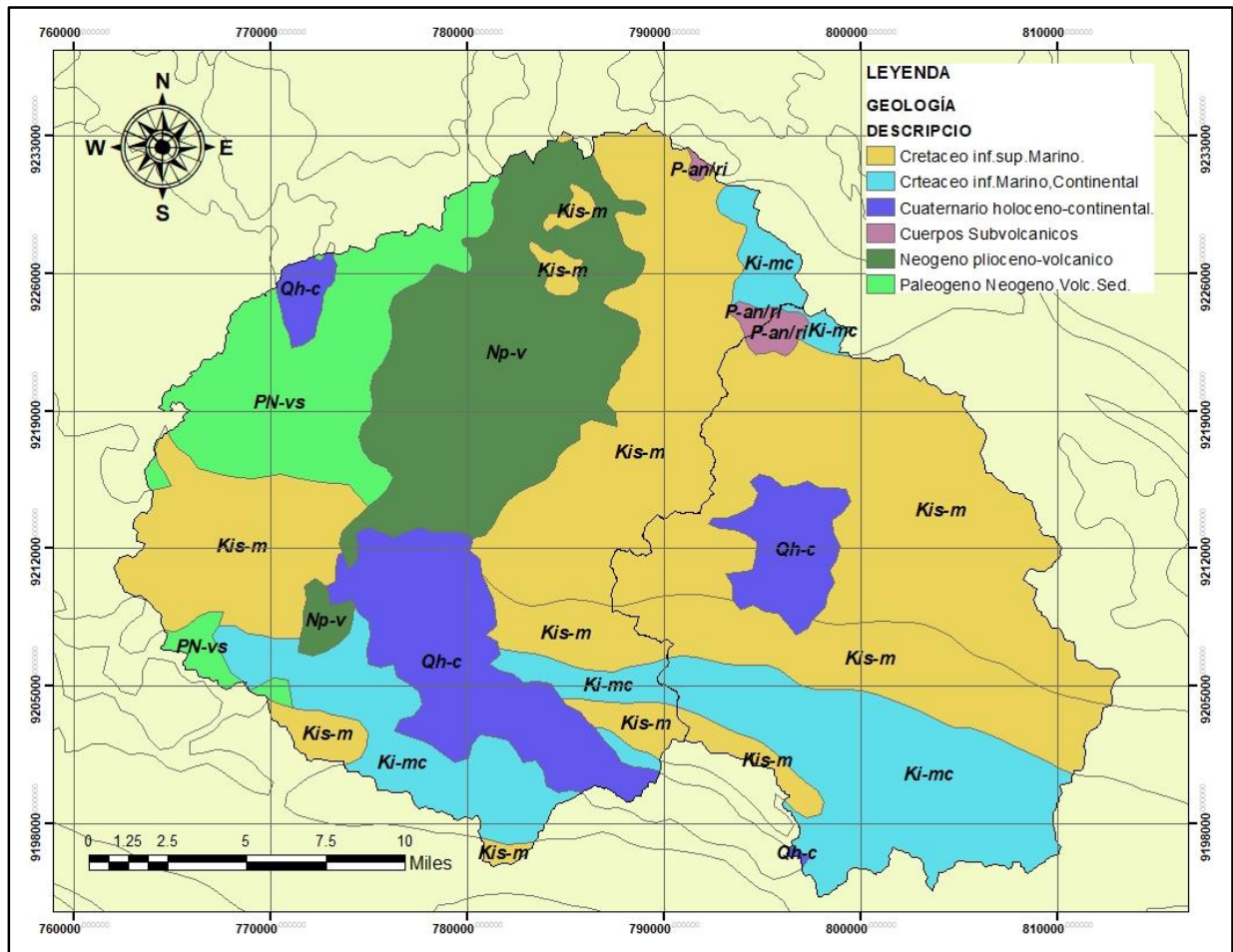


Figura 18 Mapa geológico de las cuencas de los ríos Namora y Cajamarquino
(Elaboración propia)

A.1.- Geología en la cuenca del río Namora

Como observamos en la tabla 24 el mayor porcentaje del tipo de formación geológica son las formaciones consolidadas fisuradas que incluyen las formaciones Kársticas y las formaciones detríticas permeables; las cuales son características de acuíferos locales o discontinuos productivos, o acuíferos extensos, pero solo moderadamente productivos (con permeabilidad media), y acuíferos generalmente extensos, con productividad elevada (con permeabilidad elevada).

Tabla 24 Características geológicas de la cuenca del río Namora.

Símb.	Área %	Nombre De La Escala Temporal Geológica	Tipo De Formación
Kis-m	64.1	Cretáceo inf.sup.Marino.	Formaciones consolidadas fisuradas, incluye formaciones Kársticas.
Ki-mc	27.8	Cretáceo inf.Marino,Continental	Formaciones detríticas permeables en general no consolidadas.
Qh-c	7.1	Cuaternario holoceno-continental.	Formaciones detríticas permeables en general no consolidadas.
P-an/ri	1.0	Cuerpos Subvolcanicos	Formaciones con acuíferos locales (detríticos o fisuradas) o regiones sin agua subterránea con cantidad apreciable.

Fuente: Elaboración propia.

A.2.- Geología en la cuenca del río Cajamarquino

Como observamos en la tabla 25 el mayor porcentaje del tipo de formación geológica son las formaciones consolidadas fisuradas que incluyen las formaciones Kársticas y las formaciones con acuíferos locales (detríticos o fisuradas) o regiones sin agua subterránea con cantidad apreciable; las cuales son características de: acuíferos locales o discontinuos productivos, o acuíferos extensos (con permeabilidad media), acuíferos locales, en zonas fracturadas o meteorizadas en formaciones consolidadas, sin excluir acuíferos cautivos (con permeabilidad baja

a muy baja) y también acuíferos generalmente extensos, con productividad elevada (con permeabilidad elevada).

Tabla 25 Características geológicas de la cuenca del río Cajamarquino.

Símb.	Área %	Nombre de la Escala Temporal Geológica	Tipo De Formación Hidrogeológica
Kis-m	28.8	Cretáceo inf.sup.Marino.	Formaciones consolidadas fisuradas, incluye formaciones Kársticas.
Np-v	26.0	Neógeno plioceno- volcanico	Formaciones con acuíferos locales (detríticos o fisuradas) o regiones sin agua subterránea con cantidad apreciable.
PN-vs	16.5	Paleogeno Neógeno Volc.Sed.	Formaciones con acuíferos locales (detríticos o fisuradas) o regiones sin agua subterránea con cantidad apreciable.
Qh-c	14.3	Cuaternario holoceno-continental.	Formaciones detríticas permeables en general no consolidadas.
Ki-mc	13.8	Cretáceo inf.Marino,Continental	Formaciones detríticas permeables en general no consolidadas.
P-an/ri	0.5	Cuerpos Subvolcanicos	Formaciones con acuíferos locales (detríticos o fisuradas) o regiones sin agua subterránea con cantidad apreciable.

Fuente: Elaboración propia.

B.- Coeficiente de calibración para el caudal medio mensual.

Para la obtención del coeficiente mensual de calibración se relacionó los caudales medios mensuales medidos y los caudales medios mensuales generados. Los caudales medios mensuales generados se obtuvieron aplicando la fórmula 23.

B.1- Coeficiente de calibración para el caudal medio mensual cuenca Namora

En el caso de Namora se utilizaron las siguientes variables: Área de la cuenca Namora altitud media de la cuenca Namora, área de la cuenca del río Cajamarquino, altitud media de la cuenca del río Cajamarquino, la precipitación media mensual por el método de las isoyetas para cada uno de los meses y para cada una de las cuencas (todo ello ubicado en el anexo respecto a los parámetros geomorfológicos de las cuencas) , dicho método es el más preciso para hallar la precipitación media; y finalmente el caudal medio mensual medido de la cuenca del río Cajamarquino (ver anexos).

Tabla 26 Coeficiente mensual de Similitud Hidráulica para la cuenca del río Namora.

MESES	CAUDALES DEL RÍO NAMORA		COEFICIENTE
	REAL	GENERADO	
SETIEMBRE	1.18	0.44	2.64
OCTUBRE	1.97	1.78	1.11
NOVIEMBRE	3.61	2.48	1.46
DICIEMBRE	4.87	3.31	1.47
ENERO	4.92	4.30	1.14
FEBRERO	6.80	7.22	0.94
MARZO	8.51	10.07	0.84
ABRIL	7.46	8.31	0.90
MAYO	4.09	3.27	1.25
JUNIO	2.12	1.09	1.94
JULIO	1.43	0.39	3.62
AGOSTO	1.15	0.25	4.54

Fuente: Elaboración propia

B.2- Coeficiente de calibración para el caudal medio mensual cuenca Cajamarca

Para el caudal medio mensual de la cuenca Cajamarca, se utilizaron las mismas variables del ítem anterior, pero en lugar de usar el caudal medio mensual medido de la cuenca del río Cajamarquino, se utilizó el caudal medio mensual medido de la cuenca del río Namora (ver anexos).

Tabla 27 Coeficiente mensual de Similitud Hidráulica para la cuenca del río Cajamarquino.

MESES	CAUDALES DEL RÍO CAJAMARQUINO		COEFICIENTE
	REAL	GENERADO	
SETIEMBRE	0.95	2.51	0.38
OCTUBRE	3.33	3.69	0.90
NOVIEMBRE	5.53	8.05	0.69
DICIEMBRE	7.43	10.92	0.68
ENERO	9.82	11.23	0.87
FEBRERO	15.68	14.78	1.06
MARZO	20.73	17.51	1.18
ABRIL	15.60	14.00	1.11
MAYO	6.64	8.32	0.80
JUNIO	2.39	4.63	0.52
JULIO	1.00	3.63	0.28
AGOSTO	0.67	3.04	0.22

Fuente: Elaboración propia.

C.- Caudales Medios Mensuales Generados

Para los caudales medios mensuales de cada uno de los años, se usó la fórmula 26. Algunas variables usadas en el ítem anterior continuarán siendo las mismas, como las altitudes medias de las cuencas respectivas y las áreas; sin embargo, el caudal medio mensual medido, en este caso será para cada año, así como la precipitación media mensual para cada cuenca. Toda esa información se puede apreciar en los anexos.

C1.- Caudales Medios Mensuales Generados Namora

Tabla 28 Caudales medios mensuales generados por Similitud Hidráulica de la cuenca del río Namora.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
AÑOS	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1973	3.2	1.8	2.7	10.4	3.5	3.3	2.0	1.4	5.9	5.2	6.9	6.1
1974	7.8	10.7	8.1	4.6	1.9	1.6	1.2	2.0	2.0	3.3	1.8	2.4
1975	2.2	6.6	16.8	15.4	7.6	2.5	4.5	1.6	3.2	4.1	2.7	0.3
1976	2.3	5.9	4.4	4.5	1.7	0.6	0.9	0.5	0.2	0.1	0.6	0.6
1977	2.6	7.9	4.3	6.0	1.7	1.3	0.5	0.5	0.1	0.8	1.6	2.0
1978	0.5	0.4	0.6	1.2	2.8	0.3	1.2	0.0	0.1	0.1	0.9	1.9
1979	1.2	3.1	7.3	5.8	1.1	1.0	2.2	2.2	0.8	2.7	2.4	5.9
1980	4.3	4.6	9.1	7.9	5.7	1.5	0.3	1.1	0.1	1.8	7.5	12.8
1981	1.6	10.4	3.7	1.6	1.2	1.1	0.2	0.2	0.3	1.1	3.9	6.5
1982	2.8	3.4	3.0	3.9	1.7	0.1	0.6	0.1	0.4	2.4	2.4	11.4
1983	7.4	1.4	6.2	7.0	5.6	2.1	0.4	0.6	0.2	1.1	0.5	5.9
1984	1.0	15.1	8.4	7.2	6.7	1.6	1.7	1.3	0.3	2.4	2.1	3.3
1985	1.3	1.7	1.1	2.2	0.9	0.2	1.0	0.1	0.2	0.6	0.1	2.8
1986	2.9	2.3	2.3	3.6	2.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	1.4	2.7
1987	7.4	4.2	1.7	1.0	3.6	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	2.0	3.3
1988	4.6	6.2	3.7	3.7	1.7	0.6	0.4	0.5	0.4	0.4	2.5	1.7
1989	3.5	9.0	8.6	11.9	3.2	0.8	0.4	0.3	0.7	4.7	2.3	0.2
1990	2.4	3.2	0.8	1.8	1.0	0.9	0.3	0.1	0.0	1.9	5.4	5.3
1991	1.5	2.7	5.8	4.3	2.4	0.6	0.3	0.5	0.1	0.1	0.2	0.4
1992	0.8	0.1	0.4	1.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	1.3	0.4	0.1
1993	0.5	6.2	13.2	9.7	3.5	0.5	0.4	0.3	0.4	2.4	8.5	8.5
1994	4.8	7.2	11.5	7.9	4.0	3.4	0.7	2.0	0.4	0.1	1.8	3.0
1995	1.3	4.7	4.1	3.9	2.0	2.5	0.2	0.4	1.1	0.6	3.8	3.1
1996	5.1	9.5	21.1	15.0	4.8	0.8	3.2	1.0	1.8	2.1	2.7	1.4
1997	1.5	4.2	2.4	1.0	1.0	0.9	0.3	2.0	0.2	0.5	3.2	9.9
1998	4.8	12.4	17.4	10.0	5.0	1.9	2.0	3.6	2.1	1.6	2.6	2.1
1999	4.2	27.7	9.2	4.7	2.9	5.3	2.0	2.0	3.2	1.4	2.1	5.2

2000	1.5	4.1	6.7	4.2	5.1	2.2	1.9	2.3	3.2	0.6	0.4	3.1
2001	17.6	6.0	14.2	10.3	4.2	0.9	0.6	1.0	0.9	2.5	3.8	4.5
2002	5.6	6.4	8.6	6.1	3.1	2.3	0.9	0.6	1.4	1.8	3.9	5.0
2003	3.0	6.7	7.7	8.5	2.4	3.5	1.7	1.8	1.2	1.9	3.5	4.2
2004	6.7	6.8	6.5	7.2	3.4	1.5	2.0	0.4	1.1	2.4	2.7	4.9
2005	6.0	7.7	9.4	5.2	4.9	2.1	0.8	1.4	0.2	4.0	3.2	7.8
2006	4.8	5.4	29.3	20.3	3.0	2.9	1.2	0.8	1.6	0.5	4.1	9.8
2007	8.9	3.9	20.0	16.0	7.7	2.6	1.8	1.3	1.9	3.1	9.7	6.8
2008	10.5	9.6	9.1	8.4	5.4	3.6	5.8	7.3	5.3	5.2	9.9	4.2
2009	12.9	10.8	13.4	15.6	9.9	4.7	5.4	6.7	1.0	4.4	6.8	8.4
2010	5.7	5.3	6.0	8.2	6.9	4.1	2.9	0.7	2.8	4.5	10.3	7.6
2011	7.7	9.2	9.0	23.3	7.4	2.1	4.0	0.2	2.3	0.9	2.2	10.4
2012	25.2	13.7	6.3	8.6	6.7	6.7	1.1	1.8	0.1	6.2	13.6	5.1
2013	6.2	5.9	18.1	6.3	6.4	4.3	1.5	4.1	0.1	3.3	2.8	7.2
2014	6.7	6.8	14.0	6.2	24.0	2.3	2.5	1.3	3.1	3.0	5.1	8.9
2015	14.3	8.3	18.3	10.9	9.1	3.7	0.3	0.3	0.0	0.2	3.7	1.1

Fuente: Elaboración propia.

C2.- Caudales Medios Mensuales Generados Cajamarca

Tabla 29 Caudales medios mensuales generados por Similitud Hidráulica de la cuenca del río Cajamarca.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
AÑOS	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1973	8.9	8.9	15.2	32.6	7.2	1.5	1.2	1.0	2.2	7.4	10.0	8.1
1974	9.1	29.1	27.7	13.6	4.5	3.1	1.9	0.7	0.7	4.1	2.8	4.9
1975	7.3	17.1	23.7	12.8	8.3	5.6	1.0	1.2	1.2	3.4	4.2	3.4
1976	11.1	8.2	25.0	17.1	6.9	3.0	0.8	0.6	0.9	1.7	1.3	2.5
1977	11.6	31.3	23.6	14.5	6.7	1.5	1.0	0.5	1.0	3.2	7.9	5.5
1978	12.5	17.1	13.3	15.5	10.9	2.5	0.3	0.0	0.2	1.4	4.4	6.5
1979	3.6	7.9	46.4	7.0	3.4	5.0	0.6	0.4	1.4	2.4	8.3	6.1
1980	11.3	23.4	19.3	14.7	4.8	3.4	4.4	0.7	0.7	3.8	9.3	9.2
1981	6.1	25.7	37.7	10.3	3.8	1.2	2.4	0.6	0.4	2.7	3.8	10.5
1982	7.1	32.0	16.6	18.4	5.1	22.7	0.4	2.2	0.8	4.0	6.2	9.5
1983	9.2	20.5	23.7	14.7	5.6	1.4	1.2	0.5	3.3	2.9	2.8	10.0
1984	7.2	25.7	30.9	15.8	10.2	5.6	2.0	0.7	3.9	4.8	4.1	7.9
1985	11.9	10.8	9.8	11.1	5.7	3.1	0.1	2.5	0.7	0.9	2.4	4.4
1986	6.3	10.3	13.7	19.8	5.5	4.0	2.2	1.0	0.5	0.9	3.4	5.2
1987	7.8	13.9	11.2	13.0	5.3	2.1	0.7	0.5	0.5	1.0	5.0	5.3
1988	11.6	17.8	15.8	18.7	9.1	2.0	0.7	0.2	0.5	1.3	5.2	4.3
1989	15.5	21.6	25.3	22.0	6.2	1.3	0.7	0.4	0.8	4.2	3.6	2.6
1990	6.4	10.7	13.5	11.3	6.5	2.2	0.7	0.6	1.3	4.1	7.6	7.3
1991	9.5	12.0	23.8	11.9	4.7	1.4	0.8	0.4	0.6	1.0	2.5	2.5
1992	11.7	9.8	12.1	16.1	3.0	1.9	1.0	0.6	0.9	3.9	4.0	1.7
1993	6.0	11.1	24.1	12.3	4.8	3.3	0.9	0.4	0.5	3.5	8.4	10.1
1994	10.1	14.9	15.3	14.7	6.7	1.5	2.2	0.4	0.5	1.1	2.9	6.5
1995	8.1	15.5	19.4	22.3	9.4	0.9	1.5	0.5	0.8	1.3	6.9	7.9
1996	13.9	19.3	23.9	18.7	7.6	11.9	0.8	1.7	0.8	4.7	2.4	3.1
1997	4.6	13.2	6.2	6.4	3.0	0.8	0.9	0.2	0.7	1.1	2.6	9.2
1998	9.9	12.1	21.2	13.0	8.1	4.1	1.3	0.6	0.8	4.5	8.3	1.8
1999	10.1	25.7	25.1	12.5	5.9	3.3	1.4	0.3	1.9	6.1	3.8	10.4

2000	5.3	22.0	28.2	16.5	7.2	3.5	1.5	0.8	2.5	2.8	1.5	7.5
2001	15.6	15.9	24.6	11.2	5.8	5.5	1.5	0.6	1.4	2.3	10.2	17.1
2002	7.5	12.5	19.5	20.3	6.5	2.2	1.4	1.2	0.7	4.9	7.7	13.0
2003	14.3	8.9	14.2	9.8	9.4	2.0	0.9	0.3	0.7	2.0	5.6	7.7
2004	3.6	7.7	8.6	9.4	4.7	2.1	0.6	1.7	0.9	3.2	16.7	14.4
2005	9.1	11.2	31.4	26.4	6.1	2.4	2.1	0.7	1.3	6.5	5.6	8.0
2006	12.2	14.2	27.3	19.7	5.5	2.5	0.9	0.7	1.2	3.1	5.4	13.6
2007	9.2	10.0	18.4	21.9	6.6	3.0	1.2	1.2	0.8	9.4	15.0	8.6
2008	15.7	18.6	21.2	17.4	8.0	3.8	1.0	0.7	1.5	5.3	8.2	8.0
2009	15.4	24.7	23.5	20.9	7.4	3.9	1.9	0.7	2.0	5.3	6.4	9.1
2010	5.4	10.7	16.0	24.1	15.9	2.6	0.6	0.6	0.4	2.1	4.8	10.7
2011	10.4	22.2	21.7	26.6	8.0	6.4	1.2	1.4	1.0	4.6	4.0	13.9
2012	19.5	26.4	14.6	9.6	7.1	1.2	1.3	0.5	6.6	3.4	10.4	6.2
2013	11.2	17.0	29.0	15.9	3.4	2.4	1.3	0.3	10.0	3.7	1.6	4.5
2014	4.1	7.2	25.3	9.1	5.7	3.3	1.2	1.4	1.0	1.9	3.2	8.1
2015	12.0	13.0	25.2	20.6	5.5	2.6	1.6	1.4	12.6	3.9	2.8	6.0

Fuente: Elaboración propia.

3.5.6 Pruebas estadísticas de comparación de los caudales medios mensuales.

Para la comparación de los caudales medios mensuales entre las dos muestras (datos generados y datos medidos), en el presente estudio transversal, primero se realizó la prueba paramétrica T de Student, la cual compara las medias entre dos muestras independientes. Antes de ser realizada la prueba T Student, se corroboró la normalidad en ambos grupos, con la prueba de Smirnov Kolmogorov, y la igualdad de varianza, con la prueba de Levene.

Muchos de los datos mensuales no cumplieron con los dos supuestos mencionados, por lo que fue necesario usar el equivalente no paramétrico de la prueba T Student, es decir la prueba de U de Mann Whitney.

Todas las pruebas estadísticas fueron realizadas utilizando el software SPSS.

A.- Comparación de los caudales medios mensuales generados por el modelo Lutz Scholz para la cuenca del río Cajamarquino.

Luego de haber realizado las pruebas de Smirnov Kolmogorov y Levene, solamente el valor de diciembre logró pasar dichas pruebas; sin embargo, no pasó la prueba final de T de student; por lo tanto, fue un valor probado también en la prueba U de Mann Whitney. Los detalles de la prueba se encuentran en el respectivo anexo.

Prueba de U de Mann Whitney

H_0 = NO Existe una diferencia significativa entre la media de caudales de medidos y generados ($P\text{-valor} \geq \alpha$).

H_1 = Existe una diferencia significativa entre la media de caudales de medidos y generados

$\alpha = 0.05$

Tabla 30 Prueba U de Mann Whitney-Modelo Lutz Scholz-Cuenca del Cajamarquino

MES	P VALOR	IGUALDAD DE CAUDALES	U DE MANN WHITNEY
ENERO	0.019	NO	
FEBRERO	0.252	SÍ	792
MARZO	0.595	SÍ	863
ABRIL	0.367	SÍ	820
MAYO	0.066	SÍ	712
JUNIO	0.185	SÍ	771
JULIO	0.015	NO	642
AGOSTO	0	NO	25
SETIEMBRE	0	NO	267
OCTUBRE	0.331	SÍ	812
NOVIEMBRE	0.038	NO	684
DICIEMBRE	0.006	NO	606

Fuente: Elaboración propia

B.- Comparación de los caudales medios mensuales generados por el método de Similitud Hidráulica para la cuenca del río Cajamarquino.

Luego de haber realizado las pruebas de Smirnov Kolmogorov y Levene, ningún valor logró pasar dichas pruebas; por lo tanto, todos los valores fueron probados en la prueba U de Mann Whitney. Los detalles de la prueba se encuentran en el respectivo anexo.

Tabla 31 Prueba U de Mann Whitney-Método Similitud Hidráulica - Cuenca Cajamarca.

MES	P VALOR	IGUALDAD DE CAUDALES	U DE MANN WHITNEY
ENERO	0.163	SÍ	763
FEBRERO	0.419	SÍ	831
MARZO	0.455	SÍ	838

ABRIL	0.353	SÍ	817
MAYO	0.395	SÍ	826
JUNIO	0.072	SÍ	716
JULIO	0.058	SÍ	705
AGOSTO	0.206	SÍ	778
SETIEMBRE	0.03	NO	674
OCTUBRE	0.424	SÍ	832
NOVIEMBRE	0.71	SÍ	841
DICIEMBRE	0.632	SÍ	869

Fuente: Elaboración propia.

C.- Comparación de los caudales medios mensuales generados por el modelo Lutz Scholz para la cuenca del río Namora.

Luego de haber realizado las pruebas de Smirnov Kolmogorov y Levene, solamente los valores de los meses de marzo, abril y diciembre lograron pasar la prueba final de T de student; es decir, el P-valor $\geq \alpha$ ($\alpha = 0.05$). Los detalles de la prueba se encuentran en el respectivo anexo.

Tabla 32 Prueba T Student-Modelo Lutz Scholz-Cuenca Namora

MES	P VALOR	IGUALDAD DE VARIANZAS
MARZO	0.657	SÍ
ABRIL	0.198	SÍ
DICIEMBRE	0.614	SÍ

Fuente: Elaboración propia.

El resto de valores fueron probados a través de la prueba de U de Mann Whitney.

Tabla 33 Prueba U de Mann Whitney-Modelo Lutz Scholz-Cuenca Namora.

MES	P VALOR	IGUALDAD DE CAUDALES	U DE MANN WHITNEY
ENERO	0.526	SÍ	851
FEBRERO	0.503	SÍ	847
MAYO	0.323	SÍ	810

JUNIO	0.002	NO	573
JULIO	0	NO	466
AGOSTO	0	NO	461
SETIEMBRE	0.006	NO	605
OCTUBRE	0	NO	505
NOVIEMBRE	0.215	SÍ	781

Fuente: Elaboración propia.

D.- Comparación de los caudales medios mensuales generados por el modelo Similitud Hidráulica para la cuenca del río Namora.

Similitud Hidráulica: Luego de haber realizado las pruebas de Smirnov Kolmogorov y Levene, ningún valor logró pasar dichas pruebas; por lo tanto, todos los valores fueron probados en la prueba U de Mann Whitney. Los detalles de la prueba se encuentran en el respectivo anexo.

Tabla 34 Prueba U de Mann Whitney-Método Similitud Hidráulica - Cuenca Namora.

MES	P VALOR	IGUALDAD DE CAUDALES	U DE MANN WHITNEY
ENERO	0.323	SÍ	810
FEBRERO	0.424	SÍ	832
MARZO	0.376	SÍ	822
ABRIL	0.323	SÍ	810
MAYO	0.45	SÍ	837
JUNIO	0.139	SÍ	753
JULIO	0.079	SÍ	721
AGOSTO	0.238	SÍ	788
SETIEMBRE	0.05	NO	698
OCTUBRE	0.619	SÍ	867
NOVIEMBRE	0.39	SÍ	825
DICIEMBRE	0.726	SÍ	884

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA EL MODELO DE LUTZ SCHOLZ

- Para la cuenca del Río Cajamarquino, el valor de U de Mann Whitney fue mayor para los meses de *marzo, abril y octubre*; lo cual nos indica que, en dichos meses, los caudales medios mensuales generados por el modelo de “Lutz Scholz” para la cuenca del Río Cajamarquino, se acercaron más a la realidad.

MES	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
U DE MANN	792	863	820	712	771	642	25	267	812	684	606

- Para la cuenca del río Namora, el valor de U de Mann Whitney fue mayor para los meses de *enero febrero, marzo y noviembre*; lo cual nos indica que, en dichos meses, los caudales medios mensuales generados por el modelo de “Lutz Scholz” para la cuenca del Río Namora, se acercaron más a la realidad, además de los meses antes mencionados (marzo, abril y diciembre) que pasaron la prueba de T Student.

MES	E	F	M	J	J	A	S	O	N
U DE MANN	851	847	810	573	466	461	605	505	781

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA LA METODOLOGÍA DE SIMILITUD HIDRÁULICA

- Para la cuenca del Río Cajamarquino, el valor de U de Mann Whitney fue mayor para los meses de *febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre*; lo cual nos indica que, en dichos meses, los caudales medios mensuales generados por el modelo de “Similitud Hidráulica” para la cuenca del Río Cajamarquino, se acercaron más a la realidad.

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
U DE MANN	763	831	838	817	826	716	705	778	674	832	841	869

- Para la cuenca del río Namora, el valor de U de Mann Whitney fue mayor para los meses de *enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre*; lo cual nos indica que, en dichos meses, los caudales medios mensuales generados por el modelo de “Similitud Hidráulica” para la cuenca del Río Namora, se acercaron más a la realidad. Y se obtuvo el valor más bajo dentro de la prueba en los meses de *junio, julio, agosto y setiembre*, es decir en los meses de menor precipitación en la cuenca.

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
U DE MANN	810	832	822	810	837	753	721	788	698	867	825	884

4.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUAL PARA EL AÑO PROMEDIO

- Como se observa en las figuras 16 y 17, los caudales medios mensuales generados a través de la metodología de “Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos”, se ajustan mejor a la información histórica, para ambas cuencas de estudio; sin embargo se debe tener en cuenta que, para aplicar esta metodología ambas cuencas deben tener primeramente, características geomorfológicamente similares (ver tabla 10), ser consideradas como cuencas altoandinas (ubicada aproximadamente entre los 1500 y 4200 m.s.n.m, como se señala en el ítem 2.2.1), y agregaríamos que, ambas presenten una geología similar.
- Aunque el modelo de “Lutz Scholz”, se haya calibrado y validado, vemos en las figuras 16 y 17, que se siguen presentando desfases considerables; entre los caudales medios mensuales generados a través del modelo y los caudales medidos, para el año promedio; especialmente en los meses lluviosos en la región Cajamarca, teniendo como valor más desfavorable de 10.17m³/s en la cuenca del río Cajamarquino, en el mes de diciembre; y 3.44 m³/s en la cuenca del río Namora, para el mes de octubre

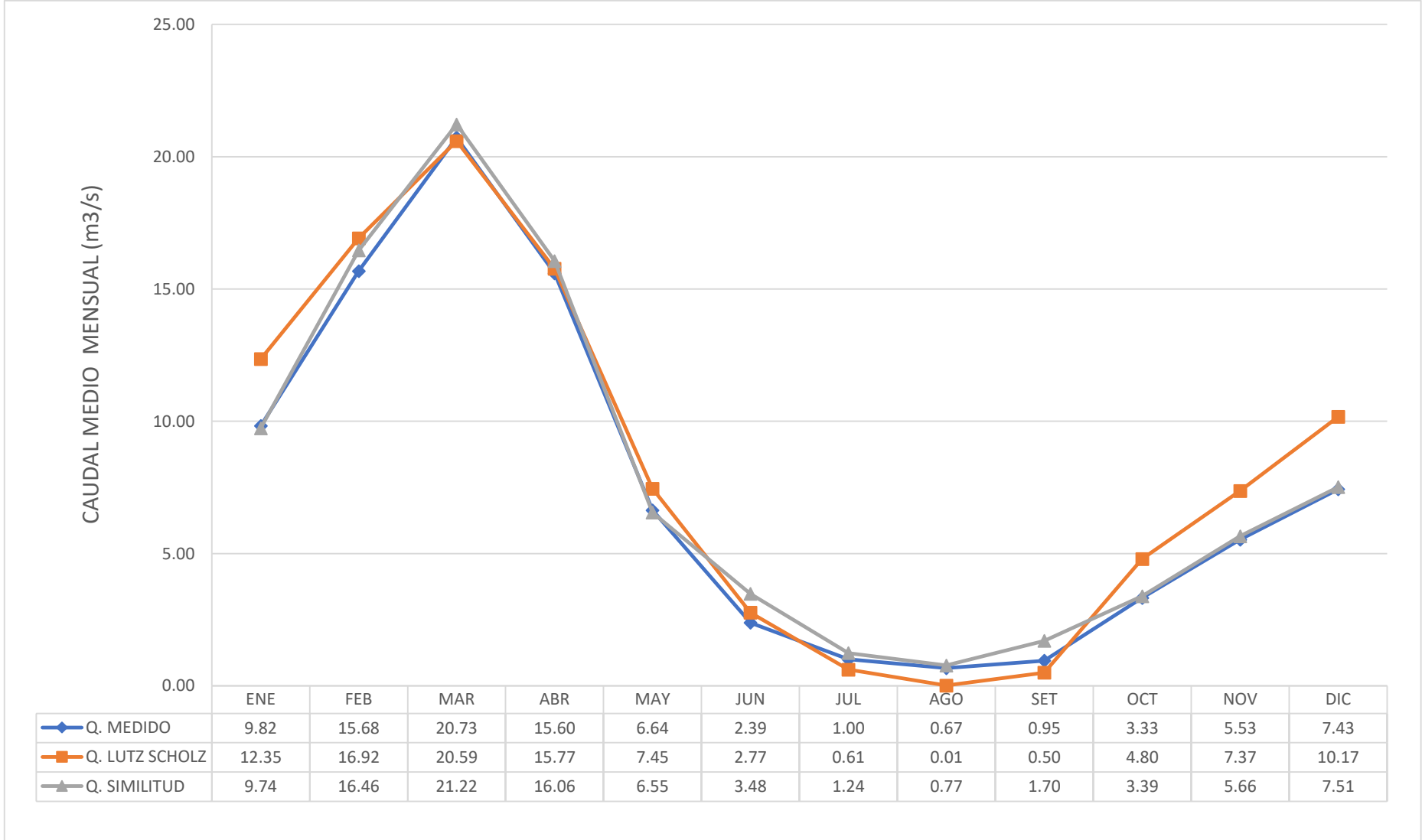


Figura 19 Comparación de los Caudales Medios Mensuales en la Cuenca del Río Cajamarquino para el año promedio



Figura 20 Comparación de los Caudales Medios Mensuales en la Cuenca del Río Namora para el año promedio

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se obtuvieron los caudales medios mensuales, en metros cúbicos por segundo, a través de la metodología de “Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos” y el modelo de “Lutz Scholz”, para la cuenca del Río Cajamarquino, teniendo como punto emisor la estación hidrométrica de Jesús Túnel, para los años hidrológicos: 1973–2015.

Los valores se pueden resumir en el cuadro siguiente, para el año promedio:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MEDIDO	9.8	15.7	20.7	15.6	6.6	2.4	1.0	0.7	0.9	3.3	5.5	7.4
LUTZ	12.4	16.9	20.6	15.8	7.5	2.8	0.6	0.0	0.5	4.8	7.4	10.2
SIMILITUD	9.7	16.5	21.2	16.1	6.5	3.5	1.2	0.8	1.7	3.4	5.7	7.5

- Se obtuvieron los caudales medios mensuales, en metros cúbicos por segundo, a través de la metodología de “Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos” y el modelo de “Lutz Scholz”, para la cuenca del Río Namora, teniendo como punto emisor la estación hidrométrica de Namora Bocatoma, para los años hidrológicos: 1973–2015. Los valores se pueden resumir en el cuadro siguiente, para el año promedio:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MEDIDO	4.9	6.8	8.5	7.5	4.1	2.1	1.4	1.1	1.2	2.0	3.6	4.9
LUTZ	5.5	7.1	8.8	7.7	4.6	2.8	1.8	1.4	1.4	3.4	3.9	4.6
SIMILITUD	5.3	6.7	8.7	7.5	4.4	2.0	1.4	1.3	1.2	2.0	3.7	4.8

- En la cuenca del Río Cajamarquino, se compararon mediante las pruebas estadísticas T Student y U de Mann Whitney, los caudales medios mensuales, medidos y los obtenidos a través del modelo de “Lutz Scholz”, y la metodología de “Similitud Hidráulica”. Concluyendo que, el modelo arroja mejores resultados para los meses de *marzo*, *abril* y *octubre*; mientras que la metodología de “Similitud Hidráulica”, en general, da resultados más precisos a lo largo del año.
- En la cuenca del río Namora, se compararon mediante las pruebas estadísticas T Student y U de Mann Whitney, los caudales medios mensuales, medidos y los obtenidos a través

del modelo de “Lutz Scholz” y la metodología de “Similitud Hidráulica”. Concluyendo que, dicho modelo da mejores resultados para los meses de *marzo, abril y diciembre*, como nos indica la prueba T de Student; además, los valores mencionados tampoco presentaron una diferencia significativa en los meses de *febrero, mayo y noviembre*, luego de la prueba U de Mann Whitney; por lo que, los valores generados para dichos meses también son considerados como aceptables. Para la metodología de “Similitud Hidráulica” los resultados obtenidos en los meses de *enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre*, tuvieron un número más alto en la prueba de U de Mann Withney; lo cual indica que, dichos valores son considerados con un mayor nivel de aceptación.

- Finalmente se concluye que los datos generados a través del modelo determinístico estocástico de “Lutz Scholz”, no presentan la debida confiabilidad para las cuencas estudiadas, y que la metodología de “Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos” posee un mejor ajuste, especialmente en los meses de lluvia.

5.2. RECOMENDACIONES

- La información hidrológica de ambas cuencas puede ser transferida a otras cuencas, de características similares en la región, que no poseen información de caudal.
- Los coeficientes sugeridos en la tabla 3, para el modelo de “Lutz Scholz” en Cajamarca, deberían de considerar también el mes de abril como mes lluvioso, para que los resultados se acerquen más a la realidad.

Tabla 35 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, Lutz. 1980

- Si se desea aplicar la metodología de “Similitud Hidráulica de Cuencas Altoandinas”, se recomienda que, aparte de las condiciones de similitud, las cuencas en estudio deberían presentar características geológicas similares.

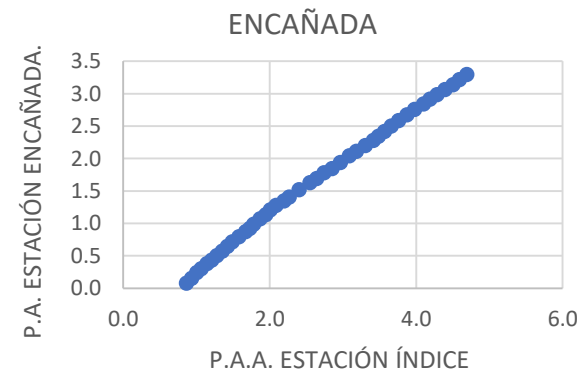
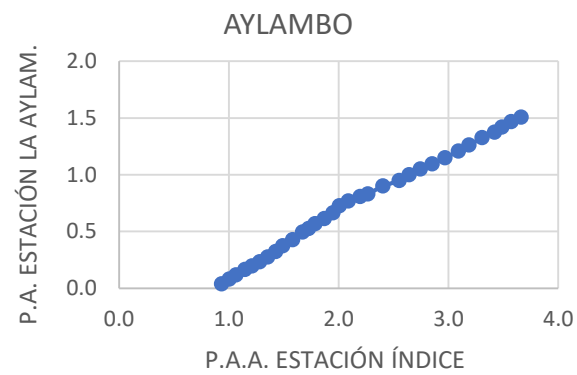
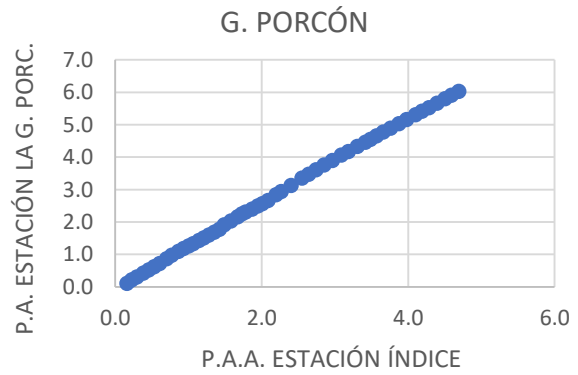
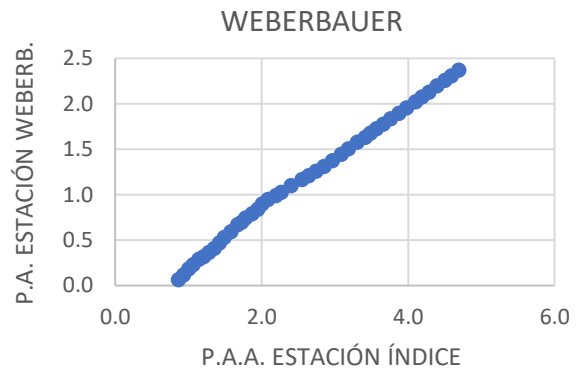
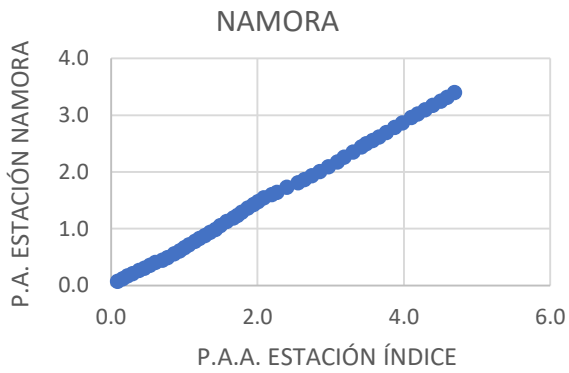
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

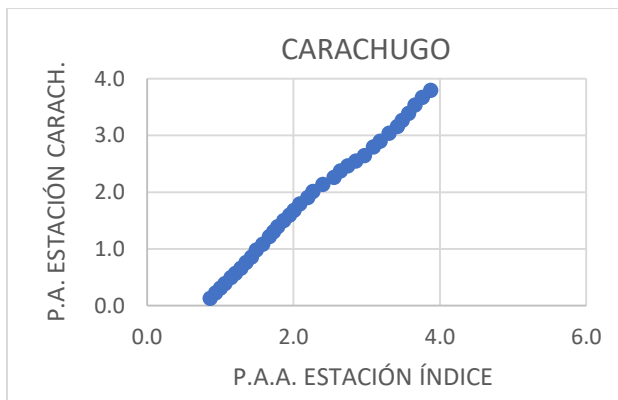
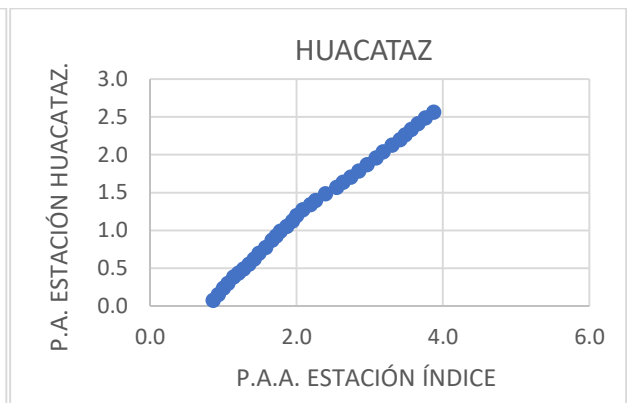
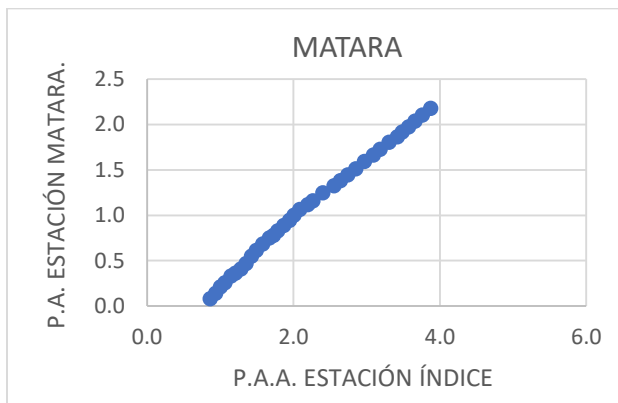
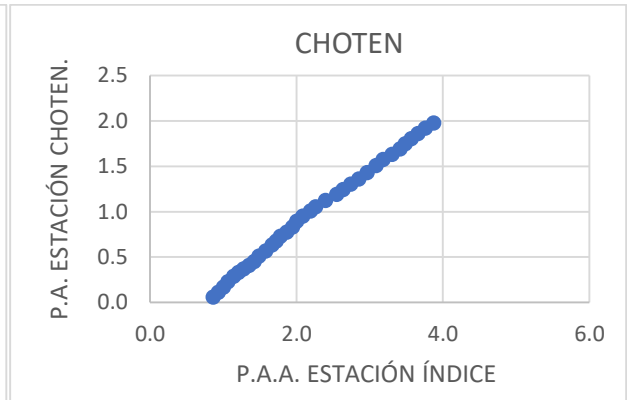
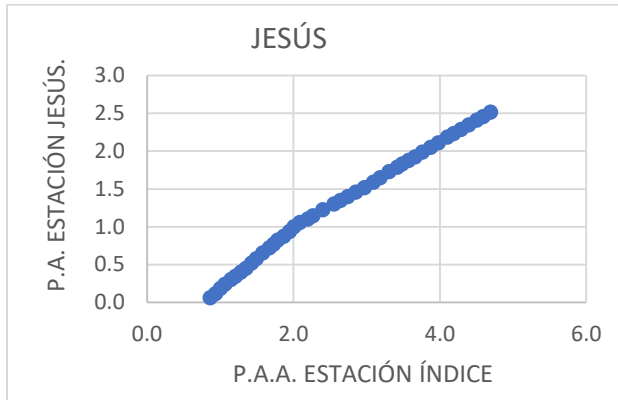
- CHOW, V. T., MAIDMENT, D. R., & MAYS, L. W. 1994. Hidrología Aplicada. Santafé de Bogotá, Colombia: NOMOS S.A. 299p. Consultado octub. 2018. Disponible en http://www.academia.edu/33852571/Hidrologia_Aplicada_Ven_Te_Chow
- OMM (Organización Meteorológica Mundial) 2011. Guía de prácticas climatológicas. Ginebra. Suiza. 128p. Consultado octub. 2018. Disponible en https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_100_es.pdf
- Ortiz Vera, O. 2015. Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica. Tecnología y ciencias del agua. Tesis Doc en Recursos Hídricos. Lima-Perú: UNALM. Consultado octub. 2018. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2239>
- Ortiz Vera, O. 2006. Hidrología de Superficie. Tecnología y ciencias del agua. Tesis Doc en Recursos Hídricos. Cajamarca. Perú. 233p.
- Ostrowski, M. 2003. Linearity of hidrological models and related uncertainty. Darmstadt-Germany: Darmstadt University of Thechnology, Department of Civil Engineering, Petersenstrasse. Bologna. Italy. 11p. Consultado octub. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Manfred_Ostrowski/publication/243457593_LINEARITY_OF_HYDROLOGICAL_MODELS_AND_RELATED_UNCERTAINTY/links/00b7d51d08f20ef12f000000.pdf
- UNESCO-ROSTLAC. 1982. Evaluación de Métodos Hidrológicos para la Completación de Datos Faltantes de Precipitación en Estaciones de la Región del Maule, Chile. 13 p. Consultado marzo. 2019. Disponible en http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7406/Astorayme_vm.pdf?sequence=3

ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS DE DOBLE MASA

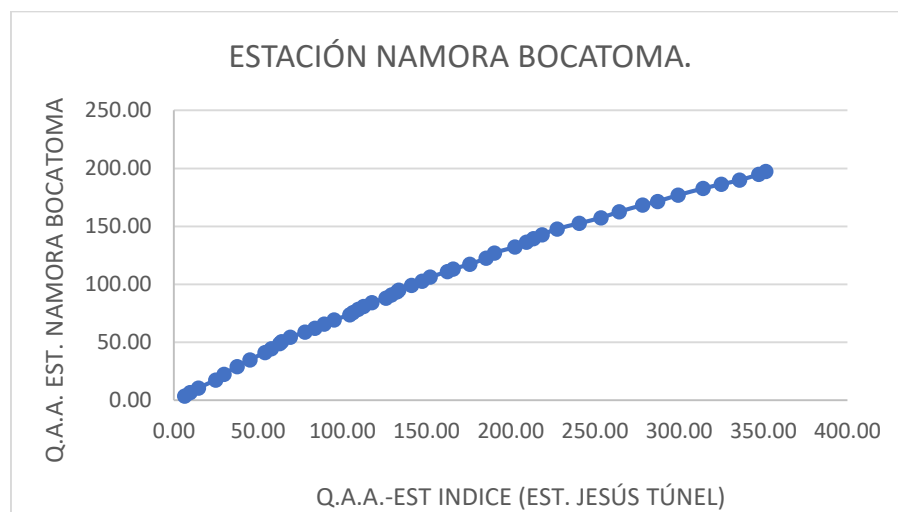
Análisis de doble masa (datos de precipitación)





***Doble Masa de las Estaciones Pluviométricas
(Elaboración propia)***

Análisis de doble masa (caudal)



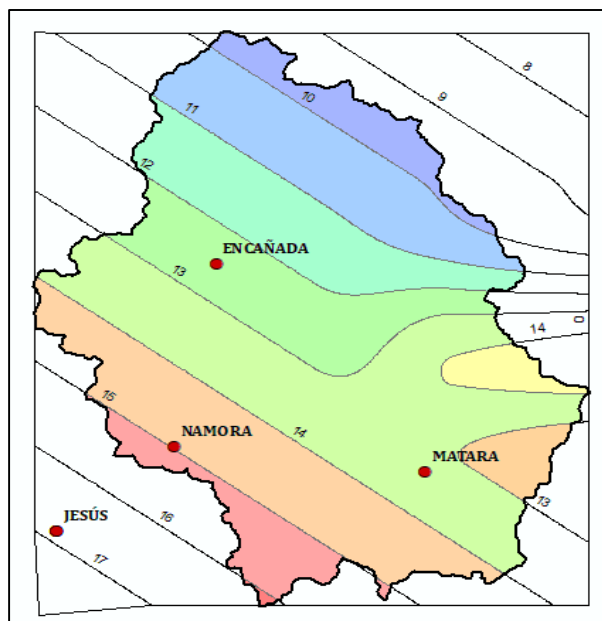
Doble masa de la estación Namora Bocatoma (Elaboración propia)

ANEXO 2. ISOTERMAS

Temperatura Media Mensual Cuenca Jesús Método: Isotermas

COTA MENOR	COTA MAYOR	PROMEDIO	ÁREA Km ²	A*T°
9	10	9.5	23.0	218.8
10	11	10.5	60.4	634.7
11	12	11.5	56.8	653.7
12	13	12.5	58.1	725.8
13	14	13.5	132.3	1786.5
14	14	14	10.4	145.5
13	13	13	12.1	157.9
14	15	14.5	79.4	1151.0
15	16	15.5	25.3	392.2
16	17	16.5	0.6	10.1
		SUMA	458.5	5876.1
TEMP. MEDIA. ANUAL:		12.81		

Fuente: Elaboración propia



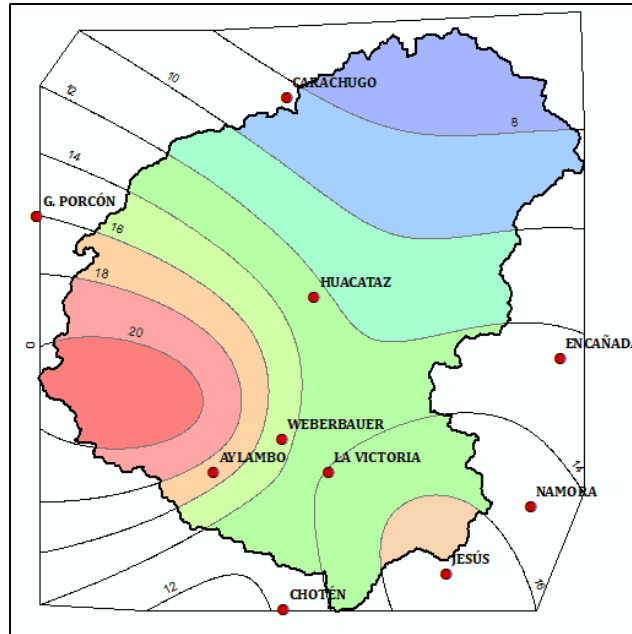
Mapa de Isotermas Cuenca Namora (Elaboración propia)

Temperatura Media Mensual Cuenca Jesús Método: Isotermas

COTA MENOR	COTA MAYOR	PROMEDIO	ÁREA Km ²	A*T°
8	8	8	72.5	579.8
8	10	9	116.9	1052.4
10	12	11	118.7	1305.5
12	14	13	145.7	1894.7
14	16	15	67.3	1009.3
16	18	17	53.4	907.0
18	20	19	58.4	1108.8
20	20	20	55.5	1110.9
14	16	15	70.9	1063.6
16	16	16	19.9	318.7
SUMA:			779.2	10350.5

TEMP. MEDIA.
ANUAL: 13.28

Fuente: Elaboración propia



Mapa de Isotermas Cuenca Cajamarca

ANEXO 3. CAUDALES PARA EL AÑO PROMEDIO LUTZ SCHOLZ

Caudales para el año promedio sin calibrar para la cuenca del río Cajamarca.

A continuación, se presenta el procedimiento detallado que se ha seguido para aplicar el modelo Lutz Sholz a la Microcuenca del Río Cajamarca con 779.2 km².

Características de forma de la cuenca:

Área de la Microcuenca = 779.2 km² (ver tabla 11)

Altitud Media de la Cuenca = 3305.7 msnm (ver tabla 12)

Pendiente Media de la Cuenca = 0.03 m/m (ver tabla 12)

Temperatura media anual

T = 12.81 °C

Precipitación Total anual (mm/año)

P = 821.32 mm

Déficit de escurrimiento (mm/año)

De la ec. (29)

$$L = 300 + 25(13.28) + 0.05(13.28)^3 = 749.29$$

$$D = 821.32 \frac{1}{\left(0.9 + \frac{821.32^2}{749.29^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = 566.56 \text{ mm}$$

Coefficiente de escurrimiento (mm/año)

$$C = \frac{821.32 - 566.56}{821.32} = 0.310$$

Grupo de coeficiente de curvas.

En este caso se obtuvo $C = 0.310$, lo cual se encuentra entre 0.30 y 0.45 por lo que ingresamos a la tabla 4 de los coeficientes donde resulta que se debe usar las curvas II y III

Coef.	II	III	
a0	-0.021	-0.028	Límite superior para la Precipitación Efectiva:
a1	0.1358	0.2756	
a2	-0.002	-0.004	
a3	4E-05	6E-05	Curva II:
a4	-9E-08	1E-07	PE = P - 86.4 para P > 152.4 mm/mes
a5	-9E-11	-1E-09	Curva III:
C	0.3	0.45	PE = P - 59.7 para P > 127.0 mm/mes

Precipitación efectiva

- Para el mes de marzo. Como P_{marzo} es mayor que los límites superior de la curva III de la tabla anterior, tenemos:

Curva III

Como $P_{\text{marzo}} = 141.4 > 127.0$ entonces $PE_{\text{III}_{\text{marzo}}} = 141.4 - 59.7 = 81.67 \text{ mm}$

- Entonces de la ec. 32.2 y 32.3 respectivamente se tiene:

$$CII = \frac{0.31 \cdot 821.3 - 323.4}{199.9 - 323.4} = 0.556$$

$$CIII = \frac{0.31 \cdot 821.3 - 323.4}{323.4 - 199.9} = 0.444$$

Los resultados de todos los meses se encuentran en la columna 6 de la tabla 28.

Coefficiente de agotamiento

Por las características geomorfológicas y climatológicas se ha elegido el coeficiente de agotamiento para cuencas con agotamiento mediano (ecuación. 39.4). Retención mediana (50 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados):

$$a = 0.00252(\ln 779.2) + 0.03 = 0.0132$$

Relación entre descarga y retención

$$b_0 = e^{-0.0132 \cdot \# \text{Días del mes}} = 0.673$$

La generación de caudales para el año promedio, a continuación, se calculará el caudal del año promedio para el mes de enero.

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

- Como en Cajamarca existe la estacionalidad y se asume que en el mes de enero existe abastecimiento y no gasto de la retención entonces $G_i = 0$
- Luego de calculada la Precipitación Efectiva, se procedió a calcular la Contribución de la Retención, la cual está en función del Gasto (G_i) y del Abastecimiento (A_i). Para obtener el Gasto de cada mes, se procedió a usar la fórmula arriba descrito en la ecuación entre descarga y retención:

Ejemplo mes de abril:

$$b_0 = e^{-0.0132 \cdot 30} = 0.673$$

$$G_i = R * (b_i / \sum_{i=1}^n b_n) = 50 * 0.673 / 1.833 = 18.3$$

- Luego se obtuvo el Abastecimiento mensual (A_i), la cual se obtiene hallando el coeficiente de abastecimiento y junto con la retención descrita previamente.

Ejemplo mes de enero:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) = 0.2 * \left(\frac{50}{100} \right) = 10 \text{ mm/mes}$$

- Finalmente se utilizó la fórmula se logra obtener los caudales que se presentan en la siguiente tabla:

Caudales generados sin calibrar mediante Modelo Lutz Scholz para la cuenca del río Cajamarquino

MES	N° días del mes	PRECIPITACION MENSUAL				CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES	
		P	Efectiva			Gasto	Abastecimiento		GENERADOS		
		Total mm/mes	PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes	mm/mes	m3/s
ENERO	31	98.0	23.16	38.26	29.87		0.0	0.2	10.0	19.87	5.780
FEBRERO	28	113.4	32.88	53.00	41.82		0.0	0.25	12.5	29.32	9.444
MARZO	31	141.4	55.65	81.67	67.21		0.0	0.35	17.5	49.71	14.461
ABRIL	30	90.6	19.27	32.14	24.99	0.673	18.3		0.0	43.34	13.028
MAYO	31	43.0	4.72	8.86	6.56	0.441	12.0		0.0	18.57	5.404
JUNIO	30	15.7	1.71	3.51	2.51	0.304	8.3		0.0	10.81	3.249
JULIO	31	7.2	0.85	1.76	1.26	0.194	5.3		0.0	6.55	1.906
AGOSTO	31	8.3	0.98	2.02	1.44	0.129	3.5		0.0	4.95	1.441
SETIEMBRE	30	35.1	3.65	7.09	5.18	0.093	2.5		0.0	7.71	2.317
OCTUBRE	31	83.4	15.92	26.81	20.76		0.0	0.25	12.5	8.26	2.402
NOVIEMBRE	30	84.4	16.33	27.47	21.28		0.0	-0.05	-2.5	23.78	7.149
DICIEMBRE	31	100.8	24.79	40.78	31.89		0.0	0	0.0	31.89	9.279
AÑO		821.3	199.9	323.4	254.8	1.833	50.0	1.000	50.0	254.76	6.322
Coeficientes		0.34	0.31	0.556	0.444	1.000					

Caudales para el año promedio sin calibrar para la cuenca Namora

A continuación, se presenta el procedimiento detallado que se ha seguido para aplicar el modelo Lutz Sholz a la Microcuenca Namora con 458.6 km².

Características de forma de la cuenca:

$$\text{Área de la Microcuenca} = 458.6 \text{ km}^2$$

$$\text{Altitud Media de la Cuenca} = 3297.6 \text{ msnm}$$

$$\text{Pendiente Media de la Cuenca} = 0.04 \text{ m/m}$$

Temperatura media anual

$$T = 12.81^\circ\text{C}$$

Precipitación Total anual (mm/año)

$$P = 862.20 \text{ mm}$$

Déficit de escurrimiento (mm/año)

$$L = 300 + 25(12.81) + 0.05(12.81)^3 = 725.58$$

$$D = 862.20 \frac{1}{\left(0.9 + \frac{862.20^2}{725.58^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = 567.04 \text{ mm}$$

Coefficiente de escurrimiento (mm/año)

$$C = \frac{862.20 - 567.04}{862.20} = 0.342$$

Grupo de coeficiente de curvas.

En este caso se obtuvo $C = 0.342$, lo cual se encuentra entre 0.30 y 0.45 por lo que ingresamos a la tabla 4 de los coeficientes donde resulta que se debe usar las curvas II y III

Precipitación efectiva

- Para el mes de marzo. Como P_{marzo} es mayor que los límites superior de la curva III de la tabla anterior, tenemos:

Curva III

Como $P_{\text{marzo}} = 151.8 > 127.0$ entonces $PE_{III_{\text{marzo}}} = 151.8 - 59.7 = 92.06 \text{ mm}$

- Entonces de la ec. 32.2 y 32.3 respectivamente se tiene:

$$CII = \frac{0.34 * 862.2 - 358.0}{225.3 - 358.0} = 0.474$$

$$CIII = \frac{0.34 * 862.2 - 225.3}{358.0 - 225.3} = 0.526$$

Donde se cumple que $CII + CIII = 1$

Luego se procede a calcular la PE correspondiente a cada uno de los meses a partir de la expresión siguiente.

$$PE = PE_{II} * CII + PE_{III} * CIII$$

Coefficiente de agotamiento

Por las características geomorfológicas y climatológicas se ha elegido el coeficiente de agotamiento para cuencas con agotamiento mediano, retención mediana (50 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados):

$$a = 0.00252(\ln 458.6) + 0.03 = 0.0146$$

Relación entre descarga y retención

$$b_0 = e^{-0.0146 * \# \text{Días del mes}} = 0.646$$

Gasto de la retención

Como se ha elegido a para cuencas con agotamiento mediano, entonces la retención está en el orden de 50 mm/año.

Abastecimiento

Los coeficientes de abastecimiento que le corresponde a la región Cajamarca son:

Región/mes	oct	nov	dic	ene	feb	mar	Tot.
Cajamarca	25%	-5%	0%	20%	25%	35%	100%

Generación de caudales

- Como en Cajamarca existe la estacionalidad y se asume que en el mes de enero existe abastecimiento y no gasto de la retención entonces $G_i=0$
- Luego de calculada la Precipitación Efectiva, se procedió a calcular la Contribución de la Retención, la cual está en función del Gasto (G_i) y del Abastecimiento (A_i). Para obtener el Gasto de cada mes, se procedió a usar la fórmula arriba descrito en la ecuación entre descarga y retención:

Ejemplo mes de abril:

$$b_o = e^{-0.0146*30} = 0.646$$

$$G_i = R * (b_i / \sum_{i=1}^n b_n) = 50*0.646/1.663 = 19.4$$

- Luego se usó la ecuación 41 para obtener el Abastecimiento mensual (A_i), la cual se obtiene hallando el coeficiente de abastecimiento y junto con la retención descrita previamente.

Ejemplo mes de enero:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) = 0.2 * \left(\frac{50}{100} \right) = 10 \text{ mm/mes}$$

- Finalmente se generaron los caudales para el año promedio.

-Ejemplo para el mes de enero: $CM_{\text{enero}} = 28.82 \text{ mm} + 0.0\text{mm} - 10.0\text{mm} = 18.82\text{mm}$

Donde

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = CM_i * A * c$$

$$c = 1000 / (N_{\text{dias}} * 24 * 3600)$$

$$Q_m(\text{m}^3/\text{s}) = 18.82 \text{ mm} * 458.6 * 1000 / (30 * 24 * 3600)$$

$$Q_m(\text{m}^3/\text{s}) = 3.222 \text{ m}^3/\text{s}$$

-Ejemplo para el mes de marzo: $CM_{\text{abril}} = 37.81 \text{ mm} + 19.4\text{mm} - 00.0\text{mm} = 57.23\text{mm}$

Donde

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = CM_i * A * c$$

$$c = 1000 / (\text{Ndias} * 24 * 3600)$$

$$Q_m(\text{m}^3/\text{s}) = 57.23 \text{ mm} * 458.6 * 1000 / (30 * 24 * 3600)$$

$$Q_m(\text{m}^3/\text{s}) = 10.126 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudales generados sin calibrar mediante Modelo Lutz Scholz para la cuenca del río Namora (Elaboración Propia)

MES	N° días del mes	PRECIPITACION MENSUAL				CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES	
		P	Efectiva			Gasto	Abastecimiento			GENERADOS	
		Total mm/mes	PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes	mm/mes	m3/s
ENERO	31	94.8	21.40	35.49	28.82		0.0	0.2	10.0	18.82	3.222
FEBRERO	28	115.3	34.25	55.00	45.17		0.0	0.25	12.5	32.67	6.193
MARZO	31	151.8	65.43	92.06	79.45		0.0	0.35	17.5	61.95	10.607
ABRIL	30	106.7	28.38	46.29	37.81	0.646	19.4		0.0	57.23	10.126
MAYO	31	46.8	5.31	9.83	7.69	0.406	12.2		0.0	19.88	3.404
JUNIO	30	15.9	1.72	3.54	2.68	0.270	8.1		0.0	10.79	1.909
JULIO	31	6.2	0.75	1.55	1.17	0.164	4.9		0.0	6.11	1.046
AGOSTO	31	7.0	0.83	1.71	1.29	0.105	3.1		0.0	4.44	0.760
SETIEMBRE	30	36.3	3.80	7.34	5.66	0.073	2.2		0.0	7.85	1.389
OCTUBRE	31	98.7	23.55	38.86	31.61		0.0	0.25	12.5	19.11	3.272
NOVIEMBRE	30	83.7	16.02	26.98	21.79		0.0	-0.05	-2.5	24.29	4.298
DICIEMBRE	31	99.2	23.86	39.35	32.02		0.0	0	0.0	32.02	5.482
AÑO		862.2	225.3	358.0	295.2	1.663	50.0	1.000	50.0	295.16	4.309
Coeficientes		0.34	0.474	0.526	1.000						

ANEXO 4. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

Parámetros de Forma de la cuenca del río Cajamarquino

PARÁMETRO		UNIDAD DE MEDIDA	MEDIDA
Área total de la cuenca		km ²	779.21
Perímetro de la cuenca		km	150.51
Longitud de río principal		km	53.378429
Centroides	Este X	m	779872.7349
	Norte Y	m	9215544.842
	Altitud Z	m	3084.00
Longitud total de los ríos de diferente grado	Orden 1	km	271.1964
	Orden 2	km	110.1991
	Orden 3	km	54.4504
	Orden 4	km	31.6578
	Orden 5	km	13.7146
	Long. Total	km	481.218
Ancho promedio de la cuenca		km	14.60
Coeficiente de compacidad		-	1.52
Factor de forma		-	0.2735
Rectángulo equivalente	Lado mayor:	km	63.53
	Lado menor:	km	12.27
Radio de Circularidad		km	0.4322

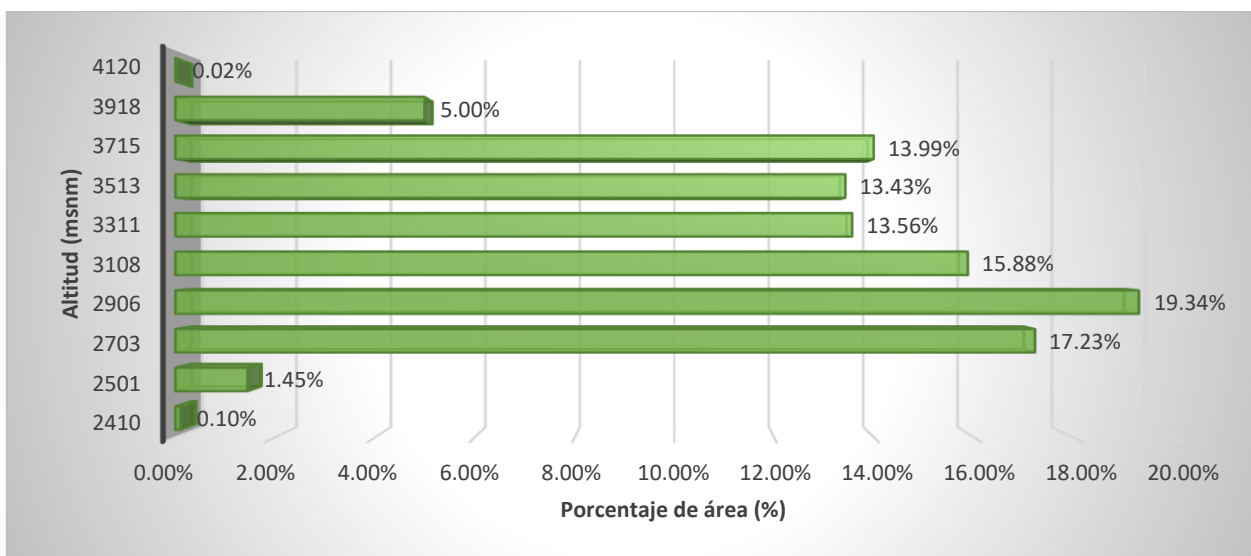
Fuente: Elaboración propia

Parámetros de relieve de la cuenca de la cuenca del río Cajamarquino

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MEDIDA
Altitud media de la cuenca	msnm	3305.7254
Altitud de frecuencia media	msnm	3275.000
Área por encima de frecuencia media	km ²	118.047
Altitud más frecuente	msnm	3179 - 3371

Pendiente media de la cuenca	Altitud máxima	msnm	4253
	Altitud mínima	msnm	2516
	Pendiente media	m/m	0.0273
Coeficiente masividad		-	0.00208
Coeficiente orográfico		-	0.00336
Coeficiente de torrencialidad		-	0.15657

Fuente: Elaboración propia



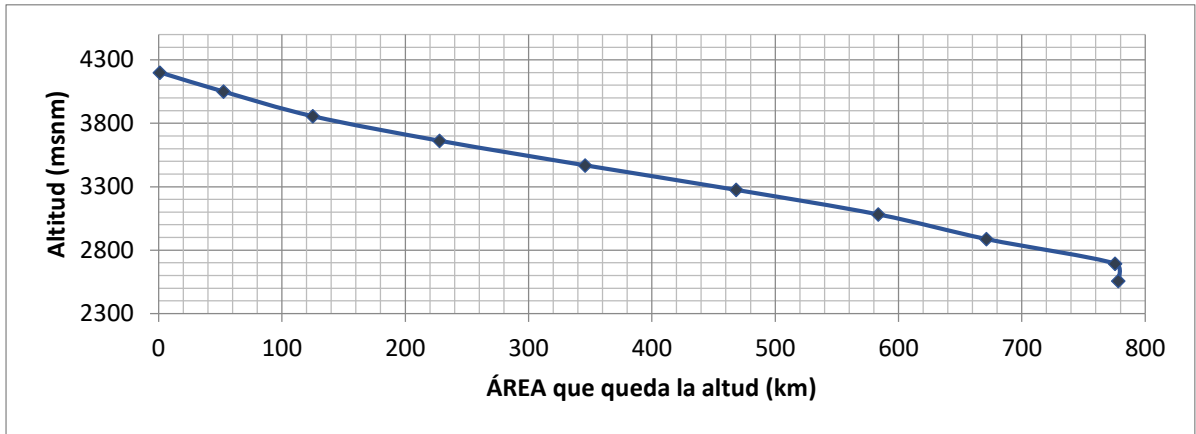
Polígono de frecuencia de altitudes de la cuenca del río cajamarquino

(Elaboración propia)

Cuadro de áreas entre curvas de nivel de la cuenca del río Cajamarquino

N°	COTA (msnm)			Área (km2)					Ci*Ai
	Mín.	Máx.	Promedio "Ci"	Área Parcial (km2) "Ai"	Área Acumulada (km2)	Área que queda sobre la superficie (km2)	Porcentaje de área entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.	
1	2516	2597	2557	2.62	2.62	778.30	0.34%	100.00	6700.08
2	2598	2790	2694	104.28	106.90	775.68	13.40%	99.66	280922.51
3	2791	2984	2888	87.64	194.54	671.41	11.26%	86.27	253065.70
4	2985	3178	3082	115.25	309.79	583.76	14.81%	75.00	355149.04
5	3179	3371	3275	122.54	432.33	468.51	15.74%	60.20	401302.45
6	3372	3565	3469	118.05	550.37	345.98	15.17%	44.45	409446.71
7	3566	3758	3662	102.92	653.30	227.93	13.22%	29.29	376897.07
8	3759	3952	3856	72.36	725.66	125.01	9.30%	16.06	279000.56
9	3953	4146	4050	51.47	777.13	52.64	6.61%	6.76	208417.24
10	4147	4253	4200	1.18	778.30	1.18	0.15%	0.15	4940.04
				778.30			100%		2575841.39

Fuente: Elaboración propia



Curva Hipsométrica
(Elaboración propia)

Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca del río cajamarquino

PARÁMETRO		UNIDAD	MEDIDA
		DE	
		MEDIDA	
Tipo de corriente		-	Perennes
Número de orden de los ríos	Orden 1	-	122
	Orden 2	-	56
	Orden 3	-	35
	Orden 4	-	21
	Orden 5	-	9
N° Total de ríos		-	243
Grado de ramificación		-	5
Frecuencia de densidad de los ríos		ríos/km ²	0.3119
Densidad de drenaje		ríos/km ²	0.6176
Extensión media del escurrimiento superficial		km ² /km	1.6192
Cotas del cauce principal	Altitud máxima	msnm	3935.00
	Altitud mínima	msnm	2516.00
Pendiente media del río principal		m/m	0.027
Altura media del río principal		msnm	3225.50
Tiempo de concentración		horas	5.734

Cuadro para el cálculo de pendiente media de la cuenca del río cajamarquino

N°	RANGO PENDIENTE %		PROMEDIO	NÚMERO DE OCURRENCIA	PROMEDIO x OCURRENCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
1	0	2	1.0	69039	69038.7
2	2	4	3.0	83715	251144.5
3	4	8	6.0	201101	1206605.9
4	8	15	11.5	305957	3518507.5
5	15	25	20.0	157858	3157161.3
6	25	50	37.5	47052	1764444.7
7	50	75	62.5	1000	62492.3
8	75	100	87.5	67	5862.6
				865789	10035257.5
					Porc 11.59

Fuente: Elaboración propia

Parámetros Geomorfológicos de la cuenca del Río Namora

Parámetros de Forma de la cuenca del río Namora

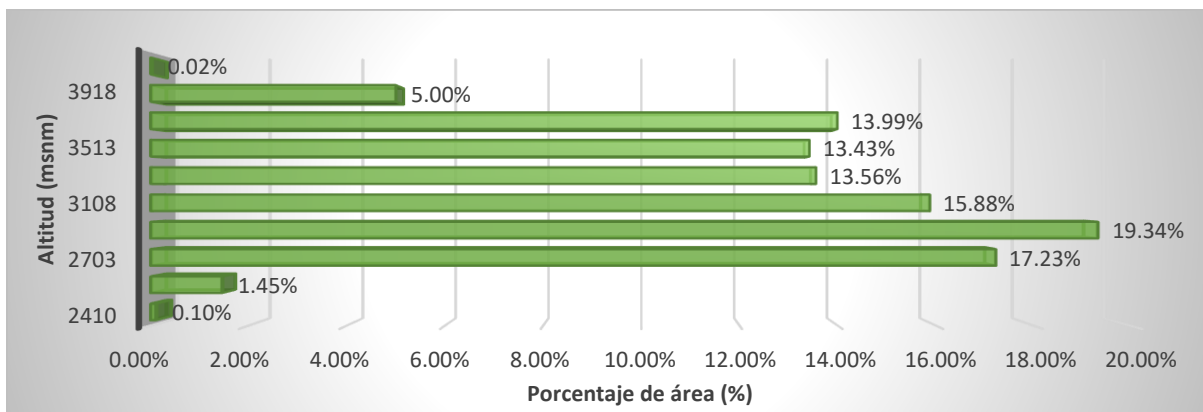
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MEDIDA	
Área total de la cuenca	km ²	458.60	
Perímetro de la cuenca	km	114.88	
Longitud de río principal	km	37.879119	
Centroides	Este X	m	800311.1086
	Norte Y	m	9208645.675
	Altitud Z	m	3260.00
Longitud total de los ríos de diferente grado	Orden 1	km	154.622
	Orden 2	km	74.153
	Orden 3	km	26.823
	Orden 4	km	21.593
	Long. Total	km	277.191
Ancho promedio de la cuenca	km	12.11	
Coefficiente de compacidad	-	1.51	
Factor de forma	-	0.3196	
Rectángulo equivalente	Lado mayor	km	48.37
	Lado menor	km	9.48

Fuente: Elaboración propia

Parámetros de Relieve Forma de la cuenca del río Namora

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MEDIDA
Altitud media de la cuenca	msnm	3297.6
Altitud de frecuencia media	msnm	3006.5
Área por encima de frecuencia media	km ²	72.8
Altitud más frecuente	msnm	2906 - 3107

Pendiente media de la cuenca	Altitud máxima	msnm	4146
	Altitud mínima	msnm	2410
	Pendiente media	m/m	0.0359
Coeficiente masividad		-	0.00361
Coeficiente orográfico		-	0.00597
Coeficiente de torrencialidad		-	0.152639388

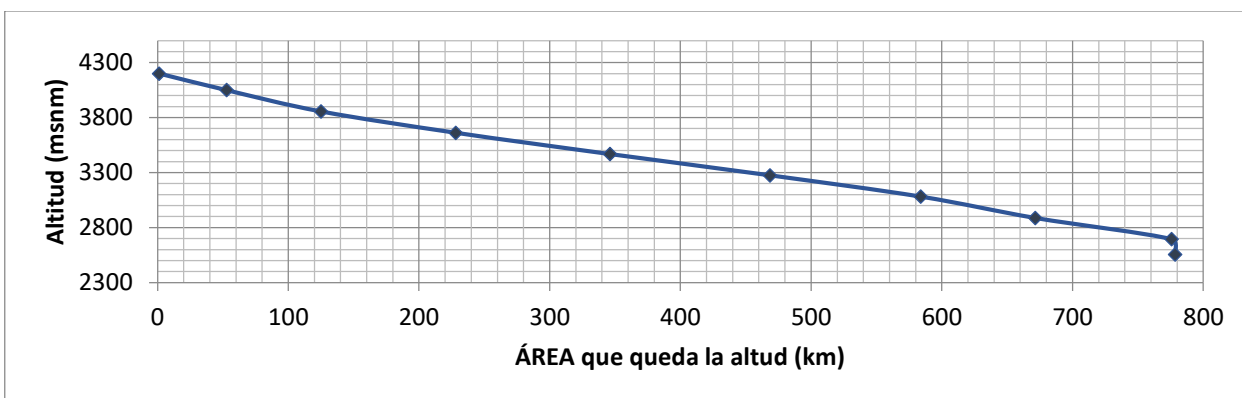


Polígono de frecuencia de altitudes de la cuenca del río Namora (Elaboración propia)

Curvas de nivel de la cuenca del río Namora

N°	COTA (msnm)			Área (km ²)					Ci*Ai
	Mínima	Máxima	Promedio "Ci"	Área Parcial (km ²) "Ai"	Área Acumulada (km ²)	Área que queda sobre la superficie (km ²)	Porcentaje de área entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.	
1	2410	2500	2455	0.48	0.48	458.58	0.10%	100.00	1170.79
2	2501	2702	2602	6.67	7.14	458.10	1.45%	99.90	17339.78
3	2703	2905	2804	79.01	86.15	451.44	17.23%	98.44	221536.75
4	2906	3107	3007	88.69	174.84	372.43	19.34%	81.21	266654.30
5	3108	3310	3209	72.82	247.67	283.74	15.88%	61.87	233688.37
6	3311	3512	3412	62.19	309.85	210.92	13.56%	45.99	212153.00
7	3513	3714	3614	61.57	371.42	148.73	13.43%	32.43	222487.89
8	3715	3917	3816	64.18	435.60	87.16	13.99%	19.01	244904.01
9	3918	4119	4019	22.91	458.51	22.98	5.00%	5.01	92056.20
10	4120	4146	4133	0.07	458.58	0.07	0.02%	0.02	289.31
				458.58			100%		1512280.40

Fuente: Elaboración propia



Curva Hipsométrica de la cuenca del río Namora (Elaboración propia)

Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca del río Namora

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MEDIDA
Tipo de corriente	-	Perennes
Número de Orden 1	-	70
orden de los ríos Orden 2	-	37
Orden 3	-	18
Orden 4	-	14
Orden 5	-	0
Nº Total de ríos	-	139
Grado de ramificación	-	4
Frecuencia de densidad de los ríos	ríos/km ²	0.3031
Densidad de drenaje	ríos/km ²	0.6044
Extensión media del escurrimiento superficial	km ² /km	1.6544
Cotas del cauce principal		
Altitud máxima	msnm	3644.00
Altitud mínima	msnm	2410.00
Pendiente media del río principal	m/m	0.033
Altura media del río principal	msnm	3027.00
Tiempo de concentración	horas	4.7072

Fuente: Elaboración propia

Cuadro para el cálculo de pendiente media de la cuenca del río Namora

N°	RANGO PENDIENTE %		PROMEDIO	NÚMERO DE OCURRENCIA	PROMEDIO x OCURRENCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
1	0	2	1.0	53033	53032.8
2	2	4	3.0	74438	223313.6
3	4	8	6.0	153827	922961.9
4	8	15	11.5	160198	1842278.0
5	15	25	20.0	56890	1137800.5
6	25	50	37.5	10926	409723.8
7	50	75	62.5	210	13123.4
8	75	100	87.5	10	875.0
				509532	4603109.0
					%9.03

ANEXO 4. DATOS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL EN MILÍMETROS.

- Estación de Namora

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963									13.0	87.4	106.8	167.4
1964	81.8	63.4	88.3	12.3	32.4	3.8	6.0	28.4	21.2	87.3	67.5	54.3
1965	45.4	67.2	140.8	72.7	29.0	0.8	4.7	7.0	45.7	103.8	51.1	53.1
1966	71.3	35.2	24.7	30.0	42.7	3.8	14.2	0.5	41.7	105.1	43.3	14.5
1967	137.1	149.0	111.5	39.1	30.0	4.7	8.2	6.3	15.5	132.5	52.4	49.1
1968	67.8	68.7	29.4	26.5	34.2	0.3	1.7	17.2	39.8	80.0	12.2	57.9
1969	21	137.0	90.4	83.4	13.5	16.7	3.6	17.1	28.0	69.5	57.5	80.0
1970	56.2	23.3	53.7	52.2	34.1	23.3	8.0	0.0	21.3	208.2	52.6	94.0
1971	31	35.8	132.6	7.4	12.5	11.1	19.4	13.3	31.6	84.9	24.5	73.1
1972	9.1	27.5	105.0	117.0	25.2	4.8	2.6	6.1	38.8	55.4	54.6	71.5
1973	120.1	82.3	54.3	161.1	5.1	45.2	2.1	2.4	76.4	50.8	99.2	84.7
1974	102.1	103.1	72.0	24.3	5.1	16.5	0.0	39.4	102.9	74.1	32.2	39.7
1975	73.1	99.1	225.5	59.1	67.8	0.0	23.7	17.6	38.7	44.3	53.4	7.2
1976	95.1	170.6	56.5	59.1	43.9	8.0	1.1	6.3	5.0	53.9	22.3	106.1
1977	133	168.0	114.1	30.1	18.1	15.5	2.9	0.0	28.2	57.4	79.5	103.7
1978	23.6	73.9	40.3	79.5	134.2	4.1	24.3	4.0	24.7	46.3	47.0	101.9
1979	69.3	167.3	115.8	45.0	20.4	1.3	18.0	23.1	35.4	10.7	27.1	54.1
1980	38.8	17.2	124.7	30.7	30.0	3.1	0.0	8.1	4.5	238.4	149.6	22.8
1981	107.4	156.0	29.0	19.9	41.0	19.4	0.0	13.6	14.1	122.6	19.8	94.7
1982	78.2	23.7	77.0	60.1	45.6	0.0	9.9	0.0	70.8	143.0	154.9	157.3
1983	176.9	41.1	138.0	196.9	65.0	32.7	7.5	15.0	0.0	101.1	28.6	37.1
1984	9.6	225.5	75.6	93.9	38.6	9.7	14.9	16.6	0.0	155.1	82.9	43.9
1985	24.9	46.9	48.5	102.3	38.1	8.2	51.1	19.6	30.0	23.2	40.6	86.0
1986	124.3	63.4	85.8	133.4	36.8	0.0	2.2	7.1	3.9	51.9	78.2	88.9
1987	267.0	124.9	86.8	91.5	16.3	4.6	10.7	12.7	52.5	43.5	101.1	91.4

1988	150.5	106.2	52.5	160.3	11.4	6.3	0.0	0.0	26.9	63.9	86.6	41.3
1989	62.3	144.2	115.1	135.3	31.3	21.4	4.1	10.2	32.5	97.6	1.3	5.4
1990	84.9	99.7	49.1	47.7	25.9	24.1	1.5	6.3	16.7	194.6	195.2	60.0
1991	36.1	80.4	160.5	48.2	43.6	2.3	0.0	0.0	38.7	65.2	61.9	96.0
1992	28.1	35.0	54.8	48.9	22.4	21.1	2.9	11.3	30.8	137.6	33.6	44.0
1993	94.9	176.5	225.3	148.8	55.0	5.8	0.0	3.0	72.9	92.0	74.0	136.0
1994	137.9	162.8	262.6	137.4	23.7	14.7	0.0	1.7	20.6	51.6	62.6	110.5
1995	50.0	131.9	112.7	47.6	22.7	12.1	7.7	1.8	19.1	68.6	72.3	121.9
1996	99.2	181.3	251.7	81.4	20.0	0.3	0.2	6.5	26.1	91.0	54.6	18.8
1997	68.5	141.5	51.7	78.4	16.5	13.1	0.0	0.9	22.6	105.5	106.4	256.4
1998	160.6	202.0	204.0	153.0	34.4	1.1	0.0	2.6	21.6	110.2	66.1	72.9
1999	115.9	308.7	114.5	56.8	77.8	44.7	6.6	1.0	88.2	32.0	71.2	95.9
2000	50.4	173.9	194.8	97.2	139.4	12.4	1.8	23.7	73.5	24.7	65.8	157.9
2001	258.3	109.3	238.5	52.9	61.7	0.4	2.9	0.0	24.6	91.8	106.5	125.0
2002	59.0	92.9	235.4	102.9	23.3	5.8	13.9	3.5	55.1	116.2	187.9	153.7
2003	46.2	69.9	119.8	87.3	23.5	19.1	3.1	10.1	16.3	67.9	111.4	93.6
2004	68.3	102.0	75.7	37.8	40.4	5.1	14.1	6.2	18.8	91.5	83.9	134.2
2005	126.9	73.1	205.8	55.4	22.1	1.0	1.4	5.6	9.2	126.5	13.9	155.2
2006	91.6	92.1	253.6	93.1	8.0	40.7	2.9	11.5	47.9	53.4	80.4	124.2
2007	188.1	34.2	259.1	127.0	50.4	0.0	6.4	6.9	22.2	142.4	153.3	109.5
2008	124.5	176.0	151.9	104.2	32.3	31.1	1.9	8.7	52.3	141.3	83.0	38.4
2009	251.5	117.0	192.8	127.9	59.5	17.9	6.9	7.8	10.8	116.0	121.5	133.8
2010	68.6	116.7	175.5	68.9	24.2	20.2	9.9	0.0	30.2	49.1	86.8	122.4
2011	122.3	108.9	150.5	171.4	4.6	0.3	10.4	1.3	34.8	28.0	59.0	146.2
2012	222.7	127.7	118.7	121.1	34.3	7.7	0.0	5.0	4.6	149.3	109.0	50.8
2013	61.3	106.9	280.5	89.0	88.2	0.4	0.7	19.9	1.9	85.1	29.9	113.5
2014	98.3	114.2	176.6	63.3	89.2	1.3	4.3	0.0	22.9	49.7	76.8	153.8
2015	223.3	92.3	239.7	70.7	141.7	0.2	3.5	0.2	2.5	23.3	124.0	60.5
2016	94.7	149.6										

• Estación Weberbauer

Años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	95.3	70.7	91.6	98.4	27.9	29.3	8.4	18.3	87.2	65.5	68.2	72.3
1974	64.0	128.2	95.2	58.5	4.6	17.3	6.5	23.6	38.7	70.5	53.9	76.4
1975	93.7	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	23.8	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	97.2	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	5.9	53.5	106.6	47.1	2.7
1990	101.8	68.5	58.3	27.4	39.8	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	121.0	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	111.9	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	64.4	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	60.8	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	12.0	60.4	81.7
2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	118.9	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	34.4
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	43.5	52.5	70.8
2011	76.6	73.3	125.2	102.0	16.7	0.4	8.3		47.1	31.5	24.4	109.7
2012	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.8	0.0	2.5	19.1	83.3	120.3	58.3
2013	61.5	98.0	213.6	73.8	65.6	7.5	5.7	8.9	3.7	110.7	17.0	51.9
2014	75.7	68.0	143.2	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

• Estación la Victoria

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1974	50.7	124.8	80.4	46.1	1.4	14.8	3.4	16.0	49.2	42.4	24.8	57.5
1975	85.9	64.1	107.2	33.2	47.0	19.3	13.0	29.1	19.5	73.5	36.3	0.7
1976	75.7	39.7	59.4	59.1	47.6	14.8	0.0	3.3	9.3	10.7	31.0	53.1
1977	82.2	155.5	107.6	44.4	13.0	8.5	3.9	0.7	24.4	42.7	51.3	49.8
1978	11.9	38.9	35.7	29.5	71.2	2.7	7.7	1.2	14.8	12.9	59.9	39.4
1979	45.3		132.8	27.2	13.4	1.7	3.2	16.1	22.6	1.6	18.6	19.7
1980	31.9	34.9	74.3	26.1	2.6	3.4	1.9	0.0	4.5	91.3	77.5	98.1
1981	50.8	173.4	78.0	29.4	9.4	4.0	7.1	8.7	5.4	77.1	36.5	66.2
1982	32.8	91.0	66.0	50.5	28.6						54.8	121.0
1983	78.1	46.1	130.7	85.6	28.3	15.8	10.2	8.6	17.2	48.7	21.8	88.0
1984	22.2	218.0	145.4	59.5	58.2	21.9	22.0	25.4	11.3	55.6	45.0	67.8
1985	11.8	45.6	25.2	43.6	41.3	6.8	0.0	6.0	0.7	36.4	23.6	48.6
1986	72.6	31.4	53.6	101.0	16.9	1.7	2.4	18.1	0.0	21.1	46.7	68.8
1987	77.6	92.4	37.2	64.7	9.5	6.9	7.3	9.8	39.4	59.4	55.5	48.5
1988	74.5	98.7	32.0	95.5	17.9	4.4	0.0	1.4	27.8	59.0	44.3	25.3
1989	74.6	113.0	88.4	78.6	20.2	17.6	1.4	1.0	35.0	97.6	33.7	0.0
1990	89.2	39.3	57.6	37.0	34.5	20.1	0.8	15.9	16.1	84.6	87.1	47.4
1991	59.5	73.8	122.0	57.1	7.3	0.0	0.0	0.0	18.1	28.1	49.0	42.9
1992	41.3	21.1	44.9	29.7	7.9	16.4	0.0	7.2	12.0	63.6	34.3	20.1
1993	58.9	81.6	210.6	120.4	38.6	3.1	1.9	2.1	43.5	95.4	42.8	87.7
1994	88.3	91.8	161.9	118.5	29.5	6.6	0.9	0.3	10.0	13.4	66.0	109.8
1995	66.4	118.6	80.9	39.0	43.1	2.6	9.0	11.2	27.1	43.6	47.2	20.4
1996	59.8	100.5	122.0	54.0	21.0	2.4	0.3	12.4	10.1	74.9	29.2	38.0
1997	68.0	107.0	33.1	53.8	9.4	10.5	0.0	0.0	44.4	63.7	62.2	134.4
1998	88.1		118.9	96.6	13.9	5.0	0.0	10.4	18.8	42.7	17.0	67.3
1999	71.0	173.2	53.6	70.4	43.4	26.7	24.9	2.7	66.3	32.4	46.6	44.9

2000	38.0	102.8	99.0	85.9	34.7	13.9	3.6	14.8	38.3	0.5	27.6	99.5
2001	194.8	65.0	190.3	41.6	43.8	2.5	5.9	0.0	35.6	48.9	43.8	113.5
2002	22.7	50.8	174.6	74.1	9.7	8.9	6.8	0.0	13.1	94.1	72.6	74.5
2003	62.4	58.2	101.8	34.2	18.4	20.8	1.6	3.8	11.7	41.2	62.1	39.9
2004	30.5	66.3	54.5	41.4	28.6	2.6	9.7	7.7	16.8	61.2	81.8	67.8
2005	43.1	50.6	148.8	56.9	1.6	1.6	1.0	0.5	11.3	74.3	8.7	53.0
2006	96.5	65.7	166.8	22.4	6.3	12.7	0.7	8.3			62.5	106.2
2007	61.6	13.6	111.4	96.5	21.4	1.1	5.8	5.7	7.2	69.8	67.7	69.8
2008	77.6	81.4	69.3	49.8	21.8	11.0	1.8	12.1	35.9	34.6	44.2	36.0
2009	139.5	65.6	96.8	23.6	29.5	10.2	19.8	4.1	9.5	40.5	51.0	67.6
2010	33.6	47.1	62.9	37.3	19.0	8.5	1.2	1.5	16.3	32.0	42.8	28.7
2011	59.4	61.4	90.9	65.5	3.6	4.4	7.5	0.0	27.8	32.1	22.2	71.3
2012	83.8	102.5								33.6	52.1	65.9
2013	61.9	95.6	135.8	35.5	51.6	6.7	3.2	10.8	0.6	93.6	11.3	41.5
2014	60.9	70.1	39.0	29.4	30.2	3.6	0.8	2.2	28.6	9.4	58.7	87.5
2015	125.3	45.4	92.3	38.4	50.2	1.5	3.0	0.0	19.7	22.8	80.4	51.1

• Estación Aylambo

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1974	62.1	109.9	79.1	65.8	10.6	17.7	4.4	8.6	20.0	46.5	21.0	22.2
1975	79.4	40.6	94.4	37.9	39.2	19.0	12.5	18.5	20.0	31.3	53.5	63.7
1976	72.6	9.1	91.3	51.0	38.3	17.5	0.0	3.7	10.9	10.3	49.8	63.7
1977	65.8	150.5	124.3	45.2	8.1	12.3	4.8	2.6	18.5	30.2	53.9	81.3
1978	18.4	46.5	46.7	34.8	79.5	2.5	2.5	8.1	4.0	28.1	56.0	50.2
1979	49.4	96.2	161.8	34.5	14.5	2.1	0.0	0.0	23.5	9.4	31.8	17.5
1980	33.2	25.7	67.5	31.2	12.2	7.0	2.3	5.4	1.8	117.2	88.5	111.5
1981	56.2	183.6	77.4	30.0	17.7	7.0	7.6	13.7	7.3	40.1	40.6	81.1
1982	46.5	81.5	56.2	50.1	23.0	7.5	3.7	8.2	44.3	107.3	79.4	86.4
1983	79.5	73.6	165.7	84.3	38.3	11.4	10.4	5.9	23.6	60.6	26.2	82.8
1984	29.1	244.0	131.2	57.8	58.1	20.7	12.1	21.0	37.7	67.0	68.8	73.6
1985	26.1	56.3	46.0	47.0	51.6	0.3	0.7	15.5	10.5	36.8	22.9	41.7
1986	87.1	26.6	97.5	110.5	31.6	1.4	3.0	17.1	1.6	26.9	55.3	41.4
1987	103.9	97.0	43.5	59.4	7.5	6.7	11.3	12.2	34.0	35.6	63.1	67.0
1988	151.1	118.8	38.4	90.9	16.1	2.4	0.0	0.8	24.3	52.7	77.8	49.1
1989	104.4	146.5	137.4	102.9	27.0	22.4	2.7	2.2	40.4	57.8	53.5	63.7
1990	65.8	92.4	94.4	33.2	24.4	24.8	2.1	9.8	12.9	46.5	53.5	45.4
1991	53.3	65.3	146.9	29.9	15.8	1.9	0.0	1.8	24.2	24.0	46.1	66.5
1992	33.7	21.1	26.0	44.2	20.3	9.8	1.0	7.4	13.4	24.8	24.8	14.4
1993	79.1	119.0	228.2	89.6	29.9	1.6	2.1	1.6	46.1	86.7	64.4	98.8
1994	102.3	87.8	94.4	56.5	28.2	0.0	0.4	3.9	15.5	29.1	64.7	104.6
1995	82.8	114.4	109.7	54.2	30.9	3.1	9.4	9.8	6.8	52.9	57.6	91.0
1996	85.1	110.3	116.5	55.7	22.3	2.0	0.2	13.2	8.8	70.9	54.5	51.0
1997	53.6	130.8	28.5	38.0	4.6	15.1	0.4	0.1	41.5	33.3	67.6	124.5
1998	112.9	27.4	208.2	155.2	13.7	11.2	0.0	4.9	22.5	51.0	22.8	34.1
1999	93.3	106.3	94.8	78.9	49.3	36.7	15.1	1.1	91.9	35.0	44.5	47.3
2000	56.4	129.1	92.3	68.7	52.1							92.8
2001	187.9	76.2	202.7	29.1	46.1	2.4	3.5	0.0	38.8	38.3	49.3	100.3
2002	28.9	83.0	130.6	48.9	19.6	8.3	15.0	1.2	7.9	63.1	85.9	80.2
2003									12.2	40.4	49.8	67.2
2004	29.5	84.0	59.2	39.9	38.9	2.4	15.8	12.8	16.0	58.6	103.3	130.3
2005	68.0	21.4	137.2	46.3	6.6	1.6	1.0	1.8	21.0	79.3	19.7	64.8

• Estación la Encañada.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	126.0	92.2	86.6	97.8	17.8	60.3	0.5	5.6	88.7	117.9	97.7	107.7
1974	98.5	111.6	102.2	94.8	20.6	25.2	0.6	23.9	92.2	135.7	84.5	100.2
1975	79.6	117.6	260.4	212.7	77.2	3.6	13.1	12.1	51.3	163.9	71.4	47.3
1976	75.8	160.3	93.8	77.6	42.4	13.1	2.4	5.8	13.7	61.5	95.2	62.5
1977	106.3	158.0	147.6	142.7	27.2	21.9	1.4	3.3	35.2	93.2	98.7	100.1
1978	25.8	61.2	73.8	93.9	100.2	5.8	14.2	4.4	36.3	43.3	70.8	147.2
1979	60.6	154.7	142.4	178.1	38.9	2.5	10.6	14.1	32.8	35.0	37.2	117.5
1980	34.3	36.5	156.7	77.0	42.7	7.3	0.6	6.9	10.3	197.8	122.3	134.5
1981	76.1	145.7	57.2	100.7	45.7	23.8	0.6	15.7	24.5	165.8	88.9	97.3
1982	75.1	18.0	114.0	82.5	56.0	1.0	8.4	2.4	71.5	187.5	88.7	149.5
1983	148.4	39.7	174.2	163.2	78.2	44.3	7.5	11.9	9.8	128.2	41.4	115.7
1984	21.4	223.5	110.3	120.8	49.0	15.1	6.5	11.5	5.3	121.6	124.6	114.2
1985	15.4	65.3	70.9	51.7	49.3	10.6	38.2	11.7	28.4	114.2	44.1	93.8
1986	134.1	74.8	97.6	98.5	40.0	3.6	0.3	8.9	9.6	77.5	123.3	137.6
1987	221.3	140.8	121.2	66.3	33.4	6.4	10.0	10.5	57.0	57.1	124.7	112.6
1988	125.9	112.7	87.2	57.1	16.7	8.4	0.1	2.5	55.1	109.3	97.3	118.6
1989	58.3	147.8	118.9	121.3	37.0	28.9	4.4	7.7	56.0	184.2	70.3	31.6
1990	99.9	110.4	79.6	79.1	34.2	32.0	1.5	6.3	24.0	131.2	141.5	112.6
1991	39.2	112.8	180.8	137.0	42.9	6.3	0.6	2.2	42.5	36.6	105.6	127.0
1992	42.3	54.6	87.2	75.7	32.7	26.5	3.3	8.4	42.0	112.7	37.5	150.0
1993	78.9	186.1	279.8	259.5	53.5	10.5	0.6	8.3	72.8	169.8	105.7	160.0
1994	125.9	166.7	316.9	225.6	52.3	20.9	1.6	5.0	47.4	49.7	149.0	124.6
1995	42.0	135.5	137.8	70.9	41.1	17.5	5.5	4.0	30.5	115.3	98.7	107.5
1996	86.9	172.6	297.7	142.0	29.4	1.3	1.8	6.8	33.0	153.4	71.5	69.6
1997	64.9	145.1	88.6	30.9	20.3	19.1	0.6	3.9	31.2	101.5	100.0	169.3
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	93.6	151.4
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	105.9	91.7
2007	105.2	44.8	260.4	140.5	70.9	0.0	9.4	5.3	26.4	138.0	127.5	98.3
2008	104.1	149.0	175.0	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	90.1	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	47.9	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	153.0	56.0
2013	106.8	117.4	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0.0	157.0	51.9	94.5
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

• Estación Jesús.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	117.9	95.7	97.8	102.4	11.7	25.7	1.1	21	68.8	82	54.8	88.6
1974	75	160.1	94.8	12.5	12.4	10.5	0.2	26.9	35.7	87	43.2	83.9
1975	108.5	174.9	212.7	70.4	34.1	2.9	4	21	40.2	99.8	71.1	7
1976	161.8	87.1	77.6	70.9	26.9	6.1	1.2	5.4	14.4	61.7	69.2	52.7
1977	159.1	157.3	142.7	55	18.6	16	2.4	0.6	18.5	65.4	49.3	86.3
1978	8.3	65	93.9	82.2	52.7	7.6	3	5.9	29.9	52.4	59.4	57.4
1979	94.3	98.3	178.1	48	19.6	6.2	8.8	17	32.1	49.3	29.4	54.1
1980	32.9	63.2	77	49.1	20.2	4.3	0.6	8.7	8.7	164.2	93.9	118.9
1981	87	195.2	100.7	33	25.8	14.8	0.4	11.1	22.7	128.7	53.6	123.1
1982	77.9	120.2	82.5	73.5	27.2	4.4	5.3	9	35.3	137.8	58	96.2
1983	135	93.3	163.2	122.8	33.5	20.9	5	5.6	20.5	108.8	30.5	138.5
1984	20.3	237.6	120.8	75.7	25	7.3	6.4	19.5	33.7	75.5	79.5	118.5
1985	20.1	62.4	51.7	167	24.8	8.6	3.4	19.8	35	84.4	34.3	59.7
1986	99.2	75.2	98.5	124.9	24.4	2.9	2	16.4	10.3	66.2	67.7	68.5
1987	120.6	110.8	66.3	87.4	15.7	3.2	5.3	12.4	36.4	55.9	56.6	64.8
1988	134.9	120.6	57.1	142.3	16.7	7.3	0.1	1	30.1	87.9	51.2	66
1989	106.9	163.1	121.3	124.2	20.5	12.8	2.1	9.3	40.6	128.7	40.8	8.5
1990	121.7	68.2	79.1	73.5	21	16	0.8	11	20.8	97.6	81.7	77.4
1991	47	87.9	137	59.1	24.2	4	1.1	0.9	13.9	58.2	50.6	91.6
1992	60.9	52.9	75.7	59.5	19.9	12.4	2.7	10.1	37.4	76.8	34.2	41.8
1993	74.4	114.7	259.5	142.3	28.6	5.6	1.1	6.2	39.1	133	61.8	93.6
1994	139.7	137.7	225.6	169.2	26.2	5.7	0.3	0	13.2	11.3	54.8	129.1
1995	39.3	114	69.9	57.4	20.4	3.5	5.2	8.8	7.7	74.1	57.1	89.5
1996	76.8	112	142	97.2	18.2	7	0.5	15.8	18.2	78.8	45.5	17.2
1997	75.6	125.1	30.9	71.2	16	8.2	0.6	1.2	31.3	72.4	102.2	153.9
1998	137.4	144.2	165.2	91	18.2	2.8	0	2.2	20	64.7	37.1	72.7

1999	97.3	252.4	93.7	57.6	47.7	25.4	2	7.6	75.6	23.3	65.3	77.4
2000	50.1	145.3	137.9	53.4	50.8	19.2	3.7	21.6	36.9	6.3	41	137.9
2001	231.5	115	236.8	27.5	40.3	5.4	3.7	0.3	29.9	99	81.9	106.8
2002	36.7	59.6	182.5	68.1	17.7	3.8	7.6	0	25	135.2	82.3	97.8
2003	46.1	62.1	104.5	36.1	13.9	21.3	3.1	8.4	7.4	62.7	95	64.3
2004	66.4	66.7	49.8	39.7	56.4	7.9	7.5	7.5	18.4	64.2	79	100.1
2005	92.2	59.8	144.3	30.0	6.0	4.7	0.3	5.4	15.0	81.6	16.2	90.9
2006	93.8	70.5	209.2	71.4	6.4	30.6	1.1	3.9	56.4	19.2	74.9	106.5
2007	83.4	20.3	209.9	112.4	18.3	0.4	7.9	7.6	10.9	116.8	86.8	73.4
2008	92.9	154.9	147.3	73.8	21.0	16.2	1.9	6.8	32.1	105.4	62.8	28.6
2009	206.8	97.6	140.1	99.5	43.2	18.6	14.1	13.9	7.9	80.4	72.9	101.1
2010	70.9	110.4	116.2	45.8	28.4	12.4	10.0	0.2	25.8	41.2	64.0	42.1
2011	80.3	65.0	138.9	113.0	6.0	0.0	6.7	0.8	35.5	34.2	43.3	139.4
2012	154.9	125.4	68.3	60.6	40.7	13.1	0.0	2.7	8.8	130.1	57.2	64.2
2013	85.2	124.2	207.5	47.6	58.5	0.4	0.0	11.6	3.2	91.8	12.0	81.0
2014	78.9	69.8	124.2	64.0	54.5	10.8	5.8	0.0	14.6	33.7	43.6	81.8
2015	167.3	59.7	190.4	38.5	71.9	0.0	2.0	0.5	14.5	19.5	97.9	58.9

• Estación Chotén.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	93.5	79.9	116.9	108.1	19.6	20.3	11.7	36.6	38.1	47	70.4	72.2
1974	100.7	110	114.9	59.2	5.5	18	11.4	16.3	34.9	53.4	46.9	92
1975	80	75.4	182.5	59.9	32.4	7.7	14.2	16.5	21.5	55.5	65.4	55.8
1976	74.1	149.9	134.6	39.1	30.9	20.6	6	8.2	20.5	57.5	73.3	90
1977	62.2	278.8	75.2	62	15.8	14.7	16.1	11.3	22.8	51.3	65.8	67.7
1978	44.4	64.9	87.4	63.3	28.2	11.1	17.5	12.6	19.3	26.4	41.9	68.5
1979	33.6	44.8	189.3	62.7	27.6	8.4	12.9	17.7	19.2	11.2	29	25
1980	45.6	25.6	86.4	66.7	9	12.6	10.9	8.8	7.6	97.9	40.1	26.9
1981	54	78.5	148.4	25.3	13.7	12.5	9.1	22.1	13.2	43.2	47.5	76.5
1982	68.9	109.1	116.4	31.3	38.9	6.9	7.6	3.4	51.9	75.7	63.5	121.9
1983	35.3	68.1	193.2	72.7	29.6	5.5	19	2.9	21.1	69	40.6	135.3
1984	56.2	277	74.6	50.5	39.9	21.8	11.1	3.2	34.6	84.4	85.3	64.1
1985	60.2	74.6	116.2	48.8	25.2	0	0	4.2	43.9	13.9	17.3	93.3
1986	103.5	76.2	105.3	128.3	14.3	0	0	25	0	12.5	66.1	114.7
1987	142.5	158.8	83.3	63.4	7.1	0	4	5.4	6.3	0	11.7	49.9
1988	159.3	166.7	45.6	110.6	1.5	0	0	0	7.1	48.8	86.1	48.1
1989	64.6	164.5	177.7	78	16.6	14.2	6.2	5.5	25.2	38	76.5	96.7
1990	71.8	118.7	84.8	47.7	24.8	18.5	4.7	7.1	27.6	91.6	108.9	97.7
1991	36.6	119.8	149	57.3	23.7	5.2	5.6	6.5	21.7	46.7	75.8	110.9
1992	42.9	53.8	150.6	48.7	20.1	17.7	11.4	12.6	20.4	62.5	32.9	66.2
1993	95	172.3	155.7	82.1	24.7	6.1	6.6	13.5	38.2	69.1	69	102
1994	100.6	179.8	115	118.7	18.8	7.2	3.7	14.4	18.6	31.2	88.8	124.4
1995	40.1	154.9	143.9	39.4	15.6	5.8	12.3	19.9	28	38.9	64.8	62.7
1996	87	195	164.1	38.1	9.5	2	9.7	12.6	21.5	61.2	43.7	76.4
1997	43	161.4	96.9	44.8	14.1	11.9	6.9	7.1	31.7	65.3	74	126.9
1998	120.2	213.5	155.2	96.1	12	5.1	9.7	9.7	23.5	70.9	54	99.8
1999	95.9	300.3	155.3	60	30	16.9	16.5	7.8	41.6	41.6	88.5	47.6
2000	40.9	188.8	185.1	82.9	24.3	11.6	9.6	10.1	38.3	47.2	61.9	114.5
2001	138.5	135.4	124.7	48.6	27.6	8.6	10.3	6.4	20.8	43.9	47.7	81
2002	43.4	106	168.5	61.6	16.7	13.4	11.5	6.9	35.4	51.8	87.4	88.4
2003	65.8	117.1	150.9	33.8	20.4	14.9	2.6	12.1	16.9	38.7	81.3	116.4
2004	77.4	90.3	171.6	43	20.4	8.6	8.2	13.8	26.1	43.4	73.8	117
2005	113.3	74.2	126.3	82.1	19	6.3	7	7.2	15.7	65.2	34.3	129.5

2006	84	103.6	138.9	73	17.8	15.8	4.2	6.2	31.5	40.4	71.8	103.9
2007	129.8	53.2	142.4	101.5	26.6	3.9	9.4	6.6	27.5	50.8	89.8	67.8

• **Estación Matara.**

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	130.2	135.6	100.5	175.3	40.1	36.8	10.2	15.3	72.4	77.6	83.1	109.1
1974	98.8	145.7	124.6	58.3	37.8	44.7	17.1	28.3	51.5	41.1	35.5	33
1975	17.8	206.2	240	100.2	62.8	22.1	3.8	13.9	89.4	60.1	34.5	0
1976	76.2	52	61.4	138	11.8	15.4	0.5	7.3	0	31.9	36.6	114.8
1977	277.3	157	104.2	77.1	25.8	5.7	0.6	0	27.2	77.4	48.5	81.3
1978	27.4	52.7	32.5	38	42.5	15.9	0	0	7.2	43.6	76.7	35.8
1979	95.4	101.5	213.9	23.8	6.8	0	26.8	11	58	0	0	17.4
1980	57.9	44.5	94	78.9	9.5	6.9	1.3	4.3	0	171.6	122.5	119.3
1981	118	231.5	98	62.6	73.6	33.5	5.6	13.8	6.2	129.6	119.9	96.9
1982	103.9	127	66.5	60	28.6	0	0	0	59.3	117.7	88.7	110
1983	115.3	33.8	230.2	133.2	91	4.8	0	7	12.3	93.4	69.9	34.7
1984	125.6	142	204.8	106.3	106.6	5.6	9	2.7	17.2	30.9	34.9	38.9
1985	22.2	32.1	36.8	64.3	24.3	10.6	1.4	12.7	28.9	30.6	16.7	75.7
1986	80.2	98.4	106.3	101.6	24	2.6	0	0	0	19.2	48.9	72.1
1987	171.5	107.1	55.3	83.2	11.7	6.8	8.3	7.1	58.6	41.7	43.4	126.7
1988	104.8	120.5	61.5	126.8	10.6	3.6	16.7	2.9	29.5	47	80.1	99.6
1989	76.3	128.4	136.6	100.9	25.4	24.8	12.7	13.4	33.8	85.5	17.1	25.7
1990	99.3	104.5	76.3	58.9	31.1	13	4.7	2.7	20.6	130.9	121.8	77.2
1991	70.4	94	139.9	84.1	29.8	8.6	6.6	2.9	35.9	44.2	52.6	52.3
1992	62.2	63.9	88.9	65.3	31.8	13.4	1.6	7.9	27.9	108.7	54	4.3
1993	127.4	180.4	265	131	21.5	7.6	6.3	8	68.9	72.6	67.8	91.2
1994	153	155.8	183.2	168.9	55.1	12.4	6.8	1.5	24.5	37.3	69.1	79.9

1995	78	124.4	95.3	60.2	26.2	8.5	11.1	3.8	12	59.3	73.8	100.1
1996	108.6	178.4	130.6	75.3	25.8	8.4	0.6	7	27	127.3	39.9	60.4
1997	89.9	158.8	41.3	57.4	24.1	24.7	2.1	3.5	23.1	117.4	97.6	137.2
1998	126.3	140.3	277.9	121.7	25.7	7.8	1.9	2.1	15.7	131.6	59.8	58
1999	113.1	223.2	88.5	93.7	59.4	25.9	10	7.3	69.2	44.3	46.8	70.9
2000	69.2	106.2	149.1	87.7	37.3	22.7	8.3	14.7	76.6	34.1	52.1	97.4
2001	184.9	96.8	248.5	69.5	34.1	11.7	6.2	2.5	26.7	72.5	94.8	90.2
2002	81.2	102.3	144.3	84.1	32.3	14.4	1.5	9.8	37.1	86.3	85.3	61.5
2003	53.4	98.8	118.7	58.5	31.7	16.4	6.3	11	20.3	45.7	85	67.1
2004	80.2	94.9	156.4	71.4	22.1	4	5.4	4.6	19.9	77.3	55.9	94.5
2005	133.2	81.5	164.9	107.6	30.4	12.1	6.3	4.2	11.5	79	16.5	98.4
2006	125.2	88.9	187.3	111	12.5	37.3	9.1	4	39.4	37.5	64.1	88.2
2007	173.1	62.8	152.7	139.2	46.7	10.9	8.3	7.6	20.2	83.2	69.3	110.9

• Estación Huacatáz.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	128.7	97.4	156.8	104.8	26	22.4	9.8	26.9	63.5	73.9	128.7	96.7
1974	91.2	172.6	160.5	83.2	12.2	17.3	10.9	42.3	91.3	87.6	46.3	111.8
1975	133.4	179.4	194.8	100.2	63.8	7.7	9.5	28.9	53.6	70.5	108.9	34.2
1976	172.6	93.6	141.9	57.4	57.3	16.9	1.4	4.9	20.8	75.3	49	72.4
1977	226.2	184.9	179.3	55.3	96.4	12	11.4	2.2	22.2	68.8	70.5	81.5
1978	28.1	68.8	93.5	81.7	75.1	8.4	15.2	3.1	27.2	59.9	89.4	62.3
1979	88	102.8	209.2	60.9	25.6	0.1	17.1	31.9	48.8	14.2	33.2	54.6
1980	53	48.8	97.1	48.2	10.2	9	1.3	8.5	15.3	147.6	201.4	81.5
1981	72.3	222.6	86.8	46.3	25.6	27.3	15.4	9.6	10	95.3	101.4	113.7
1982	77	101.9	113.2	69.1	32	11.4	1.4	0.2	74.6	162.8	91.1	170.5
1983	131.3	51	196	159.3	33.4	9.2	5.9	3.2	28.6	84.3	76.8	143.1
1984	72.2	332.8	168.6	115.2	85.4	21.1	15.8	29.8	39.9	124.6	92.8	90.8
1985	80.9	48.9	59.4	60.3	43.9	0.7	3	23.5	60.9	76.4	58	113.1
1986	108.9	89.6	87.6	91.2	28.1	0.2	2.5	30.8	9.9	124.6	92.8	90.8
1987	144.4	95.5	74.5	97.3	32.3	4.7	14.1	26.7	62.3	77	86.8	72.1
1988	131.1	124.6	107	110.2	26.7	6.8	4.7	2.4	45	80	82.8	119.2
1989	120.5	181.6	138.1	109.2	23	12.6	5.9	8.8	46.7	82.8	76.5	81.1
1990	134.3	91.3	126	52.1	39.4	21.1	6.6	11.2	28.6	137.6	140.3	112.4
1991	67.4	100.2	132.8	72.5	22.7	8.3	5.3	1.4	58.2	79.7	143.2	124.5
1992	66	45.4	119.6	49.1	31.5	15.6	9.6	21.4	35.1	104.5	70.6	79.2
1993	84.9	117.9	240.3	114.5	34.6	4.3	9.8	3.3	69.2	93.5	150.5	135.9
1994	139.5	114.2	160.1	163.3	36.7	9.8	2.4	1.4	34.1	63.7	133	170.6
1995	66.7	123.4	147.1	86.5	36.2	10.2	13.1	14	37.7	82.4	91.4	131.8
1996	89.7	125.9	147.4	92.9	26.3	9	5.8	22.6	37.6	81.9	70.2	87
1997	87.8	167.5	50.2	72.4	29	16.9	5.8	1.6	43.8	111.1	192.4	157.6
1998	120.5	135.1	263	108.7	22.6	8.5	5.3	8.6	28.1	121.3	122.1	80.7
1999	138.5	265.5	129.2	97.8	62.5	17	20.1	0.6	82.5	64.8	109	99.9

2000	67.5	182.2	122.1	105.9	55.2	14.3	3.3	17.7	75.3	61	80.2	153.4
2001	225.6	105.2	226.9	89.2	58.5	5.8	10.3	4.1	30.3	94.4	103.6	110.6
2002	36.8	83.6	133.1	103.7	37.6	6.5	10.5	9.2	68.7	110	164.3	120.1
2003	61.9	91.9	91.7	56.5	31.9	19.1	2.9	18.3	26.2	82.1	119.4	132.3
2004	97.8	129.5	133.7	76	41	11.4	9.2	7.9	32.8	93	104.6	131.8
2005	132.1	107.3	146.9	86.5	45.8	11.1	7.6	18.3	25.2	131.6	50.4	158.8
2006	99.8	105.9	173	89.9	19	20.2	8.2	9.9	61.4	87.6	101.5	139
2007	125.7	79.4	139	111.5	32.1	5.5	10.1	18.3	39.9	108.1	155.5	93.2

• Estación Carachugo.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	184.1	183	231.6	174.5	43.4	69.9	12.9	22.1	128	93.4	218	176.2
1974	114.9	228.2	173.7	89.3	21.1	55.9	11.7	29.2	31.4	134.5	90.9	206.2
1975	102.4	237.9	166.9	106.4	84.6	26.6	13.2	19.8	28.7	74.3	91	72.3
1976	190.9	125.2	163.3	57.6	61.8	29.6	4.9	7.7	20.7	91.1	48.6	109.8
1977	177.9	219.3	172.6	81.9	58.7	12.8	11.6	5.3	67.8	130.9	207.8	193.3
1978	67.2	99.3	76.7	77.2	91.8	6.2	6.8	6.1	68.7	83.8	128	145
1979	106.1	152.4	310.1	63.8	30.5	7.9	12.4	20.8	128.3	15.2	94.7	156.2
1980	81.6	105.1	194.7	56.6	41.1	15.7	9.4	11.5	18.5	278.7	248.3	130.1
1981	98.3	263.6	206.7	83.8	48.6	9.1	14.2	16.1	10.6	212.6	33.7	162.8
1982	95.8	169.6	170.4	142.9	63.1	12.4	7	9.7	131.7	164	282.8	205.8
1983	173.7	124.4	248.6	180.3	43.5	32.2	16.1	11	98.3	174.6	75.8	100.7
1984	64.3	302.3	226.3	145.9	91.8	48	33.4	23	79.1	225.7	189.6	178
1985	60.5	120	112.1	72.2	85.4	21.6	10.2	20.3	92.9	44.7	142.5	222.7
1986	119.9	108.2	93.1	199.4	40.5	18.9	3.8	19.3	14.1	89.3	188.8	205.7
1987	213.1	194.1	160	93.2	33.8	16.9	18.5	17.2	37	72.6	257.6	130.4
1988	231.3	156.6	118.4	141.9	35.3	16.1	3.5	5	19.6	82.9	178.2	188.1
1989	167.8	215.8	120	143.8	35.8	9.2	9	12.6	54.7	168.3	25.9	49.9
1990	65.2	114.6	124.8	75.3	62.7	44.7	2.6	8.8	145.7	234.3	328.7	128.3
1991	95.5	156.2	293.3	112.6	44.2	6.2	4.2	4.6	76.6	111.2	207.5	274.7
1992	161.4	91.2	143.9	89	34.8	57.4	11.1	11.5	124.7	183.7	117.7	259
1993	148.2	180.9	258.4	173.7	37	49	1.3	3.4	60.3	133	155	274.4
1994	240.7	252.3	230.7	226.4	62.9	15	22.1	4.6	50	108	126	169.4
1995	60.5	193	199.1	165.4	89.2	2.8	45.5	6.1	32	72.6	193.5	261.1
1996	158.5	198.6	214.6	96.3	49	58.2	1.8	26.2	38.4	176.9	35.6	49
1997	116.3	136.9	62.5	83	43.4	18.8	6.9	0.8	64	148.2	179.7	134.3
1998	101	216.6	201.4	158.8	97.4	11	1	1.2	23	186.8	138.8	44.2
1999	177	352.4	169.6	79.6	94.6	134.6	23.9	11.7	200.9	110.7	188.5	281.4

2000	87.3	257.6	206.2	92.2	83	27.6	4.2	26.4	189.6	14.8	39.4	172
2001	326.8	179	309.6	104.4	61.8	8.1	18.4	2.8	73.8	121.2	245.8	213.9
2002	63.2	150	306.4	214.2	38.4	13.8	16.4	0.8	43.2	195.2	150	246.2
2003	135.2	102.4	209.6	87.8	135.2	0.2	0	0	59.6	109.2	240.4	186.3
2004	99.3	94.2	232.9	119.6	60.9	5.8	0.3	8.6	93.2	156.1	333.2	336.3
2005	186.7	201.7	394.7	199.1	66.8	19.3	13.7	10.9	48	279.4	77.5	233.4
2006	105.2	258.3	327.1	157.2	13	58.4	11.7	3.5	34.3	130.8	190.3	339.9
2007	147.1	78	244.3	195.6	71.1	3.3	23.6	32.8	27.4	274.3	252.7	147.3

• Granja Porcón.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963									13.0	87.4	106.8	167.4
1964			181.5	201.8	41.9	45.8	29.1	45.9	21.4	115.7	77.2	16.0
1965	56.4	121.5	337.7	123.3	44.7	8.2	7.3	3.8	58.7	109.1	59.8	79.2
1966							4.0	8.2	33.0	189.0	83.0	26.0
1967	265.2	290.0	223.0	85.0	62.0	7.0	30.5	33.0	28.0	188.5	23.0	105.5
1968	102.0	154.5	168.5	82.5	22.0	3.0	11.5	35.5	115.0	156.5	123.0	373.8
1969	79.5	175.5	182.7	174.2	18.5	64.0	5.5	15.0	42.0	105.0	172.0	182.5
1970	107.0	123.5	140.5	127.0	91.0	28.5	22.5	25.0	74.0	122.5	207.0	117.5
1971	140.0	130.5	476.7	153.5	117.5	65.0	72.0	37.5	76.0	220.5	153.0	168.0
1972	104.0	150.0	275.0	130.5	55.2	14.5	0.0	47.0	0.0	29.5	174.2	119.7
1973	186.3	103.0	203.0	229.1	62.0	70.6	34.2	124.4	138.9	22.0	173.9	121.3
1974	146.8	112.7	159.7	204.4	51.0	60.0	18.0	59.0	45.0	81.6	62.5	104.0
1975	108.1	23.3	180.7	224.7	59.9	32.5	3.0	53.5	16.0	117.0	91.0	20.0
1976	189.0	135.0	185.0	61.0	58.0	30.0	0.0	12.0	27.0	62.0	26.0	79.0
1977	197.0	236.0	175.0	100.5	34.0	13.5	6.5	0.2	62.5	96.5	149.5	85.0
1978	40.0	105.5	51.5	99.0	88.2	0.0	25.8	0.0	66.9	70.4	191.0	196.0
1979	100.2	140.8	370.5	61.7	54.0	10.8	44.0	36.4	117.3	48.2	27.3	108.1
1980	89.6	36.3	166.9	69.6	73.6	11.8	0.0	5.7	2.2	247.2	218.7	161.0
1981	94.1	275.3	190.0	153.1	65.6	0.0	0.0	0.0	6.5	161.6	60.3	83.8
1982	56.8	19.2	72.2	32.6	34.2							
1983												
1984												
1985							0.0	0.0	0.9	0.6	0.8	0.0
1986	155.0	41.0	6.0	74.2	106.6	0.0	0.0	50.0	10.9	36.0	51.8	133.2
1987	315.7	118.5	126.5	85.3	68.6	0.0	19.5	0.0	60.5	122.7	161.6	82.0
1988	305.5	176.9	63.6	167.3	18.6	15.6	6.4	5.3	30.6	133.7	112.8	127.6
1989	188.7	216.8	77.8	89.9	18.5	0.0	0.0	0.0	46.5	77.0	51.5	0.0
1990	29.7	84.7	88.6	127.2	33.1	35.6	0.9	0.6	139.7	262.0	250.2	103.6

1991	94.7	155.5	440.1	248.6	287.0	6.3	0.0	0.0	78.7	157.6	221.5	250.1
1992	170.1	74.1	137.1	119.1	107.7	62.4	0.0	24.0	135.5	119.2	75.7	174.2
1993	147.6	190.6	374.3	437.8	102.7	19.8	0.0	18.4	82.6	137.5	206.3	452.6
1994	475.4	373.5	531.9	267.5	329.1	18.6	0.0	22.2	104.8	252.8		142.5
1995	139.7	228.8	217.7	127.8	112.7	12.6	51.8	48.9	54.9	93.1	125.9	244.4
1996	198.8	407.5	312.7	141.3	59.7	49.7	0.0	20.3	48.5	232.9	80.6	58.6
1997	186.9	190.3	123.2	260.0	81.0	18.5	39.0	9.9	80.5	171.2	301.6	305.1
1998	168.5	380.5	298.7	243.2	85.4	0.0	0.0	14.8	60.6	234.7	163.3	99.0
1999	210.3	494.2	253.7	126.0	166.7	53.9	20.3	6.4	224.3	65.3	138.6	166.4
2000	74.8	237.0	221.1	168.6	160.7	40.7	1.6	16.2	23.2	19.3	62.8	236.5
2001	341.1	227.7	419.2	92.6	88.7	17.6	15.2	0.0	145.2	169.5	156.1	171.8
2002	76.2	188.8	390.1	159.0	38.1	27.8	15.2	2.6	53.2	202.1	226.4	243.0
2003	103.8	134.9	124.3	81.2	76.0	54.4	28.9	15.6	47.2	101.8	112.6	100.0
2004	70.3	230.4	168.2	82.4	75.4	11.7	41.0	19.1	84.8	147.0	168.0	240.9
2005	157.8	231.2	343.3	93.1	91.6	53.7	0.0	7.1	54.4	152.8	28.6	164.8
2006	145.5	188.1	345.7	184.7	62.8	62.0	5.1	15.7	116.6	39.8	179.9	183.6
2007	246.6	64.5	352.3	226.3	57.7	0.1	42.6	20.1	32.8	171.8	211.1	170.4
2008	190.6	291.2	252.4	150.3	76.0	73.3	16.0	11.0	110.1	182.6	133.2	66.8
2009	344.8	197.5	307.3	149.6	127.4	31.3	18.1	8.0	27.0	184.0	187.9	234.8
2010	108.0	169.7	275.7	163.5	83.1	39.4	44.3	33.6	31.2	82.7	96.5	182.6
2011	257.0	148.9	284.6	269.4	21.2	8.5	13.7	4.8	55.4	84.5	93.0	265.4
2012	325.9	320.0	155.7	210.7	109.6	33.2	0.0	45.8	33.7	137.7	202.5	67.6
2013	141.0	279.9	352.4	196.2	193.4	32.8	17.7	33.8	30.4	174.5	33.2	238.5
2014	137.4	189.9	227.4	103.4	79.3	5.1	9.6	10.5	65.8	97.4	91.4	209.3
2015	370.6	159.6	286.4	108.9	158.4	1.7	9.7	0.4	24.6	88.4	126.3	107.8

ANEXO 5. DATOS DE CAUDAL MEDIO MENSUAL (m3/s).

• **Estación de Namora Bocatoma**

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968										2.73	2.29	2.00
1969	1.27	3.71	2.60	7.53	1.68	1.29	0.70	0.50	0.64	2.56	5.09	7.92
1970	6.25	4.94	5.95	4.56	3.91	1.71	1.22	0.61	0.58	2.00	7.80	8.11
1971	7.55	7.08	18.29	17.02	6.51	4.01	2.05	1.54	1.42	4.38	4.71	6.71
1972	6.32	3.83	14.07	12.83	7.08	2.87	1.57	1.15	1.48	2.19	2.18	5.75
1973	6.78	5.39	6.09	18.53	5.66	3.26	2.39	1.95	4.13	6.88	8.61	7.66
1974	8.80	17.74	16.17	8.78	3.45	2.60	2.04	1.55	1.53	3.25	2.32	3.13
1975	3.81	10.75	21.15	14.65	8.21	3.96	2.40	1.59	1.79	2.98	2.99	1.17
1976	4.36	5.99	7.82	8.24	3.47	1.82	1.16	0.89	0.83	0.97	1.10	1.70
1977	6.14	12.53	8.92	8.49	3.46	1.76	1.18	1.10	1.15	1.75	4.56	3.33
1978	2.09	2.64	1.94	2.99	2.65	1.08	0.82	0.72	0.56	0.69	1.24	2.25
1979	1.75	4.21	14.25	5.80	2.63	-	-	-	-	-	-	-
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	6.69	9.26	13.19	10.61	4.03	2.30	1.44	1.20	1.18	2.66	2.07	-
1997	2.17	6.00	3.31	2.25	1.62	0.78	0.62	0.60	0.56	0.63	1.59	7.65
1998	5.57	6.63	8.88	6.20	5.47	2.59	1.66	1.55	1.19	2.56	4.54	1.57
1999	5.72	13.81	10.54	6.26	4.87	3.07	2.11	1.21	2.47	2.54	2.99	7.60
2000	2.43	8.64	12.61	7.82	5.91	2.86	1.87	1.62	2.71	1.59	1.21	4.91
2001	9.30	6.26	10.07	6.32	4.04	2.72	1.06	0.84	1.35	1.69	6.93	10.27
2002	4.34	5.10	8.09	7.95	3.01	2.14	1.30	1.07	1.12	2.70	5.36	8.73
2003	4.43	3.80	5.26	5.33	3.44	2.91	1.47	0.78	0.87	1.19	3.54	4.35
2004	2.43	3.37	2.71	4.36	2.42	1.26	1.23	0.99	1.05	2.30	8.25	9.43
2005	5.56	5.52	14.17	8.85	4.50	2.09	1.55	1.37	0.93	4.26	3.39	6.51
2006	6.17	6.20	12.81	10.72	3.10	2.58	1.52	1.34	1.93	1.82	3.70	6.84
2007	5.42	4.24	8.65	8.95	4.84	2.26	1.44	1.27	1.24	4.33	9.15	5.81
2008	8.70	8.77	9.63	8.30	5.11	2.87	2.03	1.81	1.91	3.31	6.25	4.09
2009	8.74	10.09	11.31	11.77	5.44	3.49	2.72	1.74	1.42	2.87	3.95	4.81
2010	2.59	3.23	4.40	6.50	5.31	2.34	1.78	1.25	1.34	1.72	3.10	4.81
2011	5.82	9.59	9.72	13.30	4.74	2.26	2.04	1.51	1.65	2.01	2.89	9.17
2012	14.86	12.76	6.23	6.41	5.08	2.72	1.78	1.45	1.20	3.54	8.78	4.20
2013	6.17	-	11.26	5.57	2.74	1.86	1.04	0.94	0.84	1.77	1.37	2.83
2014	2.28	3.71	11.15	3.77	5.42	2.18	1.52	1.22	1.40	1.64	2.51	5.44
2015	7.47	6.76	15.47	11.00	4.98	2.87	1.86	1.55	1.44	1.55	2.48	2.60
2016	2.66	5.19	5.09	3.89	1.60	1.20	0.67	0.54	0.52	-	-	-

• Estación de Jesús Túnel

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	6.16	4.66	9.94	25.10	6.77	2.68	1.82	1.49	4.96	8.22	11.60	9.31
1974	11.98	27.95	21.93	10.57	2.85	2.00	1.14	0.81	0.82	4.90	2.18	4.33
1975	5.40	16.91	32.83	22.61	11.70	4.49	1.93	1.03	1.94	5.28	4.34	0.60
1976	5.78	8.14	14.24	9.44	3.26	0.99	0.58	0.38	0.19	0.25	0.67	0.82
1977	4.88	19.81	11.46	10.29	3.37	1.08	0.46	0.22	0.13	1.40	2.72	3.34
1978	1.14	0.93	1.57	2.05	3.76	0.30	0.28	0.11	0.07	0.13	1.34	1.89
1979	2.53	5.73	23.89	6.95	1.43							
1980									0.13	3.21	12.02	19.99
1981	2.85	28.19	16.40	2.95	1.57	0.81	0.42	0.14	0.16	1.94	4.49	10.59
1982	4.93	15.52	8.05	10.54	2.55	0.87	0.23	0.13	0.34	4.01	4.51	16.10
1983	12.07	5.85	16.95	13.99	6.86	1.43	0.40	0.26	0.61	1.95	0.86	9.50
1984	2.16	35.67	25.39	14.95	12.87	3.59	1.91	0.77	0.89	4.48	3.12	5.61
1985	3.98	3.98	2.44	4.38	1.70	0.42	0.12	0.13	0.19	0.64	0.20	3.53
1986	4.65	4.85	5.78	10.44	3.42	0.68	0.11	0.07	0.05	0.30	2.04	3.90
1987	10.79	10.02	3.91	2.42	4.71	0.25	0.08	0.15	0.10	0.31	3.46	4.36
1988	10.15	15.83	8.90	10.29	4.05	0.73	0.22	0.08	0.21	0.67	4.17	2.56
1989	10.22	22.99	22.23	27.30	4.85	0.65	0.25	0.11	0.54	7.54	3.05	0.48
1990	4.08	6.65	2.40	3.63	2.13	1.12	0.19	0.09	0.06	3.49	8.56	7.24
1991	3.75	6.34	16.33	8.00	3.14	0.51	0.23	0.19	0.11	0.18	0.26	0.65
1992	2.61	0.13	1.14	3.63	0.63	0.24	0.17	0.08	0.11	2.68	0.99	0.18
1993	1.04	11.23	29.24	15.60	4.17	0.93	0.34	0.10	0.22	3.69	12.22	12.58
1994									0.23	0.28	2.15	4.73
1995	3.00	11.69	11.19	12.32	4.61	1.19	0.22	0.19	0.79	0.84	6.47	5.36
1996	10.67	19.85	38.32	26.43	9.18	3.97	1.84	1.47	1.21	3.68	3.23	1.88
1997	3.22	9.27	4.52	2.93	1.95	0.90	0.42	0.61	0.19	0.88	5.23	11.83
1998	8.46	22.50	41.40	20.94	7.33	2.95	1.48	1.38	1.39	2.85	4.70	2.37

1999	7.40	51.58	21.94	9.31	3.57	5.66	1.30	0.46	2.46	3.47	2.64	7.02
2000	3.37	10.40	14.89	8.81	6.25	2.75	1.52	1.19	2.88	1.16	0.49	4.64
2001	29.52	15.14	34.81	18.33	6.08	1.92	0.80	0.65				
2002												
2003												
2004												
2005									0.34	6.11	5.17	9.46
2006	9.48	12.47	62.58	37.25	5.35	2.77	0.69	0.43	1.00	0.77	5.97	19.33
2007	15.15	9.11	42.60	39.07	10.40	3.40	1.54	1.14	1.24	6.82	15.79	10.06
2008	18.97	20.28	20.10	17.55	8.36	4.76	2.94	2.81	4.25	8.32	13.01	8.20
2009	22.78	26.54	27.84	27.72	13.33	5.34	3.84	2.56	1.34	8.26	11.03	15.83
2010	10.00	13.26	14.73	18.61	13.20	4.05	1.19	0.77	1.60	6.61	12.28	11.07
2011	13.80	21.39	20.20	46.48	12.43	5.94	2.34	0.23	1.34	2.13	3.11	15.61
2012	44.76	38.39	19.86	17.34	12.74	3.91	1.09	0.83	0.80	7.98	21.77	10.00
2013	11.29	14.02	46.47	17.99	7.85	5.49	1.83	1.43	0.84	7.02	3.26	11.36
2014	12.01	13.26	31.66	14.83	25.43	3.48	1.94	1.42	2.19	3.58	6.55	13.21
2015	28.41	19.56	38.74	26.00	11.78	3.63	0.27	0.22	0.18	0.41	4.34	2.69

ANEXO 6. DATOS DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).

ESTAC.	AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
JESÚS	2013								15.82	16.55	17.35	16.20	16.62
	2014	16.90	17.37	16.59	17.11	17.18	16.36	15.65	15.50	16.50	17.16	16.69	16.93
	2015	17.08	16.82	17.42	19.18	17.21	16.81	16.13	16.37	17.27	17.99	17.21	18.14
	2016	18.46	18.47	18.74	18.23	17.71	16.19	15.83	16.33	17.31	17.23	16.22	17.03
	2017	16.67	16.72	16.98	17.04	16.97	16.43	15.57	16.17	17.01	17.31	16.69	
	2018	16.24	16.56	16.41	16.38	16.25	14.97	14.90	15.62				
NAMORA	2013								13.23	13.85	15.19	22.13	15.13
	2014	15.30	15.88	15.03	14.31	14.33	13.12	12.83	12.63	13.80	14.64	14.99	15.33
	2015	14.86	15.02	15.19	14.78	14.31	13.23	13.30	13.59	14.36	15.45	15.40	16.15
	2016	16.65	13.40	15.88	15.66	14.97	12.98	12.72	13.59	14.42	15.32	15.04	15.59
	2017	15.24	15.35	15.26	15.13	14.50	13.56	12.66	13.77	14.72	15.36	15.20	15.67
	2018	14.96	15.23	14.94	14.53	13.81	12.72	12.60					
ENCA.	2013									12.11	13.00	12.29	12.95
	2014	13.17	13.68	13.31	12.39	12.64	11.60	11.62	11.26	12.23	12.72	12.82	13.40
	2015	13.10	12.85	13.58	13.16	12.79	11.85	11.56	11.96	13.59	13.29	12.92	14.12
	2016	14.20	14.66	13.92	13.44	12.78	11.42	11.33	12.71	12.94	13.33	12.85	13.57
	2017	13.57	13.59	13.55	13.64	12.77	11.90	11.48	12.36	13.30	13.77	13.49	13.95
	2018	13.29	13.45	11.30	13.00	12.14	11.47	11.63					
LA VIC.	2012										15.66	16.77	16.40
	2013	16.43	16.25	16.94	16.28	14.23	12.49	11.50	11.96	12.45	12.94	14.89	12.99
	2014	14.05	14.27	13.88	12.95	13.66	12.40	12.16	11.35	13.37	13.80	13.42	14.07
	2015	14.54	14.36	15.08	14.19	13.69	11.82	11.59	11.94	12.86	14.78	14.44	16.09
	2016	16.60	17.25	15.42	15.24	13.95	12.70	11.64	12.85	14.17	15.06	14.33	16.09
	2017	15.79	18.61	14.27	15.52	14.95	12.90	11.63	12.58				

AYLAM.	2010	16.20	16.35	16.65	16.74	15.97	15.38	15.23	15.74	15.48	15.44	15.83	14.63
	2011	13.32	13.35	14.31	14.66	15.28	15.24	15.38	16.12	15.95	15.91	15.93	14.22
	2012	14.18	13.93	13.75	13.55	13.39	13.31	12.62	14.33	15.05	16.31	16.56	16.50
	2013	15.05	13.72	12.47	15.10	14.64	13.73						
	2014												
	2015												
	2016				14.94	15.21	12.98	11.41	15.92	16.42	15.98	16.17	15.02
	2017	15.18	16.31	15.15	16.43	16.72	15.75	13.69	14.68	17.97			
	2013									14.58	15.78	14.81	15.61
AG. WEB.	2014	15.83	18.48	15.71	18.33	15.40	14.05	14.08	13.68	14.72	15.54	15.59	16.09
	2015	15.73	15.67	16.11	15.53	15.29	14.49	14.05	14.42	15.37	16.14	15.92	16.67
	2016	17.07	17.06	16.58	16.01	15.47	14.07	13.65	14.51	15.22	15.69	15.01	15.79
	2017	15.67	15.69	15.71	15.54	15.10	14.20	13.58	14.27	15.20	15.62	15.78	15.79
	2018	15.23	15.57	12.20	15.03	14.70	13.54	13.92	14.46				
	2003								17.50	16.04	16.04	16.84	18.31
WEBER.	2004	0.00	17.49	17.76	17.27	18.21			17.73	17.59	17.87	17.81	17.69
	2005	17.69	15.18	17.53	18.07	17.53		17.41	17.96	0.00	17.37	17.81	17.03
	2006												
	2007												
	2008	14.59	17.56	16.88	17.34	16.48							
	2005												21.02
PORCÓN	2006	22.44	23.99	22.57		17.29	17.72	18.63	17.56	17.43		19.10	20.88
	2007												
	2008												
	2009	22.67	23.49	23.29	21.63	18.50	18.32	18.43	17.34	17.21	17.60	19.35	21.01
	2010	23.14	23.49	23.29	21.63	18.50	18.32	15.76	17.34	15.87	17.60	19.35	21.01
	2011	0.00	0.00	20.07	20.29	19.76	19.49	17.69	16.38	15.87			20.76
GRAN. P	2013									9.79	10.83	9.55	10.49
	2014	10.53	11.08	10.98	10.44	10.74	10.03	9.85	9.32	10.11	10.84	10.33	11.13
	2015	11.28	11.17	11.76	11.77	11.95	11.72	11.33	11.31	12.13	12.54	12.73	13.61

	2016	13.33	13.96	13.78	12.79	12.42	11.14	10.48	11.43	11.66	11.18	10.25	11.73
	2017	11.97	11.56	11.87	12.07	11.04	10.11	9.47	9.93	10.69	11.10	10.58	11.07
	2018	10.77	10.99	11.47	11.10	10.80	9.65	10.07	10.20				
	2013								18.88	19.37	17.53	17.33	16.81
	2014	16.78	16.98	16.34	17.76	17.15	18.38	20.18	19.02	18.68	18.73	17.69	17.43
	2015	17.02	16.86	16.75	17.24	18.10	19.25	18.81	19.95	20.35	19.18	18.17	19.73
SAN J.	2016	18.79	14.40	17.92	18.02	18.42	18.84	19.14	20.06	19.65	18.37	18.55	17.45
	2017	16.47	16.91	16.56	17.16	17.19	17.29	18.83	18.74	18.74	18.09	17.56	17.02
	2018	16.58	16.25	16.62	16.61	16.82	17.72	18.51					

ANEXO 7. PRECIPITACIÓN EFECTIVA GENERADA (mm/mes)

Precipitación efectiva generada para la cuenca Namora.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	52.8	37.3	24.1	60.4	0.0	5.8	3.5	2.5	21.4	28.1	29.1	36.4
1974	41.3	58.2	41.8	15.1	0.0	0.6	2.7	0.3	28.4	33.3	10.1	14.6
1975	10.7	53.9	137.5	63.6	15.0	0.9	0.2	0.4	9.4	37.3	9.1	0.5
1976	20.6	51.7	18.4	30.1	1.0	0.8	4.7	3.5	2.2	6.0	10.9	26.1
1977	66.6	69.0	48.0	30.9	0.3	0.0	2.5	2.3	1.2	19.6	19.6	27.4
1978	2.7	35.2	23.7	45.0	64.4	1.3	0.9	5.6	0.9	16.9	48.2	79.8
1979	17.4	62.0	80.7	33.8	0.1	4.8	0.2	0.0	3.2	0.1	0.0	15.9
1980	3.6	1.6	54.6	14.7	0.5	2.6	5.1	3.0	2.8	109.8	53.2	39.4
1981	30.9	93.1	13.0	16.6	7.7	0.2	4.4	1.0	0.3	67.1	24.8	31.2
1982	24.0	8.5	27.4	15.4	4.1	5.3	2.8	4.9	13.6	75.0	33.9	60.7
1983	64.4	2.1	101.3	78.0	20.8	0.4	3.2	1.9	1.8	41.1	5.5	16.9
1984	7.9	109.0	59.8	40.8	13.4	1.2	1.8	1.1	1.9	30.9	24.3	18.0
1985	0.1	28.7	35.6	56.7	13.3	2.7	3.7	3.8	4.6	54.5	8.4	92.4
1986	42.7	21.1	32.1	37.2	1.2	4.2	5.2	2.9	3.0	6.9	26.3	37.4
1987	123.1	51.9	28.0	18.6	0.0	2.7	1.6	1.4	8.6	5.6	28.1	42.6
1988	49.4	43.0	16.0	32.9	0.7	2.6	2.8	2.4	2.9	20.3	26.2	31.8
1989	12.5	62.6	50.3	44.8	0.9	0.2	2.3	1.5	3.8	58.0	2.5	0.1
1990	31.0	37.4	16.5	13.1	0.8	0.0	4.2	2.8	0.0	64.1	65.6	27.1
1991	5.6	33.3	80.6	34.9	2.2	2.6	4.2	3.8	2.5	3.9	20.1	30.1
1992	9.0	12.8	32.0	19.9	1.6	0.0	4.4	2.7	2.5	59.2	6.6	20.6
1993	24.6	82.5	146.4	97.6	3.2	1.6	3.7	2.1	12.9	44.4	21.4	50.0
1994	59.9	79.7	165.8	103.2	5.1	0.3	3.9	3.1	1.3	4.3	36.9	37.3
1995	8.1	55.0	45.8	11.3	1.0	0.7	2.1	2.7	0.0	24.9	23.5	37.9
1996	30.5	91.0	139.1	38.3	0.2	3.7	4.9	3.3	0.5	56.7	8.8	8.7
1997	17.0	68.9	12.6	5.2	0.0	0.0	5.0	4.1	0.2	37.9	32.9	88.7
1998	47.2	92.1	145.2	74.2	5.4	2.8	5.1	3.1	0.2	52.8	6.4	17.0
1999	42.7	175.5	34.4	26.3	22.2	4.6	1.5	2.0	34.6	1.5	25.3	39.4
2000	7.8	62.9	88.9	31.6	20.3	0.1	3.7	0.3	21.1	0.1	7.1	44.7
2001	130.9	24.5	132.9	22.3	6.3	3.4	3.6	4.2	0.3	34.6	32.7	28.9

2002	9.3	28.9	116.2	34.8	0.0	0.9	3.1	4.7	1.6	51.1	37.3	46.8
2003	3.2	23.1	55.0	20.1	1.0	0.2	4.1	1.9	0.5	16.0	38.2	20.2
2004	23.2	23.2	28.3	17.3	1.1	3.1	0.5	3.9	0.7	50.5	23.5	59.8
2005	50.3	27.5	125.9	15.4	1.3	1.4	4.0	2.6	1.0	67.3	0.2	54.2
2006	29.2	40.1	153.3	42.2	0.9	2.5	1.7	2.2	6.9	6.2	24.1	29.8
2007	63.5	5.4	129.8	59.4	9.2	3.7	1.9	2.5	0.0	45.9	40.2	35.4
2008	38.4	70.2	79.5	49.5	2.2	0.0	2.4	0.5	5.5	51.7	29.4	3.3
2009	114.1	27.0	99.4	45.0	11.3	0.7	1.1	1.9	2.6	28.4	34.4	23.9
2010	17.3	36.2	78.8	31.8	1.3	0.4	1.7	4.5	0.9	16.1	23.8	29.8
2011	25.9	29.5	68.9	61.2	0.2	3.6	1.2	4.4	3.9	2.4	15.9	53.6
2012	83.4	41.9	33.4	38.3	5.3	1.2	4.5	2.5	4.7	63.8	41.8	7.7
2013	26.2	44.6	114.1	12.2	29.2	1.7	3.7	0.4	5.4	41.9	1.7	28.0
2014	28.3	44.5	77.1	22.2	15.2	3.5	3.6	4.4	1.9	14.1	19.2	50.2
2015	91.8	19.6	136.9	16.7	29.9	3.0	3.0	4.5	4.5	0.3	59.1	3.2

Fuente: Elaboración propia

Precipitación efectiva generada para la cuenca del río Cajamarquino.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	62.1	51.9	58.6	68.6	0.7	3.1	1.7	0.1	28.2	22.0	43.6	46.1
1974	32.3	81.2	53.7	17.1	0.1	2.6	0.9	0.4	6.6	22.9	8.7	28.3
1975	24.2	73.2	99.1	29.6	14.9	0.1	0.3	0.1	5.6	19.4	14.7	4.8
1976	45.2	22.5	35.8	27.0	3.4	0.0	3.6	1.8	0.7	5.9	8.3	30.9
1977	74.5	88.0	58.2	18.2	1.7	0.1	0.8	1.5	3.2	21.7	32.9	40.3
1978	6.0	35.8	25.9	25.8	47.2	0.6	2.2	2.9	1.4	18.2	59.4	44.3
1979	25.5	49.2	128.0	8.7	0.0	3.0	0.2	0.3	13.0	0.5	2.8	14.0
1980	9.7	10.1	50.5	11.7	0.0	0.9	2.6	1.7	1.7	102.7	68.8	50.8
1981	31.2	131.0	50.1	12.2	5.6	0.0	1.3	0.2	0.6	61.1	17.3	44.9
1982	25.0	49.0	35.4	25.3	4.0	1.9	2.6	2.0	19.3	62.6	59.0	63.7
1983	55.9	18.0	122.3	63.6	12.0	0.0	1.1	1.2	2.6	42.6	9.3	25.8
1984	15.0	123.4	87.2	36.3	21.9	0.1	0.0	0.1	2.4	34.5	30.0	30.2
1985	5.2	35.9	32.0	44.8	22.8	0.5	1.0	0.0	9.3	23.2	14.9	80.8
1986	36.6	22.5	35.7	60.8	1.3	1.9	3.5	0.4	2.3	6.2	32.1	40.9

1987	89.2	62.4	26.6	23.9	0.0	1.1	0.6	0.6	6.5	8.9	44.7	40.8
1988	72.9	58.9	18.0	50.2	0.0	1.5	1.9	3.2	1.1	16.6	37.9	39.2
1989	40.2	83.4	58.9	47.1	1.0	0.0	1.4	1.0	5.5	47.5	2.7	2.6
1990	29.1	36.2	30.4	11.4	3.6	0.6	3.1	1.3	7.3	64.3	81.9	27.7
1991	16.9	41.4	102.2	25.2	1.2	2.1	2.9	3.2	4.2	10.2	33.0	50.0
1992	42.0	21.7	52.8	35.8	3.1	0.9	2.9	1.3	11.8	70.8	23.8	30.4
1993	32.5	63.0	127.7	55.6	1.3	0.0	2.3	1.7	8.6	32.0	24.5	58.1
1994	77.0	81.9	105.8	82.9	6.6	0.7	1.2	2.7	1.0	8.1	29.8	48.4
1995	17.6	71.8	58.1	26.4	5.7	1.9	0.0	1.6	0.0	16.5	36.8	60.2
1996	43.0	86.1	89.6	24.6	1.2	0.0	3.9	0.2	0.4	54.0	6.4	9.2
1997	27.0	71.8	7.3	11.9	0.2	0.0	3.2	3.5	4.0	37.2	45.7	69.7
1998	48.4	70.1	140.4	66.2	5.0	1.2	3.8	2.5	0.1	50.5	15.1	11.1
1999	43.5	138.9	35.4	21.7	12.4	6.1	0.6	2.6	35.3	5.7	22.5	39.4
2000	15.3	83.5	79.2	29.1	11.5	0.1	2.3	0.0	31.8	0.0	5.7	54.2
2001	117.9	35.9	133.6	14.0	5.4	1.2	0.9	2.7	3.1	19.5	38.0	42.8
2002	10.2	39.1	115.3	45.5	0.7	0.4	1.0	2.6	1.3	50.9	40.9	54.2
2003	20.1	29.2	68.2	13.7	9.4	0.0	3.1	1.5	1.0	15.4	50.2	35.7
2004	16.4	28.5	50.5	17.2	3.5	1.4	0.4	0.5	2.5	31.2	51.3	70.7
2005	44.2	26.0	109.7	30.3	0.8	0.7	1.6	1.6	0.1	50.5	1.2	44.2
2006	37.7	46.4	126.1	29.5	0.3	2.4	1.0	1.2	4.2	5.8	28.2	59.6
2007	59.7	8.4	106.7	68.6	6.6	2.4	0.4	0.4	0.0	63.3	55.3	41.6
2008	41.4	68.6	69.2	44.3	2.6	0.5	1.9	0.5	7.6	41.7	27.6	11.3
2009	111.3	36.8	78.6	29.3	8.0	0.2	0.2	1.6	0.6	30.9	47.6	45.9
2010	18.3	48.7	81.5	34.0	3.7	0.2	1.7	2.3	0.2	10.5	18.2	34.5
2011	28.0	35.9	61.5	50.1	0.7	0.8	0.6	2.4	1.8	6.7	17.5	63.4
2012	83.2	68.3	57.4	32.3	9.8	1.9	2.9	1.7	0.2	34.3	55.4	21.1
2013	28.9	54.2	124.3	23.2	17.5	0.7	1.3	0.5	2.3	55.6	1.1	37.9
2014	30.9	38.2	70.4	27.2	5.5	2.0	2.2	2.1	2.0	4.9	17.1	58.0
2015	107.9	25.5	111.7	20.8	19.7	2.3	1.4	2.9	0.0	1.9	43.9	18.0

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8. NÚMEROS ALEATORIOS

Números Aleatorios, con media cero y desviación estándar uno, para la cuenca Namora.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	-0.4	-0.1	-1.0	-1.2	0.4	0.5	1.7	-0.6	1.0	0.5	1.1	0.5
1974	-0.8	-1.2	-1.0	-0.1	1.0	0.1	0.7	-0.1	0.2	0.6	0.2	-0.7
1975	0.1	-0.3	-0.1	2.2	0.8	-0.2	-1.6	-1.6	1.4	-0.5	-1.4	0.4
1976	1.5	1.0	0.1	0.2	0.5	-1.7	0.4	-0.1	1.5	0.6	-0.1	-0.5
1977	-1.0	-1.3	0.1	-1.1	-1.1	-0.9	-1.9	-0.1	-0.4	1.0	0.4	-0.4
1978	-1.1	-1.6	-1.0	0.8	0.8	-0.7	-0.3	1.3	1.8	-0.4	-1.2	1.2
1979	0.3	-1.5	-0.2	0.2	-0.4	0.7	0.2	0.8	-0.5	1.4	-0.4	0.3
1980	-0.1	-0.1	-0.2	0.1	0.1	-0.5	1.1	1.5	-1.2	0.4	1.2	-0.4
1981	-0.6	-0.4	0.3	-0.8	-1.1	-0.3	1.8	1.4	1.2	0.5	0.1	-0.8
1982	-1.4	-0.6	0.8	-0.3	0.7	-0.2	-1.0	0.6	-0.3	1.8	-1.8	0.0
1983	-0.6	-1.5	-0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	1.6	-0.4	-1.0	0.3	2.0
1984	1.0	1.3	0.7	0.4	2.0	-0.2	-1.2	1.2	1.0	0.1	-1.6	0.4
1985	-1.8	-0.2	0.3	1.1	-0.8	2.4	0.9	0.0	0.3	-1.8	1.1	-0.4
1986	-0.8	0.3	-0.1	0.6	0.0	-1.2	-1.6	0.4	-1.8	0.7	0.5	1.6
1987	0.8	-1.7	0.5	-0.7	-0.1	-0.9	0.4	-1.5	2.8	-2.2	1.2	1.0
1988	0.7	-0.5	0.8	-2.4	-0.7	-1.5	-0.1	-0.5	0.2	-0.8	0.4	-1.8
1989	-0.3	-0.9	-0.6	-0.5	-0.5	0.2	-1.5	0.9	0.7	-0.3	1.0	0.3
1990	-0.2	-0.7	-0.4	0.5	-1.2	-1.2	-0.5	1.5	-1.2	0.5	0.5	-0.4
1991	-1.2	-0.5	1.1	0.9	0.2	-1.5	-0.4	0.0	0.2	0.9	0.0	-1.0
1992	-1.8	1.3	1.6	0.3	0.7	0.2	0.3	0.8	1.3	-0.1	-1.6	0.6
1993	0.7	-1.1	0.3	-1.7	1.8	-0.7	-0.8	0.6	0.0	2.6	-0.3	0.6
1994	0.2	0.9	-1.5	-0.1	-1.0	-0.5	-1.7	0.2	0.7	0.4	0.1	-1.2
1995	-0.2	-0.1	1.3	-0.6	0.3	-0.5	-1.1	-0.1	0.1	-1.0	-1.5	1.3
1996	-1.3	0.1	0.2	0.8	-1.5	1.4	-2.0	1.5	1.4	0.0	-0.1	1.4
1997	2.1	1.5	0.3	-0.6	0.3	-0.7	-0.8	-0.5	-1.9	0.3	1.3	-1.0
1998	-1.6	1.7	-1.7	0.8	0.0	-1.6	0.5	0.1	-0.9	-0.5	0.4	-2.3
1999	0.0	-1.5	0.3	0.7	-0.4	-0.6	3.0	-1.6	0.4	-1.7	0.6	-1.0
2000	-1.2	0.1	-0.1	0.5	-0.3	-0.3	0.4	1.4	1.0	-0.1	-0.8	0.8
2001	0.9	-0.8	-1.5	1.7	1.2	0.3	1.5	-3.0	1.4	0.2	-0.5	0.5
2002	-0.9	0.6	0.4	0.3	-1.2	-1.3	-0.9	-1.7	0.8	-1.1	-1.2	-0.8

2003	-2.0	0.2	-0.3	-0.2	1.2	-0.3	-1.1	0.1	-0.5	-0.2	0.4	0.4
2004	-1.1	0.0	-0.1	0.8	0.8	1.2	-1.1	-0.4	0.0	-0.1	-0.7	1.0
2005	-1.0	-1.6	0.9	2.6	-0.1	0.5	2.8	-0.5	0.4	0.6	1.0	-1.3
2006	1.6	1.2	-1.3	2.4	0.4	-0.1	-0.4	1.3	0.6	-1.1	-0.1	1.8
2007	1.0	-0.3	0.1	-0.3	-0.3	-1.3	0.7	0.8	0.7	0.3	-0.3	-0.6
2008	0.0	0.2	-0.7	-1.2	0.1	1.7	0.6	-0.3	0.4	0.3	0.7	0.1
2009	-0.8	-1.0	-0.1	-0.4	0.9	-1.3	1.6	0.3	0.7	0.0	-1.3	1.4
2010	-0.9	0.6	-1.7	0.1	0.2	-0.1	-0.2	-1.7	-0.8	0.6	0.5	0.0
2011	-1.2	0.2	0.4	1.1	0.7	0.5	0.5	0.0	-1.1	-1.0	-0.5	-0.4
2012	-0.6	-1.7	1.4	0.7	-1.5	-1.5	-0.8	-1.5	0.8	-0.2	-1.2	1.1
2013	-1.1	0.6	0.3	0.1	0.8	-1.9	0.4	-0.8	0.5	0.4	0.4	-0.6
2014	-0.5	-0.3	-1.0	-0.7	-0.9	1.0	-1.0	0.7	0.4	0.2	1.1	0.9
2015	0.5	-0.8	2.1	-0.1	0.6	-1.5	-0.4	0.6	0.2	-0.5	0.3	0.2
MEDIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D. EST	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MIN	-1.98	-1.71	-1.75	-2.39	-1.54	-1.89	-2.04	-3.02	-1.85	-2.16	-1.75	-2.28
MAX	2.14	1.70	2.06	2.59	2.00	2.43	3.02	1.56	2.77	2.55	1.34	1.96

Fuente: Elaboración propia.

Números Aleatorios, con media cero y desviación estándar uno, para la cuenca Namora.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1973	-0.4	-0.1	-1.0	-1.2	0.4	0.5	1.7	-0.6	1.0	0.5	1.1	0.5
1974	-0.8	-1.2	-1.0	-0.1	1.0	0.1	0.7	-0.1	0.2	0.6	0.2	-0.7
1975	0.1	-0.3	-0.1	2.2	0.8	-0.2	-1.6	-1.6	1.4	-0.5	-1.4	0.4
1976	1.5	1.0	0.1	0.2	0.5	-1.7	0.4	-0.1	1.5	0.6	-0.1	-0.5
1977	-1.0	-1.3	0.1	-1.1	-1.1	-0.9	-1.9	-0.1	-0.4	1.0	0.4	-0.4
1978	-1.1	-1.6	-1.0	0.8	0.8	-0.7	-0.3	1.3	1.8	-0.4	-1.2	1.2
1979	0.3	-1.5	-0.2	0.2	-0.4	0.7	0.2	0.8	-0.5	1.4	-0.4	0.3
1980	-0.1	-0.1	-0.2	0.1	0.1	-0.5	1.1	1.5	-1.2	0.4	1.2	-0.4
1981	-0.6	-0.4	0.3	-0.8	-1.1	-0.3	1.8	1.4	1.2	0.5	0.1	-0.8
1982	-1.4	-0.6	0.8	-0.3	0.7	-0.2	-1.0	0.6	-0.3	1.8	-1.8	0.0
1983	-0.6	-1.5	-0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	1.6	-0.4	-1.0	0.3	2.0
1984	1.0	1.3	0.7	0.4	2.0	-0.2	-1.2	1.2	1.0	0.1	-1.6	0.4
1985	-1.8	-0.2	0.3	1.1	-0.8	2.4	0.9	0.0	0.3	-1.8	1.1	-0.4
1986	-0.8	0.3	-0.1	0.6	0.0	-1.2	-1.6	0.4	-1.8	0.7	0.5	1.6
1987	0.8	-1.7	0.5	-0.7	-0.1	-0.9	0.4	-1.5	2.8	-2.2	1.2	1.0
1988	0.7	-0.5	0.8	-2.4	-0.7	-1.5	-0.1	-0.5	0.2	-0.8	0.4	-1.8
1989	-0.3	-0.9	-0.6	-0.5	-0.5	0.2	-1.5	0.9	0.7	-0.3	1.0	0.3
1990	-0.2	-0.7	-0.4	0.5	-1.2	-1.2	-0.5	1.5	-1.2	0.5	0.5	-0.4
1991	-1.2	-0.5	1.1	0.9	0.2	-1.5	-0.4	0.0	0.2	0.9	0.0	-1.0
1992	-1.8	1.3	1.6	0.3	0.7	0.2	0.3	0.8	1.3	-0.1	-1.6	0.6
1993	0.7	-1.1	0.3	-1.7	1.8	-0.7	-0.8	0.6	0.0	2.6	-0.3	0.6
1994	0.2	0.9	-1.5	-0.1	-1.0	-0.5	-1.7	0.2	0.7	0.4	0.1	-1.2
1995	-0.2	-0.1	1.3	-0.6	0.3	-0.5	-1.1	-0.1	0.1	-1.0	-1.5	1.3
1996	-1.3	0.1	0.2	0.8	-1.5	1.4	-2.0	1.5	1.4	0.0	-0.1	1.4
1997	2.1	1.5	0.3	-0.6	0.3	-0.7	-0.8	-0.5	-1.9	0.3	1.3	-1.0
1998	-1.6	1.7	-1.7	0.8	0.0	-1.6	0.5	0.1	-0.9	-0.5	0.4	-2.3
1999	0.0	-1.5	0.3	0.7	-0.4	-0.6	3.0	-1.6	0.4	-1.7	0.6	-1.0
2000	-1.2	0.1	-0.1	0.5	-0.3	-0.3	0.4	1.4	1.0	-0.1	-0.8	0.8
2001	0.9	-0.8	-1.5	1.7	1.2	0.3	1.5	-3.0	1.4	0.2	-0.5	0.5
2002	-0.9	0.6	0.4	0.3	-1.2	-1.3	-0.9	-1.7	0.8	-1.1	-1.2	-0.8
2003	-2.0	0.2	-0.3	-0.2	1.2	-0.3	-1.1	0.1	-0.5	-0.2	0.4	0.4

2004	-1.1	0.0	-0.1	0.8	0.8	1.2	-1.1	-0.4	0.0	-0.1	-0.7	1.0
2005	-1.0	-1.6	0.9	2.6	-0.1	0.5	2.8	-0.5	0.4	0.6	1.0	-1.3
2006	1.6	1.2	-1.3	2.4	0.4	-0.1	-0.4	1.3	0.6	-1.1	-0.1	1.8
2007	1.0	-0.3	0.1	-0.3	-0.3	-1.3	0.7	0.8	0.7	0.3	-0.3	-0.6
2008	0.0	0.2	-0.7	-1.2	0.1	1.7	0.6	-0.3	0.4	0.3	0.7	0.1
2009	-0.8	-1.0	-0.1	-0.4	0.9	-1.3	1.6	0.3	0.7	0.0	-1.3	1.4
2010	-0.9	0.6	-1.7	0.1	0.2	-0.1	-0.2	-1.7	-0.8	0.6	0.5	0.0
2011	-1.2	0.2	0.4	1.1	0.7	0.5	0.5	0.0	-1.1	-1.0	-0.5	-0.4
2012	-0.6	-1.7	1.4	0.7	-1.5	-1.5	-0.8	-1.5	0.8	-0.2	-1.2	1.1
2013	-1.1	0.6	0.3	0.1	0.8	-1.9	0.4	-0.8	0.5	0.4	0.4	-0.6
2014	-0.5	-0.3	-1.0	-0.7	-0.9	1.0	-1.0	0.7	0.4	0.2	1.1	0.9
2015	0.5	-0.8	2.1	-0.1	0.6	-1.5	-0.4	0.6	0.2	-0.5	0.3	0.2
MEDIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D. EST	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MIN	-1.98	-1.71	-1.75	-2.39	-1.54	-1.89	-2.04	-3.02	-1.85	-2.16	-1.75	-2.28
MAX	2.14	1.70	2.06	2.59	2.00	2.43	3.02	1.56	2.77	2.55	1.34	1.96

Fuente: Elaboración propia.