

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



**“GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL A PARTIR DE  
INFORMACIÓN CLIMÁTICA EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA HUERTAS  
– CHILETE, CAJAMARCA”**

## TESIS

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO HIDRÁULICO**

Presentado por el Bachiller:

**LUIS FERNANDO RIVASPLATA FLORES**

Asesorado por:

**Dr. Ing° GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ**

CAJAMARCA - PERÚ

2019

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Cajamarca por haberme concedido la oportunidad de formarme académicamente y seguir superándome de forma personal y profesional.

Al Dr. Ing. Gaspar Méndez Cruz; asesor de esta investigación, por sus consejos y apoyo incondicional en el desarrollo de la presente investigación.

A mi familia, compañeros de aula y a todas las personas que aportaron con su granito de arena para hacer posible la realización de la presente investigación.

## DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, que me ha permitido llegar hasta aquí, por otorgarme salud y fuerzas para superar las adversidades que se presentan.

Especialmente a mis padres **Fernando Espencer Rivasplata Torrejón** y **Luisa Flores Ventura**, que me han brindado su amor y respeto a lo largo de mi vida, incentivándome con esfuerzo y sacrificio a cumplir las metas propuestas.

A mis hermanos **Mirian Esther**, **Luis Miguel** y **Fernando Espencer**, por su apoyo incondicional, deseando que con este logro alcanzado pueda incentivarlos a seguir cosechando triunfos en sus vidas.

A mis abuelos **Jacobo** y **Celmira**, las personas que guiaron mis pasos por el camino de la vida y que con su ejemplo de lucha y perseverancia forjaron el carácter para ser una persona que no se da por vencido y continua hasta lograr lo propuesto.

A mi compañera de vida **Sofía Lucero**, por estar siempre a mi lado, compartiendo mis alegrías y tristezas, apoyándome en todo momento e incentivándome a seguir a pesar de las adversidades.

A mi motor y motivo **Sebastián Homero**, mi gran tesoro en esta vida.

A todas aquellas personas que contribuyeron con su granito de arena para poder seguir adelante y culminar mis estudios universitarios.

Gracias.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>01</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>03</b>
2.1. BASES TEÓRICAS	03
CUENCA HIDROGRÁFICA	03
CICLO HIDROLÓGICO	15
2.2. TRATAMIENTO DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS	16
2.3. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN	18
2.4. PRECIPITACIÓN	18
2.5. ESCORRENTIA SUPERFICIAL	21
2.6. MODELO DETERMINÍSTICO ESTOCÁSTICO DE LUTZ SCHOLZ	22
2.7. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE	33
2.8. AFOROS	36
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>39</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	39
3.2. EQUIPOS Y MATERIALES	41
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA HUERTAS	42
3.4. PROCEDIMIENTO	42
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>48</b>
4.1. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO DE LA CUENCA EN ESTUDIO	48
4.2. MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES	52
4.3. GENERACIÓN DE CAUDALES	55
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>60</b>
5.1. CONCLUSIONES	60
5.2. RECOMENDACIONES	61
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Cuenca hidrográfica	03
Figura N°2: Esquema donde se muestran las partes de una cuenca hidrográfica	05
Figura N°3: Componentes en una cuenca	07
Figura N°4: Comparación de la forma de cuencas según valores del Coeficiente de Gravelius	08
Figura N°5: Influencia de la configuración de la red hidrológica en las descargas	09
Figura N°6: Ramificación de un cauce principal según el modelo de Strahler	10
Figura N°7: Fases del ciclo del agua o ciclo hidrológico	16
Figura N°8: Diagrama de flujo para el tratamiento de datos hidrometeorológicos	17
Figura N°9: Ubicación departamental - cuenca quebrada Huertas	39
Figura N°10: Ubicación provincial - cuenca quebrada Huertas	40
Figura N°11: Ubicación distrital - cuenca quebrada Huertas	40
Figura N°12: Ubicación referencial - cuenca de la quebrada Huertas	41
Figura N°13: Vista panorámica de la cuenca - quebrada Huertas	42
Figura N°14: Distribución espacial de las estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio de la cuenca de la quebrada Huertas	43
Figura N°15: Curva hipsométrica – cuenca de la quebrada Huertas	49
Figura N°16: Frecuencia de altitudes – cuenca de la quebrada Huertas	49
Figura N°17: Número de orden de la cuenca de la quebrada Huertas	50
Figura N°18: Precipitaciones medias mensuales - cuenca de la quebrada Huertas	53
Figura N°19: Caudales generados para el año promedio – cuenca quebrada Huertas	56
Figura N°20: Mapa de isoyetas para el primer período – mes de agosto	89
Figura N°21: Quebrada Huertas – punto emisor	105
Figura N°22: Confluencia de la quebrada Huertas con el Río Jequetepeque	105
Figura N°23: Punto de aforo con coordenadas E=738835, N=9201227 (100 m aguas arriba del punto emisor)	106
Figura N°24: Vista de laderas – Cuenca de la quebrada Huertas	106
Figura N°25: Vista general – Cuenca de la quebrada Huertas	106
Figura N°26: Vista general – Cuenca de la quebrada Huertas	106
Figura N°27: Aforo de canal Huertas – Caserío Huertas	108
Figura N°28: Canal Huertas – Caserío Huertas	108
Figura N°29: Canal Huertas – Caserío Huertas	109
Figura N°30: Canal Rupe – Caserío Rupe	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Formas geometricas de cuencas hidrograficas en base a rangos del índice de Gravelius	07
Tabla 2: Rangos aproximados del factor de forma	09
Tabla 3: Rangos aproximados de la densidad de drenaje	11
Tabla 4: Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal	13
Tabla 5: Rangos aproximados de la pendiente media de la cuenca	14
Tabla 6: Coeficientes de abastecimiento durante época de lluvias (%)	29
Tabla 7: Ejemplo de series para la regresión múltiple	31
Tabla 8: Valores críticos de $\Delta_0$ del estadístico Smirnov – Kolmogorov $\Delta$ , para varios valores de N y niveles de significación $\alpha$ .	35
Tabla 9: Estaciones meteorologicas seleccionadas para el estudio de la cuenca de la Quebrada Huertas.	43
Tabla 10: Parámetros geomorfológicos – cuenca de la Quebrada Huertas	48
Tabla 11: Precipitación media total mensual (mm) – cuenca de la Quebrada Huertas (1987 - 2016)	52
Tabla 12: Precipitación media efectiva mensual (mm) – cuenca de la Quebrada Huertas (1987 - 2016)	52
Tabla 13: Parámetros para calcular la retención – cuenca de la Quebrada Huertas.	53
Tabla 14: Valores de relación de caudales del flujo base (meses de estiaje)	54
Tabla 15: Valores del gasto de la retención (meses de estiaje) –cuenca de la Qda Huertas	54
Tabla 16: Coeficientes de abastecimiento durante época de lluvias(%)–región Cajamarca	55
Tabla 17: Valores de abastecimiento de la retención para los meses lluviosos	55
Tabla 18: Caudales generados para el año promedio	56
Tabla 19: Series para la regresión múltiple.	57
Tabla 20: Coeficientes estadísticos para la regresión múltiple.	57
Tabla 21: Calculo de $Q_t$ mensual.	58
Tabla 22: Cálculo del error mensual (e)	58
Tabla 23: Caudales generados $Q_m$ (mm/mes) para un periodo extendido	59
Tabla 24: Caudales aforados en la Quebrada Huertas	60
Tabla 25: Precipitación mensual (mm) – Estación Contumazá	66
Tabla 26: Precipitación mensual (mm) – Estación Chilete	67
Tabla 27: Precipitación mensual (mm) – Estación Monte Grande	68
Tabla 28: Precipitación mensual (mm) – Estación Asunción.	69
Tabla 29: Precipitación mensual (mm) – Estación Cospán	70
Tabla 30: Precipitación mensual (mm) – Estación San Juan	71
Tabla 31: Precipitación mensual (mm) – Estación Hacienda Llagaden	72

Tabla 32: Precipitación mensual (mm) – Estación San Pablo	73
Tabla 33: Precipitaciones promedio mensuales agrupadas por períodos de 3 años – Est. Contumazá	86
Tabla 34: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 1° período	87
Tabla 35: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 2° período	87
Tabla 36: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 3° período	87
Tabla 37: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 4° período.	87
Tabla 38: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 5° período	87
Tabla 39: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 6° período	88
Tabla 40: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 7° período	88
Tabla 41: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 8° período	88
Tabla 42: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 9° período	88
Tabla 43: Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 10° período	88
Tabla 44: Precipitación media mensual (mm) por períodos generada en la cuenca de la Quebrada Huertas	89
Tabla 45: Precipitación efectiva (mm) por periodos genrada en la cuenca de la Quebrada Huertas	90
Tabla 46: Números aleatorios con distribución Normal, con media 0 y desviación estandar 1 (z)	90
Tabla 47: Caudales medios mensuales (mm/mes) generados con el modelo de Lutz Scholz	90
Tabla 48: Caudales medios mensuales (m <sup>3</sup> /s) generados con el modelo de Lutz Scholz	91
Tabla 49: Caudales medios mensuales (MMC) generados con el modelo de Lutz Scholz.	91

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo estimar caudales medios mensuales de la cuenca de la quebrada Huertas, con una altitud media de 2221.85 m, mediante el modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz, utilizando información climática (periodo 1987-2016), tomando como punto emisor la confluencia con el Río Chilete. Para el procedimiento se recopiló y procesó la información cartográfica (delimitación y obtención de parámetros geomorfológicos de la cuenca), además de completar y extender la información climatológica, cuyos resultados son utilizados en el cálculo de parámetros como precipitación media de la cuenca, coeficiente de escorrentía, precipitación efectiva, retención, abastecimiento, entre otros, para luego aplicar el modelo en sí y obtener finalmente descargas medias mensuales. Los caudales obtenidos muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos y menores en los meses de estiaje, por lo que se obtuvo un valor de 2.53 m<sup>3</sup>/seg a 0.41 m<sup>3</sup>/seg para meses lluviosos y 0.16 m<sup>3</sup>/seg a 0.25 m<sup>3</sup>/seg para meses de estiaje.

***Palabras clave:*** Cuenca Quebrada Huertas, Modelo Lutz Scholz, Caudales medios mensuales.

## ABSTRACT

The present investigation had the objective of estimating average monthly flows of the Huertas ravine basin, with a mean nail altitude of 2,221.85 m, using the stochastic deterministic example of Lutz Scholz, using climatic information (Period 1987-2016), taking as Issuing point Confluence with the Chilete River. For the procedure, the cartographic information (delimitation and obtaining of geomorphological parameters of the basin) is collected and processed, in addition to completing and extending the climatological information, our results are used in the calculation of parameters such as the mean of the basin, runoff coefficient, specifically effective, retention, supply, among others, to then apply the model itself and finally obtain monthly average discharges. The detected flows have a direct relation with the precipitation, being higher in the rainy months and lower in the months of drought, so that a value of 2.53 m<sup>3</sup>/seg to 0.41 m<sup>3</sup>/seg is obtained for rainy months and 0.16 m<sup>3</sup>/seg to 0.25 m<sup>3</sup>/seg for months of drought.

**Key words:** ravine Huertas basin, Lutz Scholz Model, Average Monthly Flow.

## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El agua, considerada como bien económico, social y medioambiental, indispensable para la vida humana y la sostenibilidad de la biodiversidad; es un recurso renovable que a diferencia de los no renovables se regenera naturalmente y en tanto, el volumen de dicha renovación se mantenga superior al volumen demandado del recurso, estaríamos ante un uso sostenible del mismo. No obstante, en el Perú se presentan factores que afectan la demanda, como los mayores requerimientos para uso multisectorial, debido al incremento de la población que genera el crecimiento de la industria, la incorporación de nuevas áreas agrícolas, el crecimiento de la minería, el uso acuícola, pecuario y turístico (ANA, 2012).

Esta investigación permitirá la generación de caudales medios mensuales de la cuenca de la Quebrada Huertas - Chilete a través del procesamiento de datos históricos climatológicos y así poder planificar, aprovechar y gestionar mejor el recurso hídrico en beneficio de los pobladores de la zona. Además, permitirá a diferentes instituciones públicas o privadas, como a diferentes profesionales disponer de información hidrométrica para diversos estudios de investigación y proyectos de ingeniería.

Ante el **problema** de disponibilidad hídrica de una cuenca, además de la escasez o falta de información hidrométrica, la cual es determinante en el diseño y operación de proyectos hidráulicos, como también el planeamiento y gestión integral de los recursos hídricos, es el caso de la cuenca de la quebrada Huertas, lo cual dificulta el aprovechamiento hídrico. Por lo cual es necesario determinar cuál es el caudal medio mensual de la cuenca de la quebrada Huertas - Chilete, Cajamarca a partir de información climática.

La generación de caudales medios mensuales, se **justifica** para conocer con cierto nivel de confianza, las magnitudes medias de las descargas en un determinado punto del cauce; siendo un problema hidrológico la escasez de datos de medición de caudales que son necesarios para proyectos de abastecimiento.

El **objetivo** general que se ha planteado con ésta investigación es:

Generar caudales medios mensuales a partir de información climática en la cuenca de la quebrada Huertas – Chilete, Cajamarca.

Para lograr el objetivo general antes mencionado, se tuvo que cumplir con cada uno de los objetivos específicos que a continuación se mencionan:

- Delimitar y calcular los parámetros geomorfológicos, tomando como punto emisor el final de la cuenca de la quebrada Huertas - Chilete.
- Recopilar y procesar información cartográfica.
- Recopilar y procesar información climatológica.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

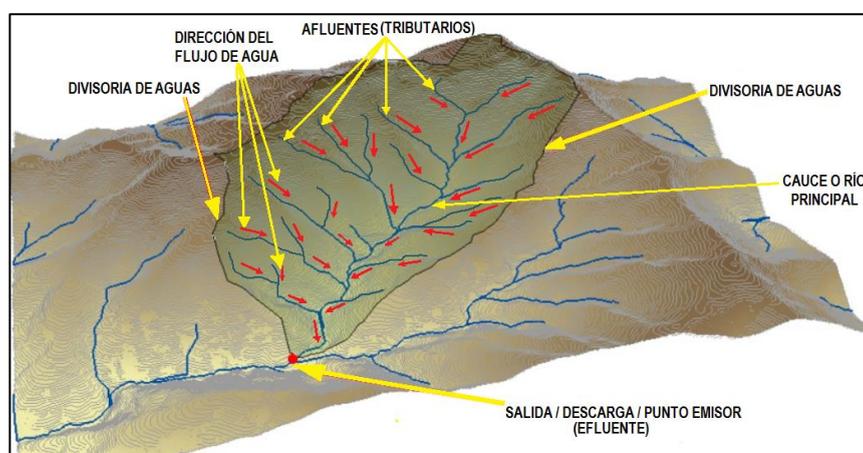
### 2.1. BASES TEÓRICAS

#### CUENCA HIDROGRÁFICA

Desde el punto de vista hidrológico, una cuenca hidrográfica es definida como el área geográfica natural o unidad de territorio delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Aquarum), que capta las precipitaciones y drena el agua de escorrentía hacia un colector común, denominado río principal (Vásquez, A. et al. 2016).

Otra definición sostiene que es todo un sistema complejo, abierto donde ocurre el ciclo hidrológico y cuyos elementos naturales, sociales, ambientales, económicos, políticos e institucionales son variables en el tiempo; y se encuentran en estrecha interrelación. Sin embargo, los efectos que resultan de las interacciones entre los diferentes componentes producen algo que es más que la suma de sus partes; tal como ocurre con el cuerpo humano que también es considerado como un sistema complejo. Por otro lado, una cuenca hidrográfica es un sistema abierto a flujos, influencias y líneas de acción que atraviesan sus fronteras; es decir que puede recibir y dar; pues una cuenca hidrográfica es solo una parte ínfima de la tierra. Además, se debe tener siempre presente que no existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica (Vásquez, A. et al. 2016).

Es el área de terreno donde las aguas de escorrentía, producto de la precipitación, se distribuyen en una red natural de drenaje, confluyendo luego hacia u colector común o curso principal (Ortiz, S. 1995).



**Figura N° 1: Cuenca hidrográfica**

(Fuente: Adaptado de: <https://acolita.com/delimitar-automaticamente-micro-cuenca-hidrografica-especifica-en-arcgis/>)

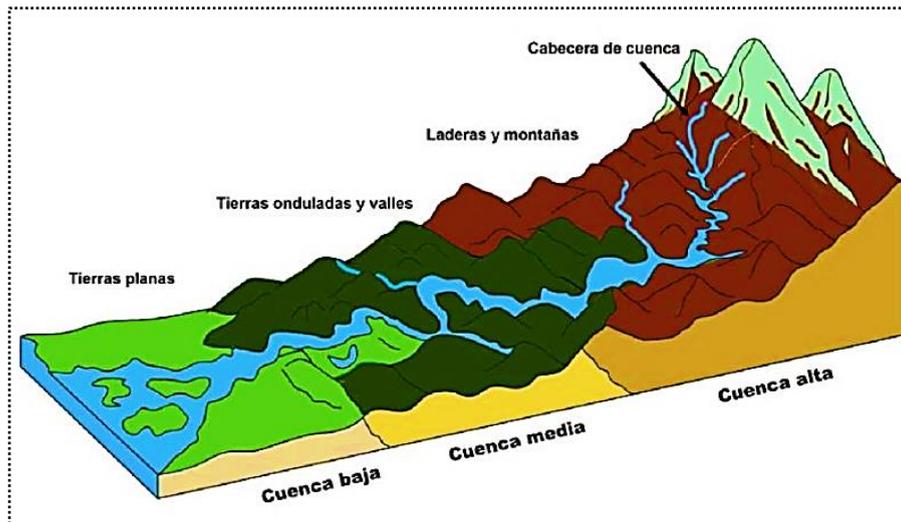
## **PARTES DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA**

Una cuenca hidrográfica alto andina normalmente consta de tres partes; tal como se puede observar en la figura N°2:

- **Partes altas.-** Estas partes comprenden altitudes superiores a los 3,000 metros sobre el nivel del mar, llegando en algunos casos hasta los 6,500 msnm. En tales áreas se concentra el mayor volumen de agua ya sea en forma de nevados o de lluvia, dado que allí la precipitación pluvial es intensa y abundante; es frecuente asimismo la formación de nevados. La topografía de estas zonas es sumamente accidentada y escarpada; en consecuencia, **su potencial erosivo es sumamente alto**. La precipitación total anual promedio alcanza los 800 hasta 1,600 mm por año; pero al mismo tiempo en estas zonas se encuentra un gran potencial con recursos mineros.

A estas partes altas también se le llama “cabecera de cuenca”, que son las zonas de mayor disponibilidad de agua y de muy buena calidad y que a partir de allí fluyen hacia las partes medias y bajas de las cuencas, ya sea en forma superficial o subterránea.

- **Partes medias.-** Son las comprendidas entre los 800 y 3000 msnm. Las precipitaciones promedio que caen en estas zonas varían entre los 100 – 800 mm/año. En estas zonas están los valles interandinos, caracterizados por el clima benigno y variado. La función de estas partes de la cuenca está relacionada fundamentalmente con el escurrimiento del agua.
- **Partes bajas.-** Abarcan desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. La precipitación promedio que cae en la zona es muy escasa (< 100 mm/año), su pendiente es igualmente baja. En este ámbito están los amplios valles costeros, donde se desarrolla una intensa actividad agropecuaria así como también se ubican las medianas y grandes ciudades consumidoras (Vásquez, A. et al. 2016).



**Figura N° 2: Esquema donde se muestran las partes de una cuenca hidrográfica**  
(Fuente: Vásquez, A. et al. 2016)

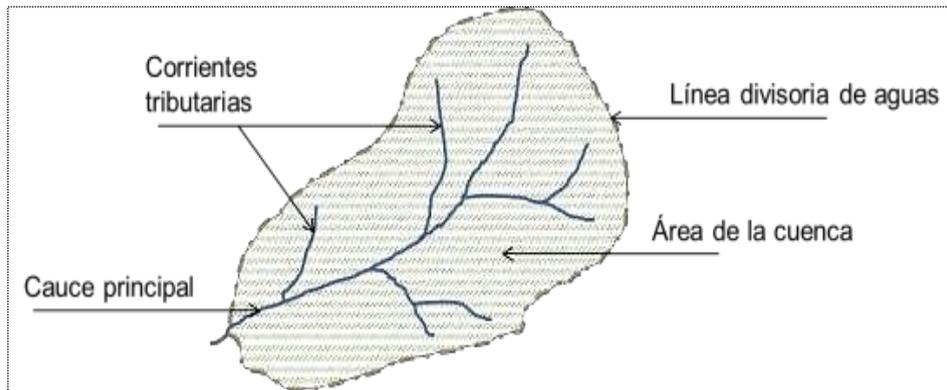
## **DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE UNA CUENCA**

El ciclo hidrológico, en la que una cuenca hidrográfica es parte fundamental en el estudio de la respuesta a la precipitación de entrada, ocurre diversos procesos que alteran el escurrimiento en su salida. En estos procesos intervienen la geomorfología de la cuenca en la que la climatología es el factor más importante, el tipo y uso del suelo, la cobertura vegetal o nivel de urbanización. Las propiedades geomorfológicas de una cuenca más estudiadas, se presentan a continuación (Córdova, M. 2015):

### **a. Área de la cuenca**

Es la superficie del terreno donde las aguas de las precipitaciones concurren a un mismo punto de evacuación a través de cauces secundarios o quebradas que se unen a un cauce principal. Las aguas de las precipitaciones, lagunas o glaciares que no han sido infiltradas por el suelo se denominan escorrentía directa y se desplazan desde los puntos de mayor elevación hacia los puntos de menor elevación por efecto de la gravedad. Mientras que, las aguas que han sido infiltradas por el suelo se denominan escorrentía subterránea (Flujo base) y discurren por su interior similarmente. Este parámetro es el más utilizado en el estudio de la escorrentía de una cuenca (Córdova, M. 2015).

Este factor, dependiendo de la ubicación de la cuenca, tiene importancia efectiva en la hidrología del sistema. Para cuantificar el área es necesario primero, delimitar la cuenca. La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza respecto a un punto de interés del cauce principal llamado punto emisor o de efluencia, donde resulta ser el punto más bajo de la cuenca (Ortiz, S. 1995).



**Figura N°3: Componentes en una cuenca**  
(Fuente: Córdova, M. 2015)

**b. Longitud del cauce principal**

Es la longitud de la línea, medida sobre el cauce principal, entre el punto de efluencia y un punto sobre la divisoria de aguas que sea de máxima distancia (Ortiz, S. 1995).

**c. Perímetro de la cuenca**

Es la longitud de la línea divisoria de aguas y conforma el contorno del área de la cuenca. Cuando se compara cuencas de la misma área, este parámetro es útil para diferenciar la forma de la cuenca. Es decir, si es alargada o redondeada (Córdova, M. 2015).

**d. Forma de la cuenca**

Para identificar las características de forma se emplean varios parámetros asociados con la relación área, perímetro o la longitud del cauce de agua más largo que se define como la distancia desde el punto de la salida de desembocadura de la cuenca hasta el punto agua arriba más alejada. Los índices más usuales son: Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius y factor de forma (Córdova, M. 2015).

- **Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius**

Establece la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área equivalente a la superficie de la cuenca correspondiente. Este índice representa la forma de la superficie de la cuenca, según su delimitación, y su influencia sobre los escurrimientos y el hidrograma resultante de una precipitación (López Cadenas de Llano, F. & Mintegui Aguirre, JA. 1987).

De otra manera, este índice se basa en la comparación con una cuenca ideal de forma circular con sus cauces dispuestos radialmente y que desembocan en el punto central (López Cadenas de Llano, F. 1998).

Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

$K_c$  = Coeficiente de compacidad

$P$  = Perímetro de la cuenca en km

$A$  = Área de las cuenca en km<sup>2</sup>

Teniendo en cuenta que la geometría de la cuenca afecta las características de la escorrentía directa o geometría del hidrograma de flujos efluentes, resulta conveniente definir las clases geométricas de cuencas en base a comportamientos de respuestas, con tal finalidad resulta interesante el criterio de clasificación basada en rangos del índice de Gravelius mostrado en la tabla 1, (Henaos, 1988).

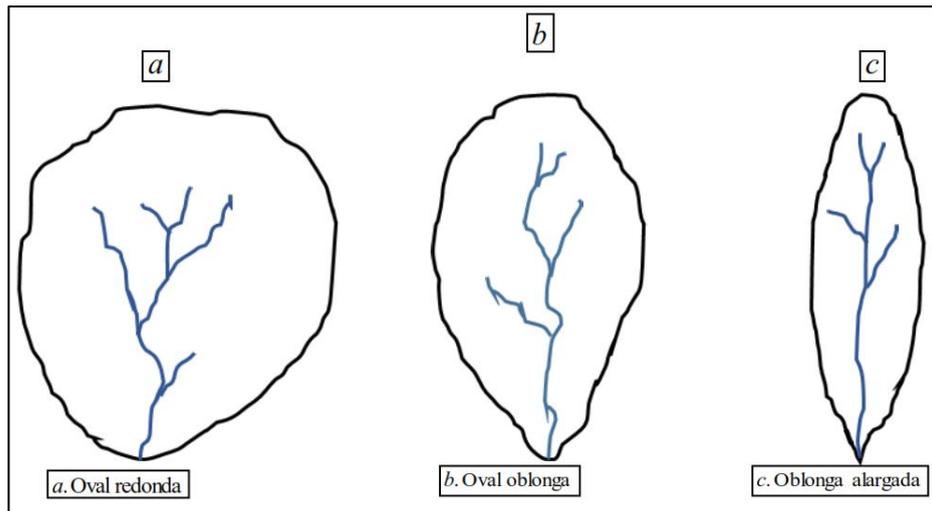
**Tabla 1: Formas geométricas de cuencas hidrográficas en base a rangos del índice de Gravelius**

<b>Formas de sistemas hidrológicos con base en el coeficiente de Gravelius</b>		
<b>Clase de geometría</b>	<b>Rango de clase</b>	<b>Forma de cuenca</b>
$K_{c1}$	$1 < K_c \leq 1.25$	Oval redonda
$K_{c2}$	$1.25 < K_c \leq 1.50$	Oval oblonga
$K_{c3}$	$1.50 < K_c \leq 1.75$	Oblonga alargada

Fuente: Henaos, 1988

La clasificación geométrica de cuencas mediante el criterio de rangos del índice de Gravelius es una de las más relevantes y se adecua mucho a la geometría de las cuencas de la región Cajamarca (Ortiz, S. 2016).

El esquema de la figura N°4 muestra, aproximadamente, los modelos geométricos de cuencas utilizando el criterio de rangos del índice de Gravelius de la tabla 1 (Henaos, 1988).



**Figura N°4: Esquema de modelos de formas de cuenca según rangos del coeficiente de Gravelius**  
(Fuente: Ortiz, S. 2016)

- **Factor de forma**

Es uno de los parámetros que explica la elongación de una cuenca. Se expresa como la relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma. El parámetro está definido por la siguiente expresión (Córdova, M. 2015):

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

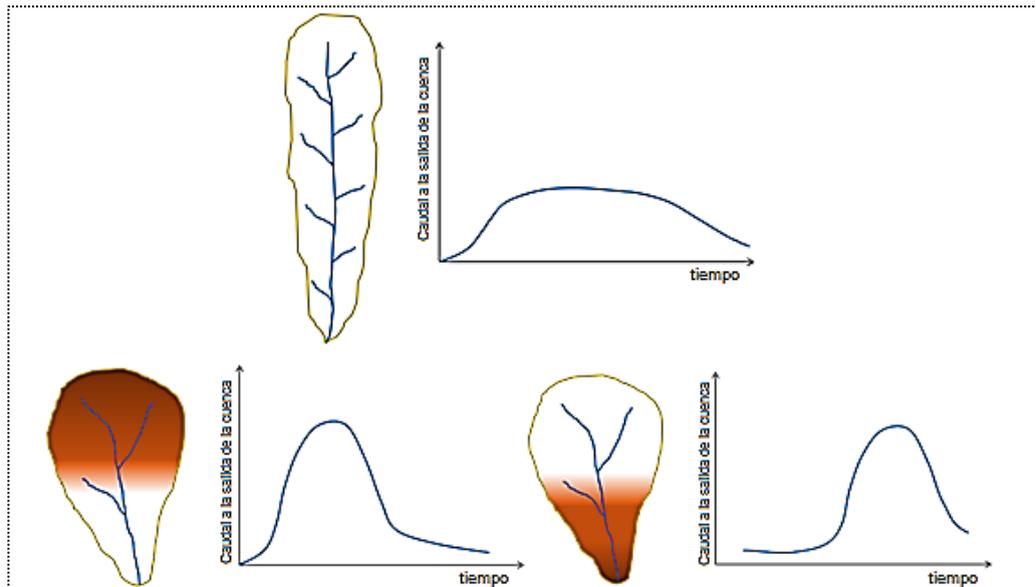
*Ff = Factor de forma*

*A = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>*

*L = Longitud de la cuenca en km*

Es un parámetro adimensional y la longitud de la cuenca puede considerarse según tres criterios diferentes: la longitud del cauce principal considerando su sinuosidad, la longitud del cauce principal considerando el eje del mismo, o la distancia en línea recta entre el punto de control de la cuenca y el punto más alejado de este (Córdova, M. 2015).

Si la forma de la cuenca es aproximadamente circular, entonces el valor de *Ff* se acercará a uno. Mientras que, las cuencas más alargadas, tendrán un *Ff* menor. En las cuencas alargadas, las descargas son de menor volumen debido a que el cauce de agua principal es más largo que los cauces secundarios y los tiempos de concentración para eventos de precipitación son distintos, como se muestra en la Figura N°5. Este caso es inverso a lo que ocurre con el coeficiente de compacidad (Córdova, M. 2015).



**Figura N°5: Influencia de la configuración de la red hidrológica en las descargas**  
(Fuente: Córdova, M. 2015)

Por otra parte, a continuación se muestra la forma que puede adoptar una cuenca según rangos aproximados del factor de forma (ver tabla 2).

**Tabla 2: Rangos aproximados del factor de forma**

<b>Factor de forma (valores aproximados)</b>	<b>Forma de la cuenca</b>
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

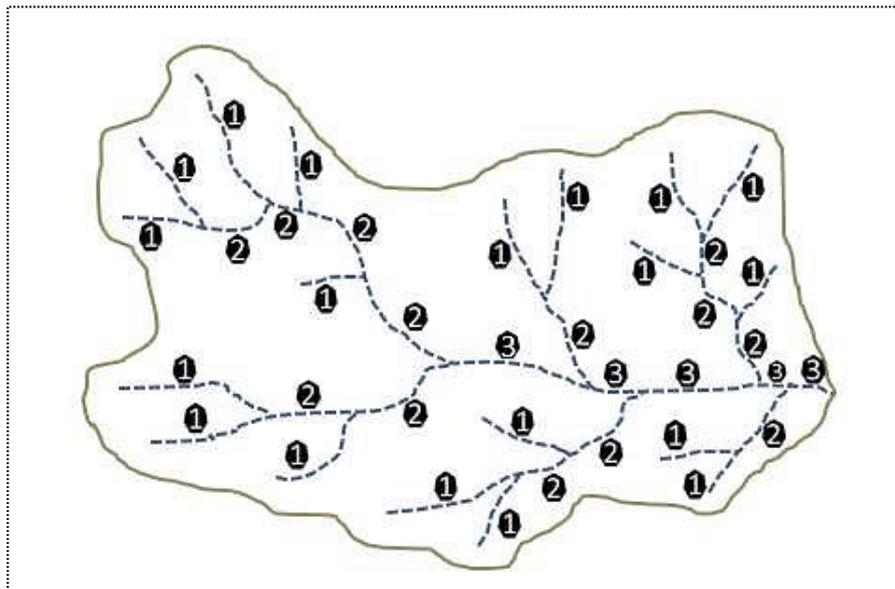
Fuente: Pérez, 1979

#### **e. Sistema de drenaje**

El sistema de drenaje está constituido por un cauce principal y sus cauces tributarios (afluentes). Mientras más largo sea el cauce de agua principal, más ramificaciones tendrá la red de drenaje. Los parámetros más representativos son (Córdova, M. 2015):

- **Orden de los cauces**

Existen diversos criterios desarrollados para establecer el orden de los cauces para cuantificar la magnitud de la red de drenaje en la escorrentía directa. El criterio empleado en esta investigación se basa en el modelo de Strahler que consiste en asignarle un número a cada uno de los cauces tributarios (afluentes) en forma creciente, desde el inicio de la línea divisora de aguas hasta llegar al cauce principal de manera que el número final señale el orden de la red de drenaje en la cuenca, ver figura N°6 (Córdova, M. 2015).



**Figura N°6: Ramificación de un cauce principal según el modelo de Strahler**  
(Fuente: Córdova, M. 2015)

**f. Densidad de drenaje**

Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregulares y regulares de la cuenca y la superficie total de la misma. De otra manera, expresa la capacidad de desalojar un volumen de agua dado (López Cadenas de Llano, F. 1998).

Valores mínimos de esta relación están asociados a regiones con materiales de suelo poco erosionables, baja cubierta de vegetación y pendientes planas. Mientras que, valores altos refieren a que las precipitaciones intervienen rápidamente sobre las descargas de los ríos. Generalmente, estas regiones tienen suelos impermeables y pendientes fuertes (Córdova, M. 2015).

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Dd = \frac{Li}{A} \quad (3)$$

$Dd =$  Densidad de drenaje

$Li =$  Largo total de los cursos de agua en km

$A =$  Superficie de la cuenca en  $km^2$

Valores referenciales, se muestran a continuación (ver tabla 3):

**Tabla 3: Rangos aproximados de la densidad de drenaje**

Densidad de drenaje (valores aproximados)	Clases
0.1 a 1.8	Baja
1.9 a 3.6	Moderada
3.7 a 5.6	Alta

Fuente: IBAL, 2009

#### **g. Frecuencia de ríos**

Este parámetro relaciona la sumatoria total del orden de todos los cauces; es decir el número total de todos los ríos de la cuenca, con la superficie total. Muestra el valor del número de ríos por  $Km^2$  (Córdova, M. 2015).

#### **h. Elevación de los terrenos**

El análisis de las variaciones de la elevación de los terrenos con respecto al nivel del mar es una característica que influye en el resultado de la pendiente de una cuenca. El parámetro más representativo es el siguiente (Córdova, M. 2015):

- **Altitud media de la cuenca**

Este valor permite representar aspectos climáticos y naturales que están interrelacionados en la cuenca, a través de un patrón climático de la zona (ANA, 2010).

Su fórmula es la siguiente:

$$Hmed = \frac{\sum (hi \cdot Si)}{A} \quad (4)$$

$Hmed =$  Altitud media de la cuenca en msnm

$Hi =$  Altitud media de cada tramo de área contenido entre las curvas de nivel

$Si =$  Área contenida entre las curvas de nivel

$A =$  Área total de la cuenca en  $km^2$

- **Curva Hipsométrica**

La curva hipsométrica es representada a través de una curva característica muy importante de una cuenca en estudio. Esta curva representa en el eje de las ordenadas, las elevaciones en metros sobre el nivel del mar y en el eje de las abscisas, el porcentaje del área de la cuenca que queda por encima de la elevación indicada. Caracteriza de algún modo el relieve (Córdova, M. 2015).

- **Polígono de frecuencia de Altitudes**

Es el complemento de la curva hipsométrica, puesto que es la representación gráfica de la distribución de áreas ocupadas por las diferentes altitudes (Ortiz, S. 1995).

- i. Rectángulo equivalente**

Es la transformación geométrica de la cuenca en un rectángulo ideal que tiene la misma área y perímetro. En este rectángulo, las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor, siendo estas la primera y la última curva de nivel, respectivamente (Córdova, M. 2015).

Los lados del rectángulo equivalente presentan las siguientes relaciones:

$$L = \frac{P}{4} + \sqrt{\frac{P^2}{16} - A} \quad (5)$$

$$l = \frac{P}{4} - \sqrt{\frac{P^2}{16} - A} \quad (6)$$

*L, l= lado mayor y menor del rectangulo en km, respectivamente*

*P= Perímetro de la cuenca en km*

*A= Área de la cuenca en km<sup>2</sup>*

- j. Declividad de los cauces**

Una mayor declividad de los cauces, genera como consecuencia, una mayor rapidez del escurrimiento de agua en los mismos cauces. El parámetro más representativo es el siguiente (Córdova, M. 2015):

- **Pendiente media del cauce principal**

La influencia de la configuración topográfica en el proceso de erosión de una cuenca y en la formación de descargas altas, se presenta de acuerdo a los mayores o menores grados de pendiente (López Cadenas de Llano, F. 1998).

Existen varios criterios para definir este parámetro. A continuación, se muestra uno:

$$Ic = \frac{HM - Hm}{10.L} \quad (7)$$

*Ic* = Pendiente media del cauce en %

*HM* y *Hm* = Altitud máxima y mínima del cauce en msnm

*L* = Longitud del cauce en km

Valores referentes, se muestran a continuación (ver tabla 4).

**Tabla 4: Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal**

<b>Pendiente media del cauce principal (%)</b>	<b>Clases</b>
1 a 5	Suave
6 a 11	Moderado
12 a 17	Fuerte

Fuente: IBAL, 2009

**k. Declividad de los terrenos**

- **Pendiente media de la cuenca**

Este índice representa un valor medio de todas las pendientes que conforman las diversas zonas topográficas de la cuenca. Condiciona, en buena parte, la velocidad con que se da el escurrimiento directo. Existen diversos criterios para el cálculo de la pendiente media. En la siguiente tabla se muestra la topografía adoptada por una cuenca según rangos aproximados de su pendiente media, ver tabla 5 (Córdova, M. 2015).

**Tabla 5: Rangos aproximados de la pendiente media de la cuenca**

<b>Pendiente media (%)</b>	<b>Terrenos</b>
0 a 2	Llano
2 a 5	Suave
5 a 10	Accidentado medio
10 a 15	Accidentado
15 a 25	Fuertemente accidentado
25 a 50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Fuente: Pérez, 1979

### **l. Coeficiente de Masividad**

Es la relación entre la altitud media de la cuenca, que se calcula por medio de la curva hipsométrica, y el área de la misma. Su resultado es alto para cuencas de cumbres altas y bajo en cuencas donde predominan terrenos planos que presentan áreas similares. Su relación es la siguiente (Córdova, M. 2015):

$$C_m = \frac{H_{med}}{A} \quad (8)$$

*C<sub>m</sub>* = Coeficiente de masividad

*H<sub>med</sub>* = Altitud media de la cuenca en msnm

*A* = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

### **m. Coeficiente Orográfico**

Se considera aquí, por razones obvias, que el coeficiente orográfico constituye el parámetro adimensional más importante que controla el potencial o poder degradante de los sistemas hidrológicos y todo lo relacionado con la dinámica de los flujos superficiales gravitacionales inmersos en la transferencia de materia y energía. Visto de este modo, el coeficiente orográfico no sólo resulta útil en la evaluación de pérdida de suelo, sino también en la evaluación de potenciales hidroenergéticos disponibles en los sistemas hidrológicos (Ortiz, S. 2016).

El coeficiente orográfico es el resultado de relacionar el cuadrado de la altitud media y la proyección del área de la cuenca sobre un plano horizontal, expresada mediante la ecuación (9).

$$C_o = \frac{Hmed^2}{A} \quad (9)$$

$C_m$  = Coeficiente de masividad

$Hmed$  = Altitud media de la cuenca en msnm

$A$  = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

#### n. Tiempo de concentración

Llamado también tiempo de equilibrio o tiempo de viaje, es el tiempo que toma la partícula hidráulicamente más lejana en viajar hasta el punto de efluencia. Se supone que ocurre una lluvia uniforme sobre toda la cuenca durante un tiempo de, por lo menos, igual al tiempo de concentración (ORTIZ, S. 1995).

$$T_c = C \left( \frac{L * L_c}{S^{1/2}} \right)^{0.38} \quad (10)$$

$T_c$  = Tiempo de concentración, en horas.

$L$  = Longitud de maximo recorrido, km.

$L_c$  = Longitud al centroide, km.

$S$  = Pendiente del maximo recorrido (adim.).

$C$  = Coeficiente que depende de la pendiente de la cuenca

### EL CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico es la sucesión de cambios que sufre el agua en la hidrosfera, y que obedece a leyes físicas. El ciclo hidrológico no tiene principio ni fin, es un proceso continuo y es el aspecto más importante de la hidrología (Vásquez, A. et al. 2016).

El ciclo hidrológico es conocido también como el ciclo del agua y es el proceso que describe los sucesivos y diferentes cambios de estado del agua: líquido a vapor, de vapor a líquido, de movimiento y el cambio de estados del agua (líquido, vapor o sólido) en la tierra, ya sea del líquido a sólido, de sólido (hielo) a líquido o de hielo a vapor (sublimación). El ciclo del agua en nuestro planeta viene ocurriendo por millones de años y las diferentes formas de vida dependen de él (Vásquez, A. et al. 2016).

Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y re evaporación (Ordoñez, J. 2011).

El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento), (Ordoñez, J. 2011).

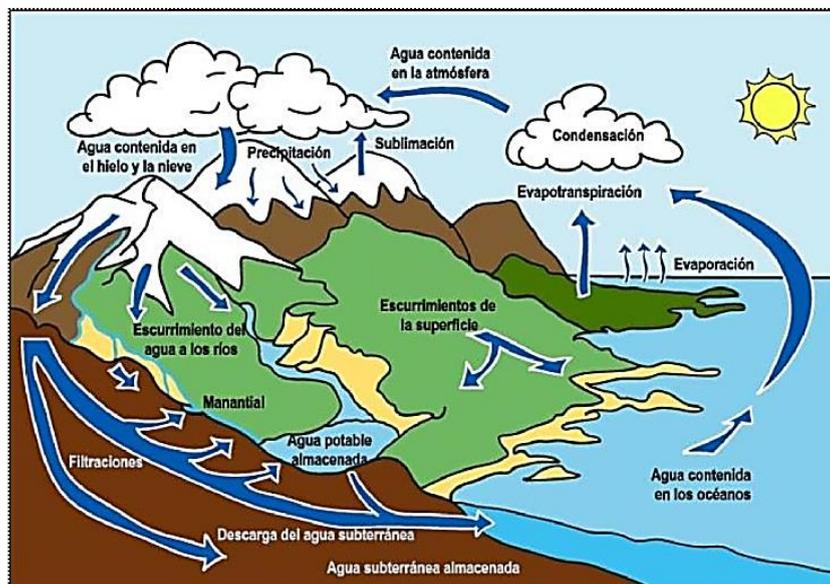


Figura N° 7: Fases del ciclo del agua o ciclo hidrológico  
(Fuente: Vásquez, A. et al. 2016)

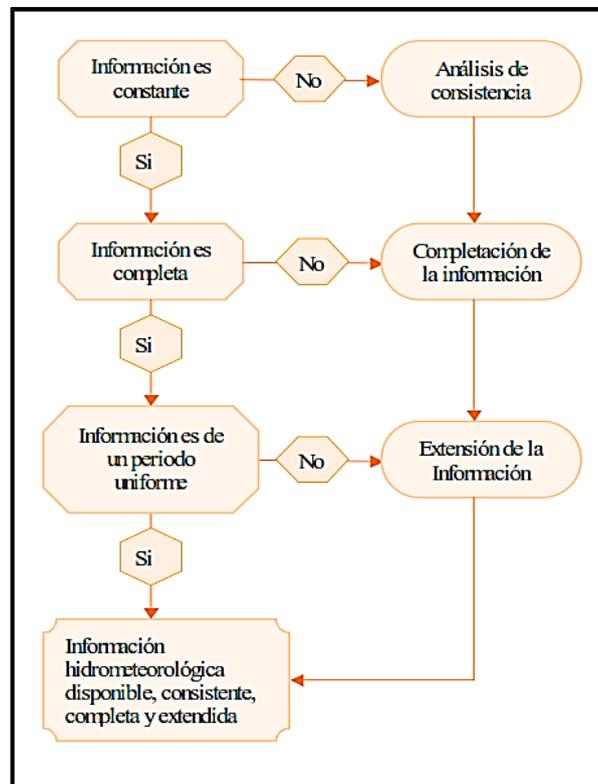
## 2.2. TRATAMIENTO DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Una de las áreas más descuidadas en el análisis de series hidrológicas es el tratamiento de los datos históricos registrados por medición directa, por lectura o por conteo. Aquí, tratamiento significa el ajuste de los datos históricos a una condición homogénea, incluyendo la corrección de los posibles errores sistemáticos, la completación, extensión de los mismos y la reducción de los datos a condiciones naturales.

La mayoría de las cuencas y las condiciones desarrolladas están en un constante estado de transición; por esta razón. Los datos históricos pueden ser validos sólo para una condición desarrollada e inválidos para otra; por ello, la confianza de la hidrología como una disciplina científica está realmente basada sobre la disponibilidad de suficientes datos (en cantidad y calidad) para verificar las teorías alrededor del fenómeno natural.

El procedimiento seguido para el tratamiento de datos hidrometeorológicos se presenta esquemáticamente en la figura N° 8 que, dentro del contexto general de un estudio se denomina fase preliminar y consiste básicamente de tres actividades principales: (1) Análisis de consistencia de la información, (2) completación de los datos faltantes y (3) extensión de los registros.

Con la obtención de la información consistente, completa y extendida termina la fase preliminar, pudiendo a partir de este momento determinar los parámetros deseados de dichos datos desarrollando la fase aplicativa que, para la presente tesis vendría a ser la aplicación del modelo “Precipitación - Descarga” del experto Lutz Scholz (Aliaga, S. 1983).



**Figura N° 8: Diagrama de flujo para el tratamiento de datos hidrometeorológicos**  
(Fuente: Tarazona, N. 2005)

### 2.3. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN

La no homogeneidad e inconsistencia en secuencias hidrológicas representan uno de los aspectos más importantes del estudio en la hidrología contemporánea, particularmente relacionada a la conservación, desarrollo y control de recursos hidráulicos, ya que, cuando no se identifica, elimina y no hay homogeneidad en la muestra histórica, un error significativo puede introducirse en todos los análisis futuros que haga obteniendo resultados altamente sesgados (Huamán, J. 2016).

El análisis de la información hidrometeorológica se realiza en las componentes determinísticas transitorias de la serie, que son los saltos y las tendencias. En cada uno de los cuales se analiza la consecuencia en los dos primeros parámetros estadísticos: media y desviación estándar (Huamán, J. 2016).

Uno de los dos elementos más importantes a tener en cuenta en el análisis de consistencia en relación a los datos existentes en el país es la longitud del registro (N) y el nivel de informalidad que por limitaciones de recursos económicos tiene el proceso de recolección y manipuleo de la información fuente. De allí que es preferible partir de la duda y no de la aceptación directa o fácil (Huamán, J. 2016).

### 2.4. PRECIPITACIÓN

Es la caída del agua en estado líquido (lluvia) o sólido (nieve y granizo) hacia la superficie terrestre, además es una parte importante del ciclo hidrológico y es responsable por depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) se forman, que caen a la tierra por gravedad. Es posible inseminar nubes para inducir la precipitación rociando un polvo fino o un químico apropiado (como el nitrato de plata) dentro de la nube, generando las gotas de agua e incrementando la probabilidad de precipitación (Gámez, W. 2010).

#### **Análisis de los datos de precipitación**

La información pluviométrica o pluviográfica antes de ser estudiada en su comportamiento debe ser revisada y analizada en tres aspectos importante: si los datos de la estación es **completa**, si es **consistente** y si es de **extensión suficiente** (Cahuana, A. y Yugar, W. 2009).

## ▪ Estimación de datos faltantes

### Método de la Regresión Normalizada

Si la precipitación media anual (o mensual) de cualquiera de las estaciones auxiliares difiere en más de un 10% de la medida en la estación incompleta, el dato faltante será determinado por el método de la regresión normalizada (Cahuana, A. y Yugar, W. 2009).

El dato faltante anual o mensual  $P_x$  será igual a:

$$P_x = \frac{1}{n} \left[ \frac{N_x}{N_1} P_1 + \frac{N_x}{N_2} P_2 + \dots + \frac{N_x}{N_n} P_n \right] \quad (11)$$

Dónde:

- $n$  = Número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos cercanas a la estación "x", la cual va a ser completada en su registro.
- $N_x$  = Precipitación media anual o mensual en la estación incompleta, (mm).
- $N_1, N_2, \dots, N_n$  = Precipitación media anual (o mensual) en las estaciones auxiliares 1, 2 y n, (mm).
- $P_1, P_2, \dots, P_n$  = Precipitación media anual (o mensual) observada en las estaciones 1, 2 y n para la misma fecha que la faltante, (mm).

Cuando el método es aplicado para estimar datos mensuales los valores de  $N_1, N_2$  y  $N_n$  corresponden al mes que se estima.

## ▪ Análisis de homogeneidad y consistencia

La no homogeneidad e inconsistencia de las series hidrológicas constituye uno de los aspectos más importantes de la hidrología, pues un error significativo introducido en el análisis podría afectar o falsear los resultados (Ortiz, S. 1995).

La inconsistencia se debe a errores sistemáticos y se presentan en forma de saltos y tendencias; tanto en la media como en la varianza. La no homogeneidad se refiere a los cambios de los datos vírgenes con el tiempo (Ortiz, S. 1995).

### Análisis de saltos

Se llama salto a la forma determinística transitoria, que permiten a una serie temporal pasar de un estado a otro, como respuesta a ciertos cambios propiciados por el hombre, debido al continuo desarrollo y explotación de los recursos hidráulicos en la cuenca o a cambios violentos ocurridos en la naturaleza (Ortiz, S. 1995).

#### **Identificación de saltos:**

- **Análisis gráfico:** Consiste en un análisis visual de la información original, para lo cual se gráfica, a escala aritmética, el valor de la variable (precipitación, descarga, temperatura, evapotranspiración, etc.) en el eje de las ordenadas versus el tiempo (anual, mensual, semanal o diario) en el eje de las abscisas. De la observación de estos gráficos se puede deducir, a primera instancia, si la información es aceptable o dudosa (Ortiz, S. 1995).
- **Análisis de doble masa:** Se realiza para la determinación de la consistencia de la información, más no para eliminar errores, en vista de que la línea de doble masa no constituye una línea de regresión (Ortiz, S. 1995).

#### **Evaluación y cuantificación de saltos:**

- **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 significancia o preestablecido (Ortiz, S. 1995).
- **Consistencia en la varianza:** La homogeneidad de las variancias se verifica mediante la prueba F de Fisher (Ortiz, S. 1995).

### Análisis de tendencias

Se llama tendencia a la componente determinística que provoca un cambio continuo en un registro histórico correspondiente a una serie hidrometeorológica. Por ejemplo, cambio ascendente o descendente continuo en la temperatura, precipitación, evaporación o escorrentía (Ortiz, S. 1995).

## Estimación de la precipitación media de una zona

- **El método de las curvas isoyetas**

Este método consiste en trazar curvas de igual precipitación (isoyetas) para un período determinado en el área de estudio. Una vez trazadas las isoyetas se calculan las áreas entre líneas limítrofes, y cada una de ellas se multiplica por el promedio de precipitación del área correspondiente (Gámez, W. 2010).

Se aplica la siguiente fórmula:

$$P_m = \frac{\sum(a_i * I_i)}{\sum a_i} \quad (12)$$

*Dónde:*

-  $a_i$  = *iésima área del polígono.*

-  $I_i$  = *Precipitación media entre dos isoyetas consecutivas, que encierran al  $a_i$ .*

### 2.5. ESCORRENTIA SUPERFICIAL

Se define como el agua proveniente de la precipitación, que circula sobre o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (estación de aforo). Si se analiza un corte esquemático de la superficie terrestre, se tiene que la precipitación cuando llega a la superficie, se conoce que se comporta de la siguiente manera: Una parte se infiltra, otra parte tiende a escurrir sobre la superficie terrestre, y una pequeña proporción se pierde (Villón, M. 2002).

El vapor de agua atmosférica, al alcanzar bajas temperaturas, se condensa en las nubes y precipita sobre las cuencas continentales. Una parte del agua precipitada escurre sobre el suelo (escorrentía directa) y fluye hacia la red hidrográfica, la que conduce finalmente al mar en un tiempo de viaje relativamente corto. Otra parte de la precipitación se infiltra pasando a formar la humedad del suelo bajo la forma de agua capilar (capacidad de retención) y otra fluye gravitacionalmente percolándose a través de los horizontes del suelo (agua gravitacional), pudiendo llegar hasta el acuífero en forma de agua de recarga e incrementar las aguas subterráneas (Ortiz, S. 1995)

## 2.6. MODELO DETERMINÍSTICO ESTOCÁSTICO DE LUTZ SCHOLZ

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), (Scholz, L. 1980).

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo (Scholz, L. 1980).

Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier finalidad (abastecimiento de agua, hidroelectricidad, etc.). Los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos (Scholz, L. 1980).

Los parámetros que se fundamenta el modelo de Lutz Scholz son:

### - Balance Hídrico

La ecuación fundamental del balance hídrico mensual, expresada en mm/mes se puede describir en la forma siguiente:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (13)$$

*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)

Para la aplicación de la ecuación anterior, se parte de las siguientes consideraciones:

- Durante el año hidrológico la retención se mantiene constante pues el agua almacenada en el periodo húmedo es soltada en el periodo de estiaje, por lo tanto, el gasto y el abastecimiento son iguales ( $G_i = A_i$ ).

- Una parte de la precipitación se pierde por evaporación, por lo que la expresión  $(P-D)$  puede sustituirse por  $C*P$ , donde “C” es el coeficiente de escorrentía que puede ser medido o estimado y “P” precipitación total.

Además teniendo en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a  $m^3/seg$ ), la ecuación (13) se convierte en:

$$Q = c' * C * P * A \quad (14)$$

*Dónde:*

$$Q = \text{Descarga} \quad (m^3/seg)$$

$c'$  = Coeficiente para la conversión del tiempo

$$C = \text{Coeficiente de escurrimiento} \quad (mm/mes)$$

$$P = \text{Precipitación total mensual} \quad (mm/mes)$$

$$A = \text{Área de la cuenca} \quad (m^2)$$

La ecuación (14) es la ecuación básica del método racional.

#### - Coeficiente de escurrimiento ( C )

Aplicando la fórmula de Turc a las observaciones en las 19 cuencas de las cuales se dispone de registros hidrometeorológicos, se constata que mediante la fórmula (15) se puede calcular el déficit de escurrimiento solamente en el norte del país, en la región de Cajamarca, con una precisión satisfactoria (Scholz, L. 1980).

$$D = \frac{P}{(0.9 + (P/L)^2)^{0.5}} \quad (15)$$

$$L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3 \quad (16)$$

$$T = 197 - 23.1 * \ln (H) \quad (17)$$

*Dónde:*

$L$  : Coeficiente de temperatura.

$T$  : Temperatura media anual. ( $^{\circ}C$ ).

$H$  : Altitud media de la cuenca.

Un método para el cálculo del coeficiente “C” ha sido presentado por L. Turc:

$$C = \frac{P-D}{P} \quad (18)$$

*Dónde:*

$C$  = *Coeficiente de escurrimiento*

$P$  = *Precipitación total anual (mm/año)*

$D$  = *Déficit de escurrimiento (mm/año)*

#### **- Precipitación efectiva**

Para el cálculo de la precipitación efectiva (PE), se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calcula para el coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al coeficiente de escurrimiento (Scholz, L. 1980).

$$PE_i = C * PT_c \quad (19)$$

*Dónde:*

$PE_i$  = *Precipitación efectiva del mes “i” (mm/año)*

$PT_c$  = *Precipitación total generada (mm/año)*

$C$  = *Coeficiente de escurrimiento*

#### **- 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 (Scholz, L. 1980):

$$R_i = CM_i - PE_i \quad (20)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (21)$$

*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)*

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

Esta ecuación se realiza básicamente para la calibración de la retención de la cuenca. En cuencas de la sierra, la retención varía de: 43 a 188 (mm/año), resultados que se indican en el volumen del modelo, asimismo muestran una uniformidad del cambio de los valores G y A durante el año para las cuencas pertenecientes a la misma región (Scholz, L. 1980).

$$R = \frac{C_a * AR * LA + AL * LL + AN * LN}{AR} \quad (22)$$

Donde:

*R* : Retención de la cuenca (mm/año)

*C<sub>a</sub>* : Coeficiente (15% - 30%)

*AR* : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

*LA* : Almacenamiento de acuíferos (mm/año)

*AL* : Área de las lagunas (Km<sup>2</sup>)

*LL* : Almacenamiento de lagunas y pantanos (mm/año)

*AN* : Área de los nevados (Km<sup>2</sup>)

*LN* : Almacenamiento de nevados (mm/año)

#### - 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 (Scholz, L. 1980):

$$Q_t = Q_0 * e^{-\alpha(t)} \quad (23)$$

$$b_0 = e^{-\alpha(t)} \quad (24)$$

Dónde:

*Q<sub>t</sub>* = Descarga en el tiempo *t*

*Q<sub>0</sub>* = Descarga inicial

*α* = Coeficiente de agotamiento

*t* = Tiempo (número de días del mes)

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. En base a los hidrogramas se ha determinado que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa continuando de forma progresiva pero menos pronunciada, hasta el final de dicha estación (Scholz, L. 1980).

**- Coeficiente de agotamiento (a)**

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

- **Cuencas con agotamiento muy rápido.** Debido a temperaturas elevadas ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) y retención que va de reducida (50 mm/año) a mediana (80 mm/año):

$$a = -0.00252 * LN (AR) + 0.034 \quad (25)$$

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

$$a = -0.00252 * LN (AR) + 0.030 \quad (26)$$

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

$$a = -0.00252 * LN (AR) + 0.026 \quad (27)$$

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

$$a = -0.00252 * LN (AR) + 0.023 \quad (28)$$

*Dónde:*

*a = coeficiente de agotamiento por día*

*AR = área de la cuenca (km<sup>2</sup>)*

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

## - Almacenamiento hídrico

Se propone tres fuentes principales para el almacenamiento hídrico que inciden en la retención de la cuenca: acuíferos, lagunas-pantanos y nevados; para los cuales propone diferentes aportes específicos en función del área de la cuenca (Scholz, L. 1980).

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

- **Acuíferos:**

$$LA = -750 * I + 350 \quad (29)$$

*Donde:*

*LA : Almacenamiento de acuíferos (mm/año)*

*LA : (200-300 mm/año)*

*I : Pendiente del cauce principal (I ≤ 15%)*

- **Lagunas y pantanos:**

$$LL = 500(\text{mm/ año}) \quad (30)$$

*Donde:*

*LL : Almacenamiento de lagunas y pantanos (mm/año)*

- **Nevados:**

$$LN = 500(\text{mm/ año}) \quad (31)$$

*Donde:*

*LN : Almacenamiento de nevados (mm/año)*

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías. El almacenamiento a corto plazo, intercepción, no se toma en consideración estacionaria de valores mensuales, sino que ya está incluido en la precipitación efectiva (Scholz, L. 1980).

## - Gasto de la retención "Gi"

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

La contribución mensual de la retención durante la estación seca se puede determinar por la siguiente expresión (Scholz, L. 1980):

$$G_i = \frac{b_0}{b_m} R \quad (32)$$

*Dónde:*

$b_i$  : Es la relación entre el caudal del mes actual y anterior

$b_m$  : Suma de factores mensuales durante la estación de estiaje  $(\sum b_{0i})$

$b_{0i}$  : Relación entre el caudal del mes "i" y el caudal inicial  $\left(\frac{Q_i}{Q_0}\right)$

$G_i$  : Es el gasto mensual de la retención (mm/mes), y

$R$  : Retención de la cuenca (mm/mes).

Todo el cálculo se realiza para los meses de estiaje, que va desde mayo hasta setiembre.

#### - Abastecimiento de la retención "Ai"

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

Comparando cuencas vecinas respecto a la lámina de agua que entra en la retención de la cuenca, se puede demostrar que el abastecimiento durante la estación lluviosa es casi uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. En las regiones situadas más al norte se muestra la influencia del clima ecuatorial de transición, allí el abastecimiento empieza en el mes de octubre con 10% hasta 20%.

La contribución de los meses de noviembre y diciembre es solamente pequeña y la restitución de los almacenes hídricos tiene lugar en enero hasta marzo. Los coeficientes mensuales del almacenamiento total anual se muestran en la tabla 5 (Scholz, L. 1980).

**Tabla 6: Coeficientes de abastecimiento durante época de lluvias (%)**

Región	Meses del año (a <sub>i</sub> ) %						
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Cusco	0	5	35	40	20	0	100
Huancavelica	10	0	35	30	20	5	100
Junín	10	0	25	30	30	5	100
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35	100

Fuente: (Scholz, 1980)

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

$$A_i = a_i \left( \frac{R}{100} \right) \quad (33)$$

*Siendo:*

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

$a_i$  = coeficiente de abastecimiento (%)

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

#### - Determinación del caudal mensual para el año promedio

La lámina de agua que corresponde al caudal mensual para el año promedio se calcula según la ecuación básica siguiente del balance hídrico a partir de los componentes descritos anteriormente (Scholz, L. 1980).

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (34)$$

*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 de la retención del mes "i" (mm/mes)

## - Generación de caudales para periodos extendidos

Un método apropiado para la generación de caudales para periodos extendidos, consiste en una combinación de un proceso markoviano de primer orden (ecuación 35) con una variable de impulso, que vendría a ser la precipitación efectiva (ecuación 36) (Scholz, L. 1980).

Ecuación general del modelo markoviano:

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad (35)$$

La variable de impulso considerada la precipitación efectiva:

$$Q = g(PE_t) \quad (36)$$

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

$$Z = (S)\sqrt{(1 - r^2)} * z \quad (37)$$

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

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + (S)\sqrt{1 - r^2} * z \quad (38)$$

*Dónde:*

$Q_t$  : Caudal del mes "t".

$Q_{t-1}$  : Caudal del mes anterior.

$PE_t$  : Precipitación efectiva del mes "t".

$B_1$  : Factor constante o caudal básico.

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

$S$  : Desviación estándar de los residuos.

$r$  : Coeficiente de correlación múltiple.

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

El proceso de generación requiere de un valor inicial ( $Q_{t-1}$ ), 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.

La precipitación efectiva de cada mes se ha calculado según la ecuación 51, los valores de los coeficientes  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $S$ ,  $r$  se calculan al desarrollar la regresión múltiple con los datos de caudales mensuales para el año promedio.

Por motivos didácticos se presenta la metodología del análisis de regresión múltiple:

- **Regresión Múltiple**

Se calculan los parámetros  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $S$ ,  $r$  sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante el cálculo de regresión con “ $Q_t$ ” como valor dependiente y “ $Q_{t-1}$ ,  $PE_t$ ” como valores independientes (Scholz, L. 1980).

Ejemplo: sea “ $Q_t$ ” los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz para el mes “ $t$ ” del año promedio, y “ $PE_t$ ” la precipitación efectiva calculada para el mes “ $t$ ” del año promedio (Scholz, L. 1980).

Entonces las series para la regresión múltiple se elaboran como se muestra en la tabla adjunta:

**Tabla 7: Ejemplo de series para la regresión múltiple**

Mes	$Q_t$	$Q_{t-1}$	$PE_t$
Enero	$Q_1$	$Q_{12}$	$PE_1$
Febrero	$Q_2$	$Q_1$	$PE_2$
Marzo	$Q_3$	$Q_2$	$PE_3$
Abril	$Q_4$	$Q_3$	$PE_4$
Mayo	$Q_5$	$Q_4$	$PE_5$
Junio	$Q_6$	$Q_5$	$PE_6$
Julio	$Q_7$	$Q_6$	$PE_7$
Agosto	$Q_8$	$Q_7$	$PE_8$
Setiembre	$Q_9$	$Q_8$	$PE_9$
Octubre	$Q_{10}$	$Q_9$	$PE_{10}$
Noviembre	$Q_{11}$	$Q_{10}$	$PE_{11}$
Diciembre	$Q_{12}$	$Q_{11}$	$PE_{12}$

Las ecuaciones normales para estimar el cálculo de las variables  $B_1, B_2, B_3$ , son:

$$\sum Q_t = 12B_1 + B_2 \sum Q_{t-1} + B_3 \sum PE_t \quad (39)$$

$$\sum (Q_t * Q_{t-1}) = B_1 \sum Q_{t-1} + B_2 \sum (Q_{t-1})^2 + B_3 \sum (Q_{t-1} * PE_t) \quad (40)$$

$$\sum (Q_t * PE_t) = B_1 \sum PE_t + B_2 \sum (Q_{t-1} * PE_t) + B_3 \sum (PE_t)^2 \quad (41)$$

Luego, el caudal estimado se define como: “ $\hat{Q}_t$ ” y obtenidos los parámetros  $B_{1,2,3}$ , se obtiene:

$$\hat{Q}_t = B_1 + B_2 * Q_{t-1} + B_3 * PE_t \quad (42)$$

$$e = Q_t - \hat{Q}_t \quad (43)$$

Los 12 valores de  $\hat{Q}_t$  se obtienen con los pares de valores de la tabla 6 y también se calculan los 12 valores del error “e”

*Dónde:*

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

$Q_{t-1}$  : Caudales muestrales (experimentales) del mes anterior.

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

$e$  : Error entre los valores muestrales y estimados.

Cálculo de la desviación estándar de los residuos:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(e^2)}{n-p}} \quad (44)$$

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

$$r = \left[ 1 - \frac{S^2}{S_{Q_t}^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (45)$$

$$S_{Q_t}^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum(Q_t^2 - n * (\bar{Q}_t)^2) \right] \quad (46)$$

*Dónde:*

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

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

## - Restricciones del modelo

El modelo presenta ciertas restricciones de uso o aplicación tales como (Scholz, L. 1980):

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

## 2.7. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

La prueba de bondad de ajuste consiste en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales (Villón, M. 2016).

Las pruebas estadísticas, tienen por objeto, medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población, es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria, se distribuya según una cierta función de probabilidades (Villón, M. 2016).

### Prueba de Smirnov - Kolmogorov

La prueba de Smirnov Kolmogorov, consiste en comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo, es decir (Villón, M. 2016):

$$\Delta = \text{máx} |F(x) - P(x)| \quad (47)$$

*Donde:*

$\Delta$  : Estadístico de Smirnov – Kolmogorov.

$F(x)$  : Probabilidad de la distribución teórica.

$P(x)$  : Probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también frecuencia acumulada.

El estadístico  $\Delta$  tiene su función de distribución de probabilidades.

Si  $\Delta_0$  es un valor crítico para un nivel de significación  $\alpha$ , se tiene que:

$$\begin{aligned} \text{ó} \quad & P\left[\text{máx}|F(x) - P(x)| \geq \Delta_0\right] = \alpha \\ & P(\Delta \geq \Delta_0) = \alpha \end{aligned} \quad (48)$$

También:

$$P(\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha \quad (49)$$

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

1° Calcular la probabilidad empírica o experimental  $P(x)$  de los datos, para esto usar la fórmula de Weibull:

$$P(x) = \frac{M}{N+1} \quad (50)$$

*Donde:*

$P(x)$  : Probabilidad empírica o experimental

$M$  : Número de orden

$N$  : Número de datos

2° Calcular la probabilidad teórica

- Para el caso de utilizar el procedimiento de los modelos teóricos, usar la ecuación de la función acumulada  $F(x)$ , o tablas elaboradas para tal fin.
- Si se quiere aplicar el procedimiento gráfico, se utiliza un papel probabilístico especial donde  $F(x)$ , puede representarse como una línea recta, por lo cual, se puede trazar con solo 2 puntos, pero si se quiere chequear que es una recta, se puede plotear 3 puntos.

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

4° Seleccionar la máxima diferencia:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(X)| \quad (51)$$

5° Calcular el valor crítico del estadístico  $\Delta$ , es decir  $\Delta_0$ , para un  $\alpha=0.05$  y  $N$  igual al número de datos. Los valores de  $\Delta_0$ , se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8: Valores críticos de  $\Delta_0$  del estadístico Smirnov – Kolmogorov  $\Delta$ , para varios valores de N y niveles de significación  $\alpha$**

TAMAÑO MUESTRAL N	NIVEL DE SIGNIFICACION $\alpha$				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
N > 35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: (Villón, 2016)

6° Comparar el valor del estadístico  $\Delta$ , con el valor crítico  $\Delta_0$  de la tabla 8, con los siguientes criterios de decisión deducidos de la ecuación 48:

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

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

## 2.8. AFOROS

La medición de la velocidad en una corriente, la información geométrica de la sección donde se mide y el registro de los valores de nivel del agua, proporcionan la base para determinar el volumen que pasa por el cauce en la unidad de tiempo; a este proceso de cuantificación se le da el nombre de aforo y se puede aplicar tanto en ríos como en canales (BREÑA, A. y JACOBO, M. 2006).

### Método de flotadores

Una forma muy simple de estimar la velocidad en una corriente pequeña es colocar en la superficie objetos que floten. Primero se define la distancia que recorrerá el flotador; en el extremo aguas arriba se suelta, y se mide el tiempo transcurrido en alcanzar el extremo que corresponde a aguas abajo (BREÑA, A. y JACOBO, M. 2006).

Esto se repite las veces que sea necesario. Al ser una estimación de la velocidad en la superficie, se podrá afectar el valor de velocidad medido por un factor de 0.85 para aproximarlos a la velocidad media, es decir (BREÑA, A. y JACOBO, M. 2006):

$$\bar{V} = 0.85V_{medida} \quad (52)$$

*Donde:*

$\bar{V}$  : *Velocidad media (m/seg)*

$V_{medida}$  : *Velocidad medida (m/seg)*

## **DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

**Cuenca hidrográfica:** Es el área de terreno donde las aguas de escorrentía, producto de la precipitación, se distribuyen en una red natural de drenaje, confluyendo luego hacia un colector común o curso principal (Ortiz, S. 1995).

**Ciclo hidrológico:** Es conocido también como el ciclo del agua y es el proceso que describe los sucesivos y diferentes cambios de estado del agua: líquido a vapor, de vapor a líquido, de movimiento y el cambio de estados del agua (líquido, vapor o sólido) en la tierra, ya sea del líquido a sólido, de sólido (hielo) a líquido o de hielo a vapor (sublimación), (Vásquez, A. et al. 2016).

**Año hidrológico:** Período continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante de un año al siguiente, se reduce al mínimo. En el Perú, el año hidrológico empieza en septiembre y termina en agosto del año siguiente (Ordoñez, J. 2011).

**Precipitación:** Es la caída del agua en estado líquido (lluvia) o sólido (nieve y granizo) hacia la superficie terrestre, además es una parte importante del ciclo hidrológico y es responsable por depositar agua fresca en el planeta (Gámez, W. 2010).

**Escorrentía directa:** Es el agua (producto y durante la precipitación) que fluyendo sobre la superficie del suelo llega rápidamente a la red de drenaje natural de una cuenca hidrográfica, saliendo y abandonando el sistema a través del colector común o cauce principal hacia otro sistema de mayor categoría y finalmente llega al mar en cuencas sin regulación o al embalse de las unidades hidrológicas reguladas (Ortiz, S. 1995).

**Abastecimiento de la retención:** Es el volumen de agua que almacena la cuenca en los meses lluviosos bajo un determinado régimen de almacenamiento. Comparando cuencas vecinas respecto a la lámina de agua que entra en la retención de la cuenca, se puede demostrar que el abastecimiento durante la estación lluviosa es casi uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática (Scholz, L. 1980).

**Área de la cuenca:** Este factor, dependiendo de la ubicación de la cuenca, tiene importancia efectiva en la hidrología del sistema. Para cuantificar el área es necesario primero, delimitar la cuenca. La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza respecto a un punto de interés del cauce principal llamado punto emisor o de efluencia, donde resulta ser el punto más bajo de la cuenca (Ortiz, S. 1995).

**Modelo hidrológico determinístico:** Un modelo matemático del tipo determinístico es aquel que tiende a establecer relaciones cuantitativas de causa – efecto, utilizando una relación directa para obtener una respuesta debida a un requerimiento, sea por medio de una ecuación empírica o por medio de un operador desarrollado a partir de criterios e hipótesis experimentales (Terán, N. 2014).

**Modelo hidrológico estocástico:** Un modelo matemático del tipo estocástico se caracteriza porque, de una lado tienen un patrón medio de comportamiento a largo plazo, y por el otro el pronóstico de sus magnitudes en un momento dado tiene mayor o menor grado de incertidumbre. El patrón medio corresponde a lo que se denomina la tendencia general o componente determinística y la incertidumbre constituye la componente aleatoria del evento (Terán, N. 2014).

### **SIGLAS**

**SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

**ANA:** Autoridad Nacional del Agua

## CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La quebrada Huertas está ubicado en el norte del Perú, región Cajamarca, provincia de Contumazá, distrito de Chilete, forma parte de la vertiente del pacifico. Limita por el este con la cuenca de la quebrada Chantilla, por el oeste con la cuenca del río Contumazá, por el norte con la cuenca de la Quebrada Llaminchan.

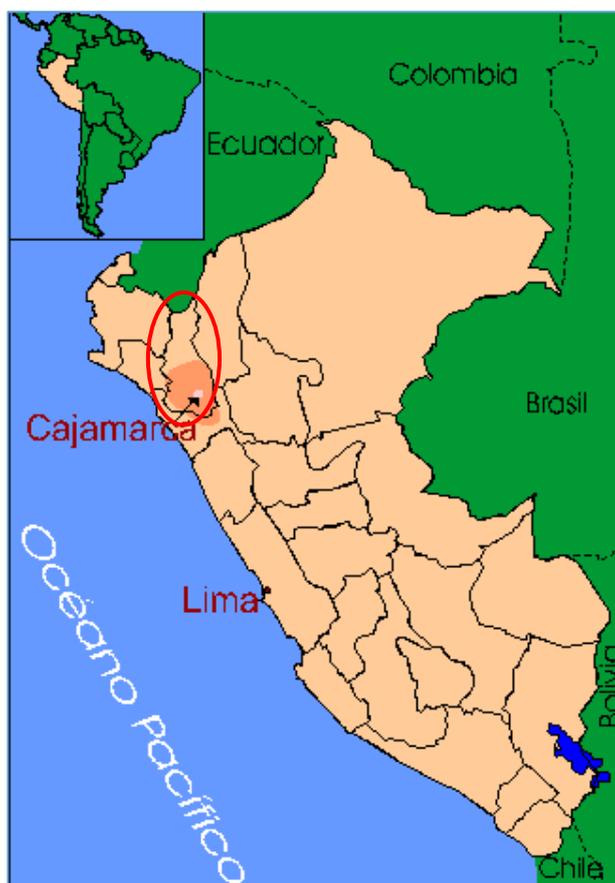
#### a. Demarcación política:

Políticamente la cuenca de la Quebrada Huertas se encuentra en:

Departamento : Cajamarca

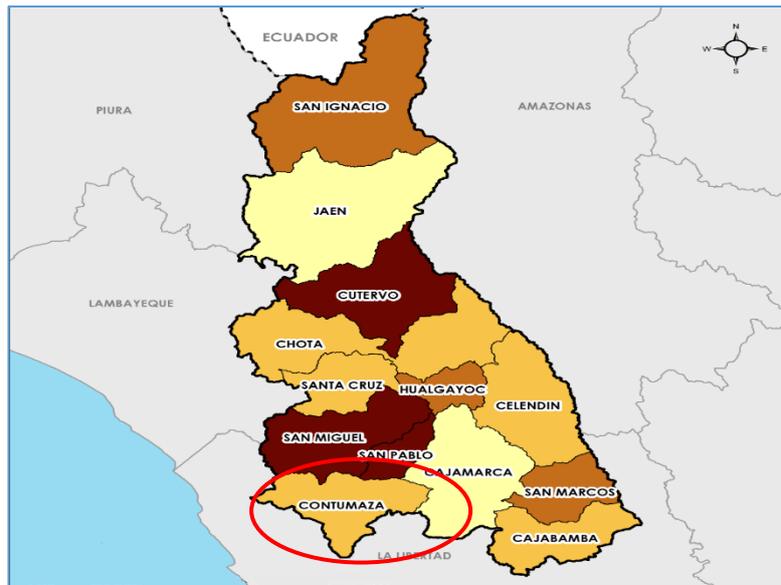
Provincia : Contumazá

Distrito : Chilete



**Figura N° 9: Ubicación departamental - cuenca quebrada Huertas**

(Fuente: <http://hugosiescajamarcaperu.blogspot.com/2012/08/ubicacion-de-cajamarca.html>)



**Figura N° 10: Ubicación provincial - cuenca quebrada Huertas**  
(Fuente: Censo 2007- INEI)



**Figura N° 11: Ubicación distrital – cuenca quebrada Huertas**  
(Fuente: <https://dt.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/documentos/EDZ/contumaza/doc/memoriadescruptiva.pdf>)

**b. Demarcación hidrográfica:**

El área de estudio comprende el ámbito de la cuenca de la quebrada Huertas, de manera que las cuencas hidrográficas limítrofes son las siguientes:

- Por el norte : Cuenca de la quebrada Llaminchan
- Por el sur : Cuenca del río Contumazá
- Por el este : Cuenca de la quebrada Chantilla
- Por el oeste : Cuenca del río Contumazá

### c. Referencia:



Figura N° 12: Ubicación referencial - cuenca de la quebrada Huertas

## 3.2 EQUIPOS Y MATERIALES

### Equipos:

- GPS
- Cámara fotográfica
- Cronometro
- Laptop Hp core i3
- Impresora multifuncional Epson L375

### Materiales:

- Software: Hidro Calc, Arc Gis 10.2.1, Microsoft Office 2010
- Información meteorológica
- Libros, papel bond A4 de 80 gr, libreta de campo, lapicero, wincha
- Modelos digitales, fotografías satelitales, cartas geográficas.

### **3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA HUERTAS**

Posee un clima semiárido - templado cálido, con temperatura media anual entre 17 °C y 12 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 250 y 450 milímetros. La cubierta vegetal está constituida por abundante vegetación herbácea, asociada con arbustos como la *Dodonea viscosa* “chamana” y árboles como el *Schinus molle* “molle” y cactáceas. La agricultura se desarrolla sólo en aquellos lugares donde hay disponibilidad de agua para regar.

La quebrada Huertas y los ríos Magdalena, Chanta, Catuden, Chetillano, Qda. Llaminchan son afluentes del río Chilite.

Dentro de la cuenca de la quebrada Huertas no existen estaciones climatológicas, ni estaciones hidrométricas que muestran el comportamiento de la precipitación y la escorrentía.



**Figura N° 13: Vista panorámica de la cuenca - Quebrada Huertas**

### **3.4 PROCEDIMIENTO**

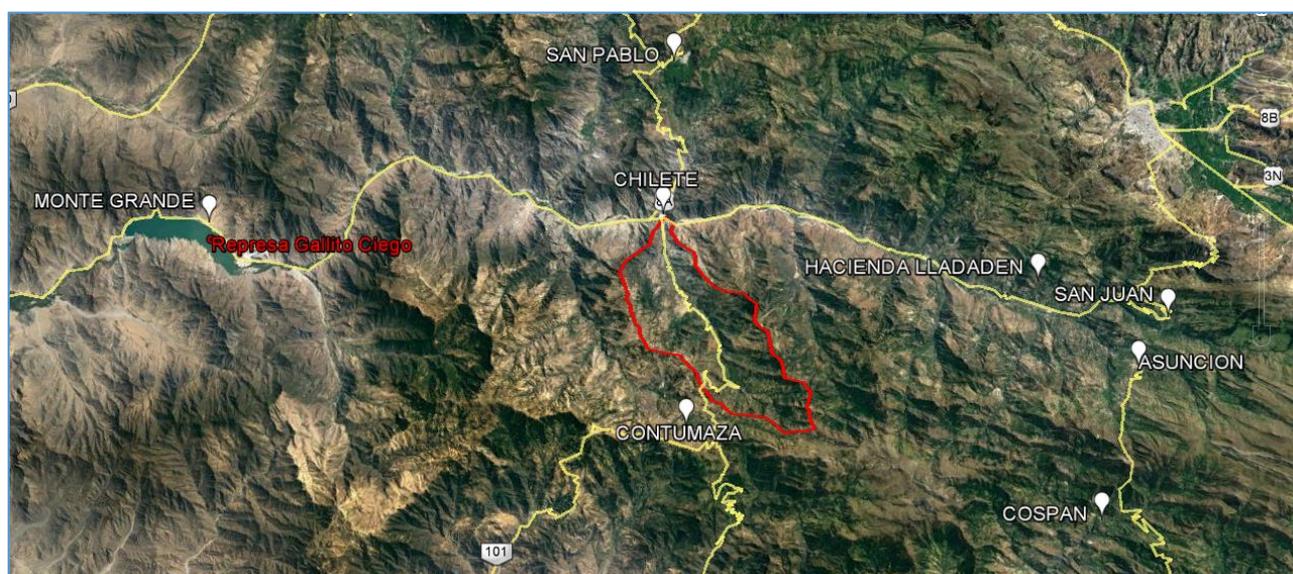
#### **a. Recopilación de la información**

Para realizar el estudio de la cuenca de la quebrada Huertas, en primer lugar se recopiló de la página web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), imágenes raster de elevación, además de información histórica de estaciones meteorológicas aledañas al ámbito de estudio, proporcionada por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) y ANA (Autoridad Nacional del Agua).

Las estaciones seleccionadas para la presente investigación se detallan a continuación:

**Tabla 9: Estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio de la cuenca de la Quebrada Huertas**

ESTACION	COORDENADAS		ALTITUD
	ESTE	NORTE	
CONTUMAZÁ	740341	9185285	2440
CHILETE	738731	9201395	805
MONTE GRANDE	703913	9200966	431
ASUNCIÓN	774268	9189442	2160
COSPÁN	771413	9178116	2300
SAN JUAN	776499	9193333	2185
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	2150
SAN PABLO	739582	9212669	2190



**Figura N° 14: Distribución espacial de las estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio de la cuenca de la quebrada Huertas**

### **b. Tratamiento cartográfico**

El tratamiento de la información cartográfica es la siguiente:

- Descarga de imágenes raster de elevación, obtenido de la página web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).
- Delimitación y estimación de parámetros geomorfológicos de la cuenca de la quebrada Huertas (área, perímetro, número de orden) utilizando el software Arc Gis 10.2.1.
- Luego también hallamos otros parámetros geomorfológicos como longitud del máximo recorrido, coeficiente de compacidad, factor de forma, pendiente de la cuenca, entre otros, los cuales se muestran en la tabla 10, utilizando el software Hidro Calc, dicho software utiliza las ecuaciones descritas en el marco teórico.

### **c. Tratamiento de información meteorológica**

La información meteorológica recopilada de entidades e instituciones como SENAMHI, ANA fue analizada, procesada y resumida mediante parámetros estadísticos (media, desviación estándar) sintetizada, obteniendo datos confiables aptos para la aplicación del modelo propuesto por Lutz Scholz.

- Se recopiló información de 8 estaciones, de las cuales 2 se utilizaron como estaciones base (Contumazá y Chilete), ya que estas estaciones presentan información histórica de precipitaciones completa de 30 años (Anexos - tablas 25 y 26).
- La completación y extensión de datos de las 6 estaciones restantes (Monte Grande, Asunción, Cospán, San Juan, Hacienda Llagaden y San Pablo) se realizó mediante el método de regresión normalizada, logrando obtener información histórica para una data de 30 años, la cual se muestra en los anexos (Tablas 27, 28, 29, 30, 31 y 32).

### **Cálculos para la aplicación del modelo de Lutz Scholz**

El modelo estocástico determinístico Lutz Scholz requiere de estimación de variables previas, antes de desarrollar el modelo en sí y posteriormente determinar los caudales medios mensuales de la cuenca en estudio.

Luego de haber realizado la completación y extensión de la información meteorológica, además de realizar un análisis de consistencia, se procederá a estimar dichas variables previas, en el orden que a continuación se presenta:

#### **Precipitación media mensual de la cuenca**

Previo al cálculo de generación de caudales por los métodos propuestos como Lutz Scholz, se hizo el cálculo de la precipitación media mensual por el método de las curvas isoyetas, mediante la ecuación (12); para lo cual se ha usado datos de las estaciones: Contumazá, Chilete, Monte Grande, Asunción, Cospán, San Juan, Hacienda Llagade y San Pablo (Ver tabla 11).

La obtención de los mapas con las curvas isoyetas se realizó con el software Arc Gis 10.2.1, en donde se agrupó datos de precipitación en períodos de 3 años como se muestra en los anexos (tabla 33); como resultado se obtuvo 10 periodos.

De la data generada y con la ayuda del excel, se determina el promedio de precipitación para cada mes (de enero a diciembre) de la cuenca de la quebrada Huertas.

### **Coefficiente de escorrentía “C”**

Para determinar el coeficiente de escorrentía (C), se haya primero la temperatura media anual, reemplazando la altitud media de la cuenca en la ecuación 17, luego se calcula el coeficiente de temperatura “L” (ecuación 16), una vez hallado el “L” más la precipitación total anual determinamos el déficit de escurrimiento “D” (ecuación 15), este último resultado se aplica en el método de L. Turc (ecuación 18), hallando el coeficiente de escurrimiento.

### **Precipitación efectiva**

Para el cálculo de la precipitación efectiva, se supone que los caudales promedios observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención, por consiguiente implica sólo la fracción de la precipitación total que da origen a la suma de componentes de flujo base y escorrentía directa.

El registro de precipitación media mensual es afectado por el coeficiente de escorrentía, según la ecuación (19); obteniéndose de esta forma, el registro de precipitación efectiva para los 10 periodos y para todos los meses (de enero a diciembre) de la cuenca en estudio. (Ver anexos - tabla 43)

### **Retención de la cuenca “R”**

La retención de la cuenca (R) se produce en reservas hídricas naturales como los acuíferos, lagunas, pantanos y nevados. Se estimó utilizando los parámetros geomorfológicos (ver tabla N°10), los cuales se reemplazan en la ecuación 22.

La retención de la cuenca en estudio se asemeja a una cuenca con agotamiento muy rápido, por lo cual utilizamos la ecuación 25.

Luego se halla el gasto de la retención “G” de la cuenca, que viene a ser el aporte a la escorrentía directa, de las aguas subterráneas en los meses de estiaje. Su cálculo se realizó mediante la ecuación 32 (ver tabla 15).

### **Abastecimiento (A<sub>i</sub>) de la retención**

Es el volumen de agua que retiene la cuenca durante la época de lluvias, almacenando naturalmente en acuíferos, lagunas, pantanos y nevados, para luego alimentar a la escorrentía directa.

El abastecimiento de la retención durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. De la tabla 6, descrita en el anteriormente, obtenemos los coeficientes de abastecimiento que le corresponden a la región de Cajamarca (Ver tabla 16).

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 (PEi). Se calcula mediante la ecuación (33). (Ver tabla 17).

#### **d. Generación de caudales**

##### **Caudales mensuales para el año promedio**

La generación de caudales medios mensuales para el año promedio, se estimó mediante el balance hídrico, según la ecuación (34).

Los caudales generados están en unidades de (mm/mes) y se muestran en la tabla 18, para convertirlos a ( $m^3/s$ ), se multiplica por el área de la cuenca, dividido entre el número de días del mes, 24h, 60 min y 60 seg.

##### **Caudales mensuales para un periodo extendido**

El periodo extendido es generado por un proceso Markoviano de primer orden tomando como variable de impulso a la precipitación efectiva.

El protocolo establecido para la generación de caudales para un periodo extendido, se resume en las siguientes actividades:

Con los caudales generados para el año promedio se calcula los parámetros de regresión lineal múltiple mediante un cálculo de regresión con “Qt” como valor dependiente y “Qt-1 y P Et”, como valores independientes. Asimismo, se determinó:

- Los caudales estimados ( $\hat{Q}_t$ ), el error (e) y los coeficientes estadísticos de la correlación múltiple. (Ver tablas 20, 21, 22), además también se genero numeros aleatorios, para luego calcular (Qm) con unidades (mm/mes) (Ver tabla 23).
- Se calculó la precipitación efectiva a partir de la precipitación media para los 30 años, agrupados en 10 periodos de 3 años (Ver tabla 43 de los anexos)
- Se generó números aleatorios normalmente distribuidos para un mismo periodo que la precipitación efectiva, con distribución normal de media igual a “0” y desviación estándar igual a “1”. (Ver tabla 44 - anexos)

- Se calculó los caudales generados para el periodo extendido, con la ayuda de la ecuación (38) (Ver tablas 45, 46 y 47 - anexos)

### **Caudales aforados por el método de flotadores**

En la presente investigación se utilizó este método, ya que el tirante era pequeño, se realizaron las mediciones de aforos en un punto específico de la quebrada Huertas; entre el puente Chilete y la unión con el río Chilete, con coordenadas (738835.00 E; 9201227.00 N) – WGS 1984 -17S durante los meses de marzo, abril y mayo del año 2018.

La secuencia del aforo se detalla a continuación:

- Se escogió un tramo recto adecuado, A (punto inicial) y B (punto final), donde el agua fluya naturalmente, con pocos obstáculos. Medimos el ancho de la quebrada y la distancia que recorrerán los flotadores desde el punto A hasta B.
- Se utilizaron tres flotadores, lanzándolos cada uno de ellos en un mínimo de cinco veces antes de pasar por el punto A, con la finalidad de que cada flotador alcance una velocidad constante y se establezca su trayectoria.
- Es importante medir los tiempos con la mayor exactitud posible, se resalta que los días donde hubo vientos fuertes no se realizó el aforo, con la finalidad de que los flotadores no se desviaran en su trayectoria.
- Se dividió el ancho de la quebrada en doce partes iguales, midiendo las diferentes profundidades y así se obtuvo el promedio.

### **e. Oferta hídrica de la cuenca**

Los caudales medios mensuales generados por el modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz se ajustaron a una distribución normal, utilizando la prueba estadística de Smirnov - Kolmogorov, ésta prueba ha permitido disponer de elementos de juicio para aceptar o rechazar la función previamente seleccionada.

## CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO DE LA CUENCA EN ESTUDIO

#### Parámetros geomorfológicos de la cuenca de la quebrada Huertas

Los parámetros que se muestran en la tabla 10 se obtuvieron utilizando el software Arc Gis 10.2.1 e HidroCALC.

**Tabla 10. Parámetros geomorfológicos - cuenca de la Quebrada Huertas**

Área de la cuenca	100.24	Km <sup>2</sup>
Perímetro de la cuenca	49.78	km
Longitud del cauce principal	23.138	km
Coef. Gravelius o índice de compacidad	1.392	
Factor de forma	0.187	
Altitud Media de la cuenca	2221.85	msnm
Pendiente de la cuenca	0.459	
Pendiente del cauce principal	0.0862	
Ancho promedio	4.332	Km
Altitud más frecuente	2500 - 2550	
Coefficiente de masividad	0.022	
Coefficiente orográfico	0.049	
Relación de confluencias	1.669	
Relación de longitudes	0.828	
Densidad de drenaje	0.644	km/km <sup>2</sup>
Frecuencia de ríos	0.589	
Tiempo de concentración	114.7	min
Rectángulo equivalente	a: 5.054 m	b: 19.834 m

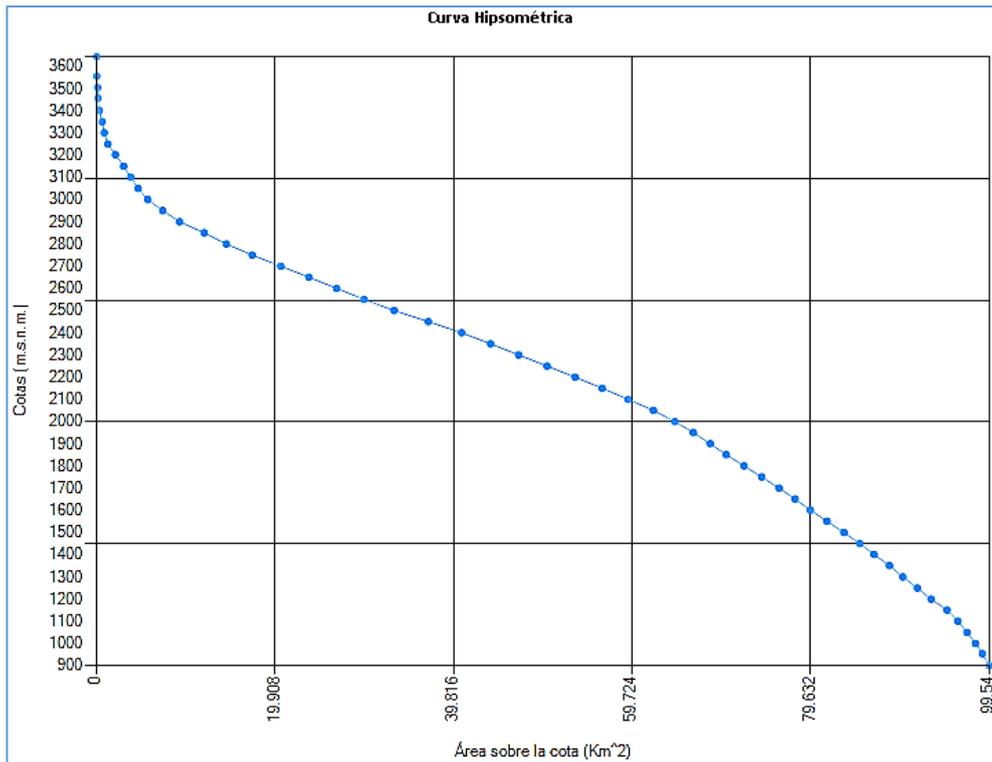


Figura N° 15: Curva hipsométrica - cuenca de la Quebrada Huertas

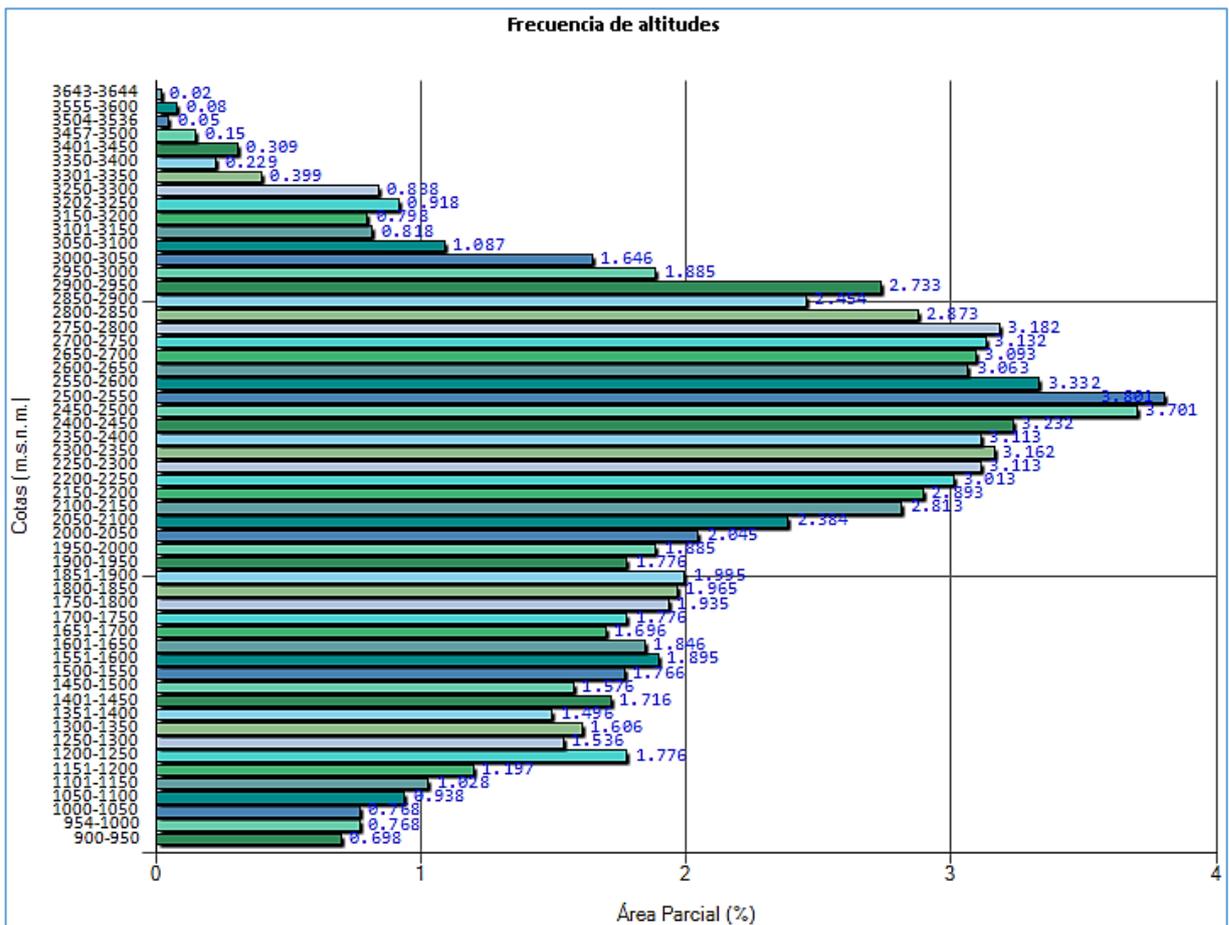
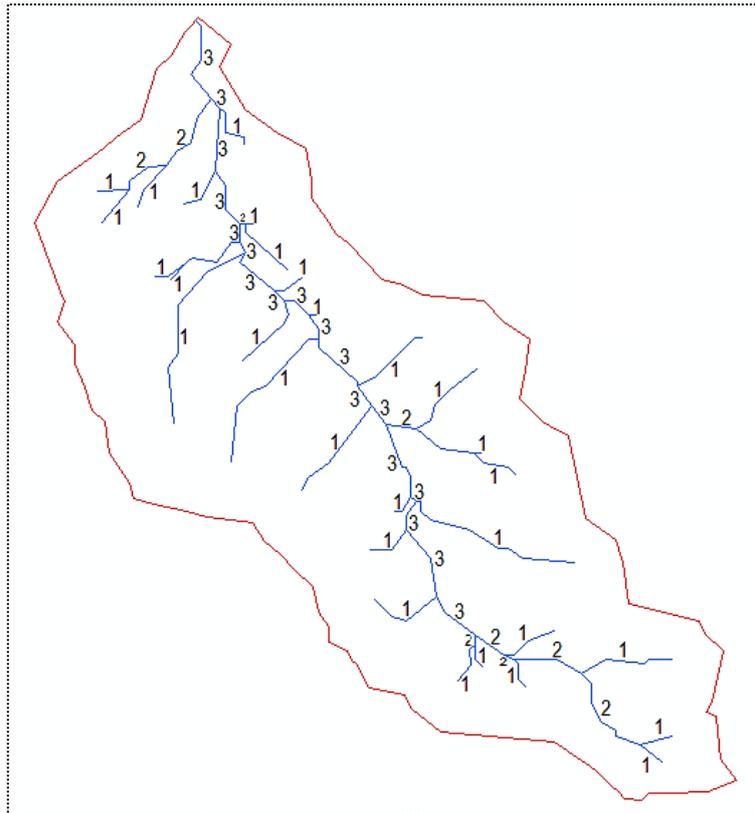


Figura N° 16: Frecuencia de altitudes - cuenca de la Quebrada Huertas



**Figura N° 17: Número de orden de la cuenca de la Quebrada Huertas**

Como se puede observar en la figura N° 17, la cuenca en estudio es de orden 3.

El conocer la geomorfología es un requisito importante para poder caracterizar la cuenca en estudio, determinando los parámetros más relevantes de la cuenca en estudio.

Analizando los parámetros geomorfológicos obtenidos, se define lo siguiente:

- ❖ La cuenca estudiada tiene un área de  $100.24 \text{ km}^2$  y un ancho promedio de  $4.332 \text{ km}$ , tratándose de una cuenca pequeña según Máximo Villón B.
- ❖ Desde el punto de vista de la salida del agua, se trata de una cuenca exorreica, ya que el punto de descarga esta en los límites de la cuenca.
- ❖ El coeficiente de Gravelius o índice de compacidad (el cual mide el grado de circularidad de la cuenca y tiene gran influencia en el tiempo de concentración) para la cuenca en estudio es  $1.392$ , por lo que según la tabla 1 tiene forma oval oblonga ( $1.25 < K_c \leq 1.50$ ), a medida que el valor se aproxima al límite superior del rango ( $1.50$ ), la peligrosidad de inundaciones frente a tormentas extraordinarias es menor que la forma oval redonda (Ortiz, S. 2016).
- ❖ Una cuenca con factor de forma pequeño estará sujeta a la ocurrencia de menores crecientes que otro similar tamaño pero de factor de forma mayor. Para el caso de la

cuenca en estudio el valor es 0.187, por lo tanto según la tabla 2 la forma de la cuenca es muy alargada, en consecuencia las crecientes tendrán menor coincidencia.

- ❖ El valor de la pendiente de la cuenca es 0.459, dos cuencas de similar área y características tiene menos tiempo de concentración a mayor pendiente y viceversa, produciéndose en el primer caso los mayores gastos de escurrimiento instantáneo. Siendo mayores también los problemas de erosión y transporte de sedimentos, sobre todo en terrenos desprotegidos de cobertura vegetal y suelos poco cohesivos (Ortiz, S. 2016).
- ❖ La longitud del cauce principal es 23.138 km y su pendiente 8.62 %, según el cuadro 4 es una pendiente de clase moderado. El orden de corriente es de 3, la densidad de drenaje es 0.644, estos indicadores categorizan a la cuenca con capacidad de drenaje regular, lo cual está relacionado con el tipo de suelo y la cobertura vegetal.
- ❖ El coeficiente orográfico, coeficiente que combina las dos variables esenciales del relieve: su altura, que influye sobre la energía potencial del agua, y el coeficiente de masividad (pendiente que ejerce una acción sobre la escorrentía directa por el efecto de las precipitaciones), para la cuenca en estudio el coeficiente de masividad tiene un valor de 0.022 y el coeficiente orográfico de 0.049, por lo que su potencial de erosión hídrica es baja (Ortiz, S. 2016).
- ❖ El tiempo de concentración, llamado también tiempo de equilibrio o tiempo de viaje, es el tiempo de toma la partícula hidráulicamente más lejana en viajar hasta el punto de efluencia (Ortiz, S. 2016), para la cuenca en estudio tiene un valor de 114.7 min.
- ❖ La relación de confluencias es el valor representativo de la cuenca y es un indicador de la potencialidad erosiva y de la rapidez de escurrimiento directo, a mayor valor, mayor capacidad de erosión y de escurrimiento directo, para la cuenca en estudio tiene un valor de 1.669.

## 4.2. MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES

### Precipitación media mensual de la cuenca en estudio

Los datos de precipitaciones medias mensuales se obtuvieron mediante el método de las isoyetas, además de la ayuda del software Arc Gis 10.2.1.

**Tabla 11. Precipitación media total mensual (mm) - cuenca de la quebrada Huertas (1987 - 2016)**

EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
155.13	231.25	316.63	150.91	33.66	8.87	4.10	2.53	17.60	42.50	48.68	85.27	1097.14

### Coefficiente de escorrentía "C"

Se determinó con la fórmula de L.Turc.

Determinación del coeficiente de escorrentía "C" - Método de "L. TURC"

$$T = 197 - 23.1 \ln(H) \rightarrow 18.99$$

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3 \rightarrow 1117.097$$

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \rightarrow 803.47$$

$$C = \frac{P - D}{P} \rightarrow 0.268$$

H = Altitud media cuenca = 2221.85 m.s.n.m  
 T = Temperatura media anual (°C)  
 L = Coeficiente temperatura  
 P = Precipitación total anual = 1097.14 mm/año  
 D = Déficit escurrimiento (Pérdida de agua que se va a la atmósfera)

### Precipitación efectiva

El término precipitación efectiva implica sólo la fracción de la precipitación total que da origen a la suma de componentes de flujo base y escorrentía directa.

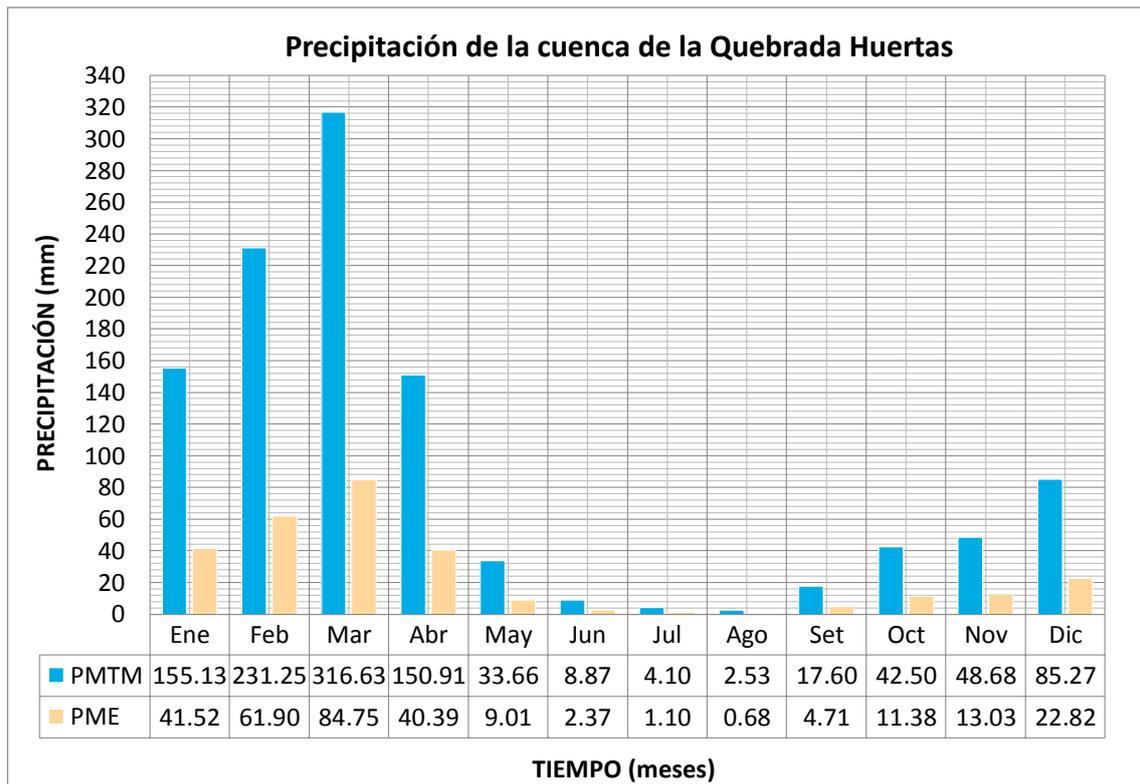
Se obtuvo al multiplicar el coeficiente de escorrentía con los datos de la precipitación media total mensual (Ver tabla 12).

**Tabla 12. Precipitación media efectiva mensual (mm) - cuenca de la Quebrada Huertas (1987 - 2016)**

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PME	41.52	61.90	84.75	40.39	9.01	2.37	1.10	0.68	4.71	11.38	13.03	22.82	293.67

El coeficiente de escorrentía media anual es:

$$C = \frac{293.67}{1097.14} = 0.268$$



**Figura N° 18: Precipitaciones medias mensuales - cuenca de la Quebrada Huertas**

### Gasto de la retención de la cuenca “R”

El cálculo de la retención “R” arrojó un resultado de 42.56 mm/año, este valor según la bibliografía revisada indica que la cuenca tiene un agotamiento muy rápido.

**Tabla 13. Parámetros para calcular la retención - cuenca de la quebrada Huertas**

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Coefficiente	Ca =	17%	(%)
Área de la cuenca	AR =	100.24	(Km <sup>2</sup> )
Almacenamiento de acuíferos	LA =	250.35	(mm/año)
Pendiente del cauce principal	I =	0.09	m/m
Área de la lagunas	AL =	0.00	(Km <sup>2</sup> )
Almacenamiento de lagunas y pantanos	LL =	500.00	(mm/año)
Área de los nevados	AN =	0.00	(Km <sup>2</sup> )
Almacenamiento de nevados	LN =	500.00	(mm/año)

Cálculo de la retención de la cuenca (quebrada Huertas):

$$R = \frac{(0.17)(100.24)(250.35)}{100.24} = 42.56 \frac{mm}{año}$$

### **Coefficiente de agotamiento**

Dado el valor de la retención “R”, el coeficiente de agotamiento se calcula con la ecuación 25.

$$\alpha = -0.00252 * LN (100.24) + 0.034$$

$$\alpha = 0.02238893 \text{ días}^{-1}$$

### **Relación de caudales del flujo base ( $b_0$ )**

Considerando el coeficiente de agotamiento y el número de días del mes, la relación de caudales ( $b_0$ ) se obtiene a partir de la ecuación 24 y se determina para los meses de estiaje (mayo - setiembre).

Para el mes de mayo:

$$b_0 = 2.7183^{-0.02238893(31)} = 0.49955$$

**Tabla 14. Valores de relación de caudales del flujo base (meses de estiaje)**

<b>Mes</b>	<b>n° días</b>	<b><math>b_0</math></b>
Mayo	31	0.49955
Junio	30	0.25520
Julio	31	0.12748
Agosto	31	0.06368
Setiembre	30	0.03253
<b>Suma</b>	<b>bm =</b>	<b>0.97844</b>

### **Gasto de la retención $G_i$**

Es la contribución mensual de la retención durante los meses secos (mayo – setiembre), está en relación a la retención “R”, la relación de caudales del flujo base ( $b_0$ ) y la suma de factores durante el periodo de estiaje ( $b_m$ ). Su cálculo se realiza utilizando la ecuación 32.

**Tabla 15. Valores del gasto de la retención (meses de estiaje) – cuenca de la quebrada Huertas**

<b>Mes</b>	<b><math>G_i</math> (mm/mes)</b>
Mayo	21.73
Junio	11.10
Julio	5.55
Agosto	2.77
Setiembre	1.42

### Abastecimiento de la retención $A_i$

Se aplica los coeficientes determinados en las cuencas de referencia para el cálculo del abastecimiento mensual, indicados en la tabla 6. La suma de los valores relativos del abastecimiento “ $a_i$ ” es igual a 100%, correspondiente a la restitución total de la retención “R” de la cuenca.

**Tabla 16. Coeficiente de abastecimiento durante época de lluvias (%) – región Cajamarca**

Región	Meses del año ( $a_i$ ) %						
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35	100

En la tabla 16 se muestran los valores de abastecimiento de la retención “ $A_i$ ” para los meses lluviosos.

**Tabla 17. Valores de abastecimiento de la retención para los meses lluviosos**

Mes	$A_i$ (mm/mes)
Octubre	10.64
Noviembre	-2.13
Diciembre	0.00
Enero	8.51
Febrero	10.64
Marzo	14.90
Abril	0.00

## 4.3. GENERACIÓN DE CAUDALES

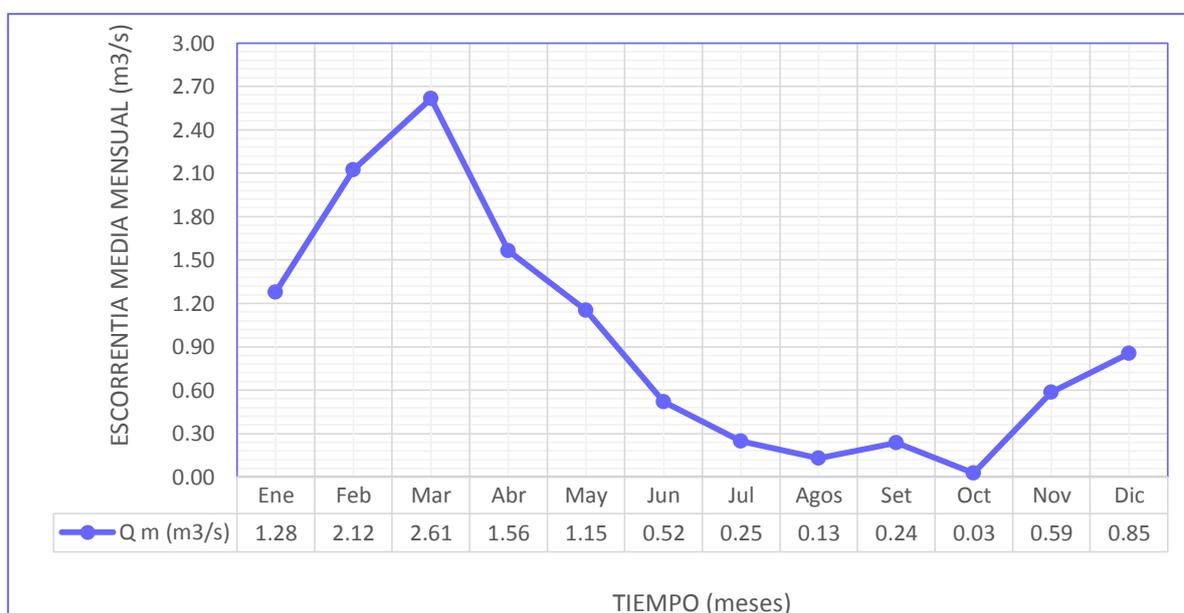
### Caudales mensuales para el año promedio ( $Q_m$ )

En la tabla 18 se muestran los parámetros más importantes que han intervenido en el cálculo de caudales para el año promedio, asimismo, muestra la transformación de la precipitación media mensual en precipitación efectiva de escurrimiento, el gasto y el abastecimiento de la retención considerado para la cuenca de la quebrada Huertas.

**Tabla 18. Caudales generados para el año promedio**

Mes	N° días del mes	PP (mm)	PE (mm)	G (mm)	A (mm)	Q <sub>m</sub> (mm/mes)	Q <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Enero	30	155.13	41.52		8.51	33.01	1.28
Febrero	28	231.25	61.90		10.64	51.26	2.12
Marzo	31	316.63	84.75		14.90	69.86	2.61
Abril	30	150.91	40.39		0.00	40.39	1.56
Mayo	31	33.66	9.01	21.73		30.74	1.15
Junio	30	8.87	2.37	11.10		13.47	0.52
Julio	31	4.10	1.10	5.55		6.64	0.25
Agosto	31	2.53	0.68	2.77		3.45	0.13
Setiembre	30	17.60	4.71	1.42		6.13	0.24
Octubre	31	42.50	11.38		10.64	0.74	0.03
Noviembre	30	48.68	13.03		-2.13	15.16	0.59
Diciembre	31	85.27	22.82		0.00	22.82	0.85

Los caudales generados muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos (marzo y abril) con 2.61 m<sup>3</sup>/s y 1.56 m<sup>3</sup>/s, respectivamente y menores en los meses de estiaje (julio y agosto) con 0.25 m<sup>3</sup>/s y 0.13 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. La distribución de dichos caudales se presenta a continuación, en la figura 19.



**Figura N° 19: Caudales generados para el año promedio – cuenca quebrada Huertas**

### Caudales mensuales para un período extendido

Los coeficientes estadísticos que se mencionan en la tabla 20, es el resultado de la regresión múltiple de los caudales promedios mensuales generados ( $Q_t$  y  $Q_{t-1}$ ) y la precipitación efectiva promedio mensual ( $P_{Et}$ ) generadas en la aplicación del modelo.

**Tabla 19. Series para la regresión múltiple**

Mes	$Q_t$	$Q_{t-1}$	$P_{Et}$
Enero	33.01	22.82	41.52
Febrero	51.26	33.01	61.90
Marzo	69.86	51.26	84.75
Abril	40.39	69.86	40.39
Mayo	30.74	40.39	9.01
Junio	13.47	30.74	2.37
Julio	6.64	13.47	1.10
Agosto	3.45	6.64	0.68
Setiembre	6.13	3.45	4.71
Octubre	0.74	6.13	11.38
Noviembre	15.16	0.74	13.03
Diciembre	22.82	15.16	22.82
$\Sigma =$	293.67	293.67	293.67
	$\Sigma Q_t$	$\Sigma Q_{t-1}$	$\Sigma P_{Et}$

**Tabla 20. Coeficientes estadísticos para la regresión múltiple**

Coeficientes estadísticos (Regresión múltiple)	
$B_1 =$	2.54771
$B_2 =$	0.30293
$B_3 =$	0.59296
$S^2 Q_t =$	455.732
$S =$	5.874
$r =$	0.961
$(S)\sqrt{1 - r^2} =$	1.616
$n =$	12

De la tabla se deduce que las series entre los caudales del mes anterior, los caudales actuales y la precipitación efectiva actual utilizando la regresión múltiple, alcanzan una buena correlación ( $r = 0.961$ ).

Calculamos el  $Q_t$  y el error ( $e$ ), mediante la ecuación 42 y la ecuación 43 respectivamente, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla 21 y 22.

**Tabla 21. Calculo de Qt mensual**

Mes	Qt-1	P Et	$\hat{Q}_t$
Enero	22.82	41.52	34.08
Febrero	33.01	61.90	49.25
Marzo	51.26	84.75	68.33
Abril	69.86	40.39	47.66
Mayo	40.39	9.01	20.13
Junio	30.74	2.37	13.27
Julio	13.47	1.10	7.28
Agosto	6.64	0.68	4.96
Setiembre	3.45	4.71	6.39
Octubre	6.13	11.38	11.15
Noviembre	0.74	13.03	10.50
Diciembre	15.16	22.82	20.67

**Tabla 22. Calculo del error mensual (e)**

Mes	$Q_t$	$\hat{Q}_t$	e	$e^2$	$Q_t^2$
Enero	33.01	34.08	-1.073	1.15	1089.712
Febrero	51.26	49.25	2.007	4.03	2627.358
Marzo	69.86	68.33	1.526	2.33	4879.802
Abril	40.39	47.66	-7.268	52.83	1631.523
Mayo	30.74	20.13	10.613	112.63	944.925
Junio	13.47	13.27	0.207	0.04	181.532
Julio	6.64	7.28	-0.637	0.41	44.133
Agosto	3.45	4.96	-1.514	2.29	11.889
Setiembre	6.13	6.39	-0.259	0.07	37.535
Octubre	0.74	11.15	-10.413	108.43	0.541
Noviembre	15.16	10.50	4.661	21.73	229.763
Diciembre	22.82	20.67	2.151	4.63	520.959
Media $Q_t =$	24.472		suma =	310.56	12199.672

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

$$\hat{Q}_t = 2.548 + 0.303 Q_{t-1} + 0.593 PE_t + 1.415 z$$

**Tabla 23. Caudales generados  $Q_m$  (mm/mes) para un periodo extendido**

Mes	$z$	$Q_{t-1}$	$PE_t$	$Q_m$
Enero	0.53	22.82	41.52	34.93
Febrero	0.31	33.01	61.90	49.76
Marzo	-0.32	51.26	84.75	67.81
Abril	0.54	69.86	40.39	48.53
Mayo	-1.66	40.39	9.01	17.45
Junio	-0.67	30.74	2.37	12.18
Julio	0.54	13.47	1.10	8.15
Agosto	-0.38	6.64	0.68	4.35
Setiembre	-0.52	3.45	4.71	5.55
Octubre	0.04	6.13	11.38	11.21
Noviembre	2.10	0.74	13.03	13.90
Diciembre	1.16	15.16	22.82	22.55

Los valores de  $Q_m$  en la tabla 23 se obtuvieron con la siguiente expresión:

$$Q_m = 2.548 + 0.303 Q_{t-1} + 0.593 PE_t + 1.415 z$$

Dónde:

$z$ : Número aleatorios para 12 meses (un año), con distribución normal (media = 0 y desviación estándar = 1)

### Caudales medidos en la quebrada Huertas

Los caudales aforados durante los meses de marzo, abril y mayo del 2018 arrojaron valores de  $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0.21 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ , respectivamente como valores promedio.

Es de destacar que, el método del flotador no fue el más indicado, pues genera mucha imprecisión, sin poder determinar el margen de error que se pudo haber cometido. Sin embargo, ha proporcionado una referencia acerca de la aplicación del modelo.

Si bien es cierto, el registro de caudales generados por el modelo son hasta el año 2016 y los caudales aforados fueron en el año 2018, ésta es otra limitante del presente trabajo.

**Tabla 24. Caudales aforados en la Quebrada Huertas**

CAUDALES PROMEDIO (2017) ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Marzo	Abril	Mayo
	0.25	0.21	0.12
COORDENADAS	UTM WGS 1984 – 17S		
Este	738835.00		
Norte	9201227.00		
Cota	850.00 msnm		

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- La cuenca de la quebrada Huertas forma parte de la vertiente del pacifico, tiene las siguientes características: es una cuenca pequeña, de forma exorreica según el punto de vista de la salida y oval oblonga según el coeficiente de gravelius, además con un factor de forma igual a 0.187, por lo cual según la tabla 2 se trata de una cuenca muy alargada, en consecuencia las crecientes tendrán menor coincidencia.
- La cuenca de la quebrada Huertas tiene un área de 100.24 km<sup>2</sup>, altitud media de 2221.85 m.s.n.m., pendiente de 45.9 %. El cauce principal se denomina Huertas con una pendiente de 8.62 %.
- La precipitación muestra un régimen característico en los meses de lluvia y en los meses de poca precipitación, como en el caso de marzo (mes de mayor precipitación) con 316.63 mm y en agosto (mes de menor precipitación) con 2.53 mm. La precipitación efectiva se obtuvo con el coeficiente de escorrentía igual a 0.268, se puede observar que existe grandes pérdidas sobre todo en los meses lluviosos.
- Se aprecia que los caudales generados por el modelo superan a los caudales medidos, esto es debido a muchos factores; uno de ellos es que dentro de la cuenca existe infraestructura de riego (canales) donde parte del caudal total es utilizado, otro sería que la información pluviométrica utilizada en el modelo para la generación de caudales 1987-2016, mientras que el aforo se realizó en el 2018.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Los resultados obtenidos en la presente investigación, van a servir como referencia a las posteriores investigaciones, ya que los datos obtenidos son relativamente limitados, debido a la falta de información hidrométrica en la zona de estudio, por ello se recomienda a las instituciones encargadas de la administración del agua (ANA) realizar aforos continuos que servirán para futuras investigaciones.
- Realizar estudios complementarios de las demandas de agua en la zona, de tal forma que se pueda hacer un balance oferta – demanda del recurso hídrico, así tomar medidas óptimas de conservación y uso de este recurso.

## BIBLIOGRAFIA

- Aliaga Araujo, SV. (1985). *Hidrología Estadística*. Lima, Perú. Ediciones McGrawill.
- Aliaga Araujo, SV. (1983). *Tratamiento de datos Hidrometeorológicos*. Lima, Perú.
- Aparicio Mijares, F.J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México, Editorial Limusa.
- Autoridad Nacional del Agua (2010). *Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del Río Mantaro*.
- Breña Puyol, AF y Jacobo Villa, MA. (2006) *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- Cahuana Andía, A. & Yugar Morales, W (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología CIV-233*. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.
- Chávarri Velarde, EA. (2004). *Hidrología aplicada: Análisis Probabilístico de las Variables Precipitación Total Anual y Caudal Medio Anual*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Córdova Rojas, MA. (2015). *Estimación de caudales medios naturalizados en la cuenca del río Mantaro mediante el método de regionalización estadística*. Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Gámez Morales, WR. (2010). *Texto básico de Hidrología*. Universidad Nacional Agraria - DIEP, Managua, Nicaragua.
- Henaos, J. E. (1988). *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*. Universidad Santo Tomás. Centro de enseñanza desescolarizada. Bogotá.
- Huamán Vidaurre, JF y Rodríguez Cruzado, SR. (2017). *Generación de caudales medios mensuales en la cuenca Grande (Mashcon) impactada por actividad minera*. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.

- Huamán Vidaurre, JF. (2016). *Hidrología*. Cajamarca, Peru.
- Julcamoro, F. (2017). *Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río El Tuyo en el distrito de Catilluc, Provincia de San Miguel - Cajamarca, 2017*. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- López Cadenas de Llano, F. & Mintegui Aguirre, JA. (1987). *Hidrología de superficie*. Editorial Salazar. Escuela de Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, España.
- López Cadenas de Llano, F. (1998). *Restauración Hidrológica Forestal de cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental, Tragsatec, Ministerio de Medio Ambiente*. Madrid, España. Editorial Mundi Prensa.
- Ordoñez Gálvez, JJ (2011). *Balance Hídrico Superficial*. Lima: SENAMHI.
- Ordoñez Galvez, JJ.(2011). *Cartilla técnica: Balance Hídrico Superficial*. Sociedad geografica de Lima, Lima, Perú.
- Ordoñez Galvez, JJ. (2011). *Cartilla técnica: Ciclo hidrológico*. Sociedad geografica de Lima, Lima, Perú.
- Ortiz Vera, SO. (1995). *Hidrología de superficie*. Cajamarca, Perú, pp. 1-97.
- Ortiz Vera, SO. (2016). *Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos alto andinos y transferencia de información hidrometeorológica*. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae en recursos hídricos. Lima, Perú.
- Scholz, L. (1980). *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana*. Plan Meriss II, Cusco. Perú.
- Tarazona Santos, NE. (2005). *Generación de descargas mensuales en subcuencas de la cuenca del río Santa utilizando el método de Lutz Scholz*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Vásquez Villanueva, A. et al. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

- Villón Bejar, M. (2016). *Hidrología Estadística*. Lima. Perú. Edit. Villón.
- Villón Bejar, M. (2002). *Hidrología*. Lima. Perú. Edit. Villón.
- William Gámez (2010). *Texto Básico de Hidrología: Cuenca Hidrográfica*. Universidad Nacional Agraria, Managua, 26-29 pp.

## ANEXOS

A.1. REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETO Y EXTENDIDO	66
A.2. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA	74
A.3. PRECIPITACIONES AGRUPADAS POR PERÍODOS DE 3 AÑOS	86
A.4. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y PRECIPITACIÓN EFECTIVA DE LA CUENCA	89
A.5. CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA HUERTAS	90
A.6. INVENTARIO DE CANALES QUE DERIVAN CAUDALES	91
A.7. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE DEL REGISTRO DE CAUDALES	92
A.8. HOJAS DE CALCULOS	97
A.9. FOTOS	105

## A.1. REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL COMPLETO Y EXTENDIDO

Tabla 25. Precipitación mensual (mm) – Estación Contumazá

ESTACION	PP PROMEDIO ANUAL	ESTE	NORTE	ALTURA (msnm)	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CUENCA
ESTACIÓN CONTUMAZA	702	740341	9185285.02	2440	CAJAMARCA	CONTUMAZA	CONTUMAZA	JEQUETEPEQUE

Mes	1 ENE	2 FEB	3 MAR	4 ABR	5 MAY	6 JUN	7 JUL	8 AGO	9 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC
PP. promedio	91.2	158.2	210.6	105.3	21.5	5.2	1.3	1.0	9.5	24.6	29.3	44.4
PP. Máx	448.0	524.1	457.3	262.8	83.0	24.2	18.5	9.7	41.7	64.5	86.2	284.0
PP min	2.7	25.8	41.6	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0

N° REGISTR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1987	448.0	284.3	240.1	15.6	0.0	0.0	1.0	4.0	7.7	1.6	29.8	7.7
2	1988	79.6	74.6	41.6	89.0	14.9	0.0	0.0	0.0	1.9	18.0	32.4	9.0
3	1989	105.1	243.6	175.9	163.2	6.8	7.8	0.0	0.0	14.6	49.1	22.4	0.0
4	1990	42.9	70.3	100.1	19.2	0.5	14.9	0.0	0.0	0.0	28.4	34.4	7.6
5	1991	4.6	89.2	173.2	125.8	26.2	0.0	0.0	0.0	1.5	34.8	48.8	27.8
6	1992	46.7	42.4	189.9	190.7	11.4	8.6	0.0	0.0	21.4	3.2	3.6	0.0
7	1993	51.6	286.3	342.1	144.7	19.5	0.0	0.0	3.2	33.0	55.5	29.9	50.3
8	1994	110.2	115.0	188.1	52.6	22.1	0.0	1.0	0.0	5.8	0.0	27.0	29.5
9	1995	105.8	94.8	107.3	59.8	5.5	2.3	5.0	0.0	0.0	15.7	35.8	58.8
10	1996	90.2	161.1	209.6	66.3	5.8	8.1	0.0	0.9	5.9	23.1	0.6	2.5
11	1997	6.6	172.1	64.4	125.3	14.0	7.4	0.0	0.0	28.6	15.7	86.2	284.0
12	1998	373.1	524.1	438.0	145.9	22.5	10.3	0.0	1.8	5.0	14.6	7.6	17.8
13	1999	69.9	296.2	175.7	90.8	83.0	24.2	18.5	0.0	41.7	14.1	19.1	41.4
14	2000	23.8	215.9	378.3	146.2	65.0	7.8	0.3	5.7	23.8	6.7	34.7	78.8
15	2001	191.8	152.5	457.3	157.5	23.9	8.7	0.0	0.0	18.1	19.7	41.7	43.0
16	2002	18.0	183.3	192.1	262.8	20.4	9.1	0.7	0.0	4.7	33.4	80.7	42.7
17	2003	76.8	91.4	80.7	54.5	18.3	6.5	0.0	0.7	1.2	1.9	9.2	79.8
18	2004	2.7	100.2	116.2	69.1	20.8	0.0	3.1	0.0	10.6	27.7	18.8	36.7
19	2005	35.9	40.8	104.1	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	15.4	11.1	21.1
20	2006	78.6	190.7	405.9	63.0	3.6	14.6	0.0	0.6	8.6	0.0	30.9	71.5
21	2007	84.4	37.9	256.5	104.8	33.9	0.0	0.0	4.1	0.0	54.6	29.3	22.3
22	2008	84.2	343.1	213.0	194.4	2.1	4.9	0.0	9.7	9.1	42.9	48.7	2.6
23	2009	208.9	178.3	262.4	72.9	30.4	2.9	5.2	0.0	5.6	64.5	47.6	19.2
24	2010	25.5	169.6	165.7	78.7	25.6	4.8	0.0	0.0	10.1	11.2	16.8	34.0
25	2011	68.7	25.8	108.4	171.6	4.7	0.6	0.3	0.0	8.3	2.5	9.7	40.3
26	2012	69.9	183.4	248.9	151.6	36.7	0.0	0.0	0.0	0.5	64.1	36.6	53.3
27	2013	27.8	151.1	286.4	17.8	35.3	2.5	0.0	0.5	0.0	57.3	0.6	70.0
28	2014	47.2	30.8	175.8	64.9	44.6	0.6	0.0	0.0	16.8	41.2	24.7	88.4
29	2015	91.1	67.7	300.7	81.9	48.8	0.0	2.5	0.0	0.3	9.8	58.5	66.4
30	2016	66.4	130.2	119.6	137.1	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	9.9	1.6	26.0
<b>PROMEDIO</b>		<b>91.20</b>	<b>158.22</b>	<b>210.60</b>	<b>105.32</b>	<b>21.54</b>	<b>5.18</b>	<b>1.25</b>	<b>1.04</b>	<b>9.55</b>	<b>24.55</b>	<b>29.29</b>	<b>44.42</b>

Tabla 26. Precipitación mensual (mm) – Estación Chilete

ESTACION	PP PROMEDIO ANUAL	ESTE	NORTE	ALTURA (msnm)	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CUENCA					
ESTACIÓN CHILETE	199	738731	9201395	805	CAJAMARCA	CONTUMAZA	CHILETE	JEQUETEPEQUE					
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
PP. promedio	25.3	54.7	62.3	21.7	4.7	1.1	0.2	0.5	2.1	7.1	8.5	10.9	
PP. Máx	86.5	147.7	194.3	49.4	23.6	8.6	5.6	12.1	13.8	25.4	34.1	59.7	
PP mín	0.0	9.6	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
N° REGISTR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1987	45.0	62.8	12.6	26.9	0.0	0.9	5.6	12.1	1.6	0.0	11.9	0.0
2	1988	40.2	22.5	11.8	42.9	3.5	1.2	0.0	0.0	0.0	8.1	7.1	2.4
3	1989	41.1	85.6	42.9	44.0	12.0	0.0	0.0	0.0	7.9	25.4	4.3	0.0
4	1990	30.9	33.3	28.4	7.3	3.9	8.6	0.0	0.0	0.0	20.3	20.7	3.7
5	1991	0.0	32.3	57.5	29.6	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	25.6	18.3
6	1992	20.4	14.0	33.8	24.2	14.4	8.4	0.0	0.0	1.5	8.5	0.0	3.3
7	1993	24.9	78.7	131.4	44.3	6.2	0.0	0.0	0.0	5.2	21.7	9.2	30.8
8	1994	20.3	53.3	88.9	21.0	3.6	1.4	0.0	0.0	1.2	0.0	7.0	20.9
9	1995	28.9	89.8	34.4	15.8	6.8	0.0	0.5	0.0	0.0	2.9	2.2	30.7
10	1996	42.9	46.7	92.8	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	5.2	0.0	3.6
11	1997	0.0	50.2	18.4	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	12.0	34.1	59.7
12	1998	70.3	109.9	142.2	28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1999	29.7	147.7	9.5	17.4	23.6	8.3	0.0	0.0	4.6	0.0	3.2	13.8
14	2000	0.0	53.0	56.0	10.5	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4
15	2001	34.6	30.2	146.9	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	4.2	5.7
16	2002	2.1	25.6	42.0	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	7.7
17	2003	5.5	9.6	16.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4
18	2004	0.0	13.7	4.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	3.2
19	2005	23.4	10.3	63.4	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	3.9	3.7	5.4
20	2006	42.4	76.5	194.3	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	23.9
21	2007	31.1	16.7	76.5	31.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	10.9	4.9
22	2008	42.8	131.5	79.9	34.3	1.4	0.0	0.0	0.0	7.7	12.5	28.1	0.0
23	2009	86.5	80.5	48.4	8.7	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	4.0	0.0
24	2010	0.0	104.1	14.7	16.7	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	13.4	0.0
25	2011	1.4	18.9	29.5	49.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	9.9
26	2012	31.1	79.3	102.0	22.8	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9	6.5	2.3
27	2013	9.3	28.0	103.1	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	0.0	23.8
28	2014	2.8	25.9	52.0	13.4	9.8	0.1	0.0	0.0	3.6	11.9	7.2	21.7
29	2015	25.2	23.4	88.9	16.9	10.7	0.0	0.5	0.0	0.1	2.8	16.9	16.3
30	2016	18.4	45.0	35.4	28.3	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	2.9	0.5	6.4
<b>PROMEDIO</b>		<b>25.27</b>	<b>54.66</b>	<b>62.29</b>	<b>21.74</b>	<b>4.73</b>	<b>1.07</b>	<b>0.23</b>	<b>0.47</b>	<b>2.05</b>	<b>7.07</b>	<b>8.49</b>	<b>10.88</b>

Tabla 27. Precipitación mensual (mm) – Estación Monte Grande

ESTACION	PP PROMEDIO ANUAL	ESTE	NORTE	ALTURA (msnm)	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO						
ESTACIÓN MONTE GRANDE	744	703913	9200966	431	CAJAMARCA	CONTUMAZÁ	YONAN						
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
PP. promedio	98.3	179.0	227.1	103.2	18.6	6.2	1.6	1.4	10.0	24.6	32.3	42.1	
PP. Máx	448.0	524.1	457.3	262.8	83.0	29.4	18.5	9.7	41.7	64.5	86.2	284.0	
PP min	2.7	37.9	43.9	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	
N° REGISTR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1987	448.0	284.3	152.4	15.6	0.0	0.0	1.0	4.0	7.7	1.6	29.8	7.7
2	1988	79.6	74.6	43.9	89.0	14.9	0.0	0.0	0.0	1.9	23.1	32.4	9.0
3	1989	62.5	243.6	175.9	184.3	6.8	7.8	0.0	0.0	14.6	49.1	22.4	0.0
4	1990	42.9	70.3	100.1	19.2	0.5	14.9	0.0	0.0	0.0	28.4	34.4	7.6
5	1991	4.6	89.2	173.2	131.9	20.0	0.0	0.0	0.0	1.5	34.8	75.6	48.6
6	1992	46.7	42.4	189.9	190.7	11.4	29.4	0.0	0.0	0.0	21.4	2.0	0.0
7	1993	51.6	286.3	342.1	144.7	19.5	0.0	0.0	2.1	33.0	55.5	29.9	50.3
8	1994	110.2	115.0	188.1	52.6	22.1	0.0	1.0	0.0	5.8	0.0	27.0	29.5
9	1995	105.8	94.8	120.6	59.8	5.5	2.3	5.0	0.0	0.0	15.7	35.8	58.8
10	1996	90.2	161.1	209.6	66.3	5.8	8.1	0.0	0.9	5.9	23.1	0.6	2.5
11	1997	6.6	172.1	64.4	125.3	14.0	7.4	0.0	0.0	28.6	15.7	86.2	284.0
12	1998	373.1	524.1	438.0	145.9	22.5	10.3	0.0	1.8	5.0	14.6	7.6	17.8
13	1999	69.9	296.2	175.7	90.8	83.0	24.2	18.5	0.0	41.7	14.1	19.1	41.4
14	2000	23.8	215.9	378.3	146.2	65.0	7.8	0.3	5.7	23.8	6.7	34.7	78.8
15	2001	191.8	152.5	457.3	157.5	23.9	8.7	0.0	0.0	18.1	19.7	41.7	43.0
16	2002	18.0	183.3	192.1	262.8	20.4	9.1	0.7	0.0	4.7	33.4	80.7	42.7
17	2003	76.8	91.4	80.7	54.5	18.3	6.5	0.0	0.7	1.2	1.9	9.2	79.8
18	2004	2.7	100.2	116.2	69.1	20.8	0.0	3.1	0.0	10.6	27.7	18.8	36.7
19	2005	35.9	39.9	171.7	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	15.4	11.1	21.1
20	2006	78.6	190.7	405.9	63.0	3.6	14.6	0.0	0.6	4.5	0.0	30.9	71.5
21	2007	105.9	37.9	256.5	104.8	14.6	0.0	0.0	4.1	0.0	54.6	29.3	22.3
22	2008	84.2	343.1	213.0	194.4	2.1	4.9	0.0	9.7	9.1	42.9	48.7	2.6
23	2009	195.6	232.7	229.7	72.9	30.4	2.9	0.0	0.0	5.6	64.5	47.6	19.2
24	2010	25.5	169.6	157.7	78.2	21.9	2.9	0.0	0.0	5.3	9.6	34.7	16.1
25	2011	39.7	45.5	112.2	201.3	2.6	0.4	0.2	0.0	4.4	1.3	8.2	38.2
26	2012	98.1	233.6	320.1	128.4	29.0	0.0	0.0	0.0	0.3	61.5	32.5	29.7
27	2013	33.1	131.3	342.4	8.7	42.1	1.5	0.0	0.3	0.0	50.8	0.3	79.2
28	2014	30.9	59.8	189.6	63.6	38.5	0.7	0.0	0.0	17.6	41.2	27.2	83.8
29	2015	98.2	76.6	324.2	80.2	42.1	0.0	3.3	0.0	0.3	9.8	64.5	62.9
30	2016	71.6	147.3	129.0	134.3	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	9.9	1.8	24.6
<b>PROMEDIO</b>		<b>98.28</b>	<b>179.03</b>	<b>227.09</b>	<b>103.19</b>	<b>18.60</b>	<b>6.17</b>	<b>1.64</b>	<b>1.38</b>	<b>10.02</b>	<b>24.58</b>	<b>32.28</b>	<b>42.10</b>

**Tabla 28. Precipitación mensual (mm) – Estación Asunción**

ESTACION	PP PROMEDIO ANUAL	ESTE	NORTE	ALTURA (msnm)	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CUENCA					
ESTACIÓN ASUNCIÓN	1051	774268	9189442	2160	CAJAMARCA	CAJAMARCA	ASUNCIÓN	JEQUETEPEQUE					
	<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
		<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
PP. promedio		162.9	224.1	273.1	122.3	29.1	10.0	2.4	2.2	17.8	48.6	62.1	96.2
PP. Máx		436.5	554.9	615.1	238.6	74.0	36.2	10.3	10.9	58.7	121.6	125.0	279.2
PP mín		21.7	57.0	51.4	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.6	0.0
N° REGISTR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1987	232.3	114.0	121.4	84.3	7.3	2.0	7.7	10.9	27.5	12.8	75.5	48.7
2	1988	212.3	143.5	51.4	117.6	0.6	0.5	0.0	3.0	8.6	45.6	82.5	61.2
3	1989	182.4	303.7	257.8	87.0	13.6	11.4	0.2	3.9	20.0	92.3	15.3	0.0
4	1990	87.7	141.8	154.4	48.2	32.8	24.3	0.0	0.0	0.0	45.3	73.0	52.7
5	1991	40.6	88.3	278.6	81.7	25.2	3.0	0.0	0.0	2.2	53.2	55.4	97.3
6	1992	140.9	69.8	124.4	206.3	43.2	25.1	1.1	6.2	17.0	62.5	9.8	33.3
7	1993	84.4	242.7	357.1	185.3	53.8	0.7	4.2	0.5	29.3	86.3	79.4	149.2
8	1994	232.6	217.4	295.0	210.4	35.4	3.0	0.0	0.0	8.5	4.0	54.4	165.2
9	1995	119.3	207.4	121.2	63.3	25.8	4.1	3.3	0.0	4.3	32.5	39.5	94.7
10	1996	151.1	205.7	283.1	78.2	10.5	10.1	0.0	2.5	37.0	49.7	21.8	20.6
11	1997	53.6	184.6	70.1	92.9	17.1	10.3	0.0	0.0	33.1	57.6	121.5	279.2
12	1998	436.5	481.0	474.4	180.7	51.3	4.8	0.0	2.6	7.4	51.4	24.0	68.1
13	1999	123.7	554.9	236.4	120.1	69.4	36.2	9.6	0.0	58.7	35.7	73.7	121.3
14	2000	119.9	343.0	331.5	138.7	74.0	26.0	0.5	4.3	31.0	21.1	38.2	139.3
15	2001	314.4	166.7	615.1	90.5	65.1	0.0	1.9	0.0	13.3	27.5	107.1	64.7
16	2002	21.7	231.3	311.6	201.0	15.3	7.0	3.7	0.0	20.0	105.6	77.3	134.7
17	2003	112.0	140.3	149.8	51.7	27.3	23.0	2.1	4.4	2.3	23.4	50.7	103.0
18	2004	39.1	211.8	165.4	78.9	20.8	0.6	6.9	4.5	12.8	58.3	75.1	141.2
19	2005	150.2	164.4	375.5	33.0	1.1	0.2	0.0	0.0	3.5	51.2	18.4	107.1
20	2006	151.4	216.1	480.8	170.7	4.7	30.4	3.1	1.8	21.5	2.4	66.3	164.3
21	2007	168.7	69.8	338.6	129.7	11.2	0.0	0.0	5.0	2.4	74.0	72.3	54.2
22	2008	277.9	399.6	286.2	204.0	16.9	3.2	0.0	4.1	40.7	85.9	92.1	9.5
23	2009	390.6	251.2	460.7	128.6	41.4	8.4	10.3	0.0	2.3	72.8	125.0	142.3
24	2010	66.2	230.3	213.6	152.9	33.7	5.3	3.8	0.0	24.2	15.9	43.2	56.3
25	2011	65.9	57.0	134.9	238.6	4.1	0.6	0.3	0.0	7.7	2.5	15.8	87.3
26	2012	162.7	292.5	385.0	152.2	45.3	0.0	0.0	0.0	0.5	121.6	62.6	67.9
27	2013	54.8	164.4	411.7	10.3	65.9	2.4	0.0	0.5	0.0	100.4	0.6	181.0
28	2014	51.2	74.9	228.0	75.4	60.2	1.2	0.0	0.0	31.4	81.6	52.4	191.4
29	2015	162.7	95.9	389.9	95.1	65.8	0.0	4.9	0.0	0.6	19.4	124.1	143.8
30	2016	118.6	184.4	155.1	159.2	0.0	16.8	0.0	0.0	0.0	19.6	3.4	56.3
<b>PROMEDIO</b>		<b>162.90</b>	<b>224.14</b>	<b>273.09</b>	<b>122.32</b>	<b>29.06</b>	<b>9.98</b>	<b>2.43</b>	<b>2.24</b>	<b>17.82</b>	<b>48.63</b>	<b>62.15</b>	<b>96.17</b>

**Tabla 29. Precipitación mensual (mm) – Estación Cospán**

ESTACION	PP PROMEDIO ANUAL	ESTE	NORTE	ALTURA (msnm)	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CUENCA					
ESTACIÓN COSPÁN	1071	771413	9178116	2300	CAJAMARCA	CAJAMARCA	COSPAN	CHICAMA					
	<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
		<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
PP. promedio		170.7	245.7	254.8	124.1	34.0	9.3	3.3	3.2	18.2	57.3	64.7	85.9
PP. Máx		371.7	519.5	680.5	501.8	80.0	34.2	21.3	15.8	66.5	143.2	154.5	303.4
PP mín		0.0	54.8	41.3	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
N° REGISTR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1987	240.2	139.4	111.9	66.1	10.9	0.0	13.2	15.8	6.1	0.0	61.7	10.1
2	1988	259.6	163.4	47.3	152.7	77.1	0.0	0.0	0.0	24.8	40.9	82.9	48.2
3	1989	274.1	301.9	193.9	154.6	25.6	6.2	0.0	0.0	17.0	93.0	13.7	0.0
4	1990	103.3	132.1	96.2	61.8	38.7	28.3	0.0	0.0	10.2	77.4	93.3	1.0
5	1991	0.0	97.0	224.6	105.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	52.0	70.0	88.1
6	1992	130.5	199.7	59.6	177.4	47.5	0.0	3.0	2.0	35.0	68.0	17.0	45.5
7	1993	367.0	519.5	680.5	501.8	57.0	0.0	0.0	0.0	66.5	100.0	65.0	90.0
8	1994	198.0	255.5	220.0	162.0	25.0	5.0	0.0	0.0	9.0	10.0	57.5	45.0
9	1995	79.0	148.0	122.0	62.4	12.8	1.8	0.0	0.0	8.9	29.1	36.3	119.0
10	1996	107.4	301.1	237.5	62.2	0.0	11.3	1.3	5.7	1.5	78.9	25.4	14.7
11	1997	33.1	204.4	41.3	78.9	22.0	13.8	0.0	0.2	41.1	72.6	136.5	303.4
12	1998	371.7	362.8	440.7	146.4	28.4	13.1	0.0	0.0	2.0	64.5	33.4	96.1
13	1999	141.3	387.3	160.1	69.6	80.0	24.9	5.4	5.0	40.0	27.9	53.0	99.5
14	2000	79.7	256.4	202.6	113.6	63.0	15.0	1.4	3.2	13.1	30.5	53.7	185.5
15	2001	326.8	213.3	540.4	60.7	56.7	0.5	4.0	0.0	41.0	48.2	104.0	69.1
16	2002	58.2	265.4	353.6	137.2	25.3	6.5	1.1	0.3	4.1	79.6	154.5	102.4
17	2003	129.9	185.8	179.3	124.8	38.5	9.6	0.0	14.0	11.0	26.0	32.8	77.7
18	2004	25.6	203.4	145.1	50.5	28.3	3.1	6.6	6.2	21.1	70.3	85.3	92.8
19	2005	112.6	54.8	195.9	55.0	5.8	0.0	1.3	0.0	4.3	66.9	13.7	108.1
20	2006	184.1	306.0	612.8	118.7	19.7	34.2	3.6	9.9	27.2	5.4	124.4	172.4
21	2007	244.4	101.6	367.5	170.2	58.4	0.0	5.8	15.0	5.9	124.2	73.9	64.6
22	2008	188.4	338.1	230.5	104.3	6.7	26.0	0.0	0.5	12.3	108.3	50.6	44.1
23	2009	264.0	319.9	369.3	134.1	31.9	13.3	21.3	0.0	8.3	91.0	93.0	119.1
24	2010	120.0	249.2	282.5	108.8	29.9	11.1	12.3	0.0	26.3	9.3	30.7	65.8
25	2011	69.0	62.5	125.9	242.1	4.8	0.5	0.4	0.0	7.9	2.9	16.4	78.0
26	2012	170.5	320.6	359.2	154.4	53.1	0.0	0.0	0.0	0.5	143.2	65.2	60.6
27	2013	57.4	180.2	384.1	10.5	77.1	2.3	0.0	0.8	0.0	118.2	0.7	161.7
28	2014	53.6	82.1	212.7	76.5	70.4	1.1	0.0	0.0	32.1	96.1	54.6	171.0
29	2015	170.5	105.1	363.8	96.5	77.1	0.0	6.7	0.0	0.6	22.9	129.2	128.5
30	2016	124.3	202.2	144.7	161.6	0.0	15.7	0.0	0.0	0.0	23.1	3.5	50.3
<b>PROMEDIO</b>		<b>170.71</b>	<b>245.70</b>	<b>254.80</b>	<b>124.13</b>	<b>34.02</b>	<b>9.32</b>	<b>3.35</b>	<b>3.24</b>	<b>18.24</b>	<b>57.25</b>	<b>64.71</b>	<b>85.93</b>

**Tabla 30. Precipitación mensual (mm) – Estación San Juan**

ESTACION	PP PROMEDIO ANUAL	ESTE	NORTE	ALTURA (msnm)	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CUENCA
ESTACIÓN SAN JUAN	1022	776499	9193333	2185	CAJAMARCA	CAJAMARCA	SAN JUAN	JEQUETEPEQUE

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PP. promedio	153.9	207.2	239.4	110.1	29.1	12.9	3.1	2.8	23.6	63.6	71.8	104.2
PP. Máx	333.2	520.3	461.8	214.8	71.9	48.0	14.6	10.6	92.3	159.1	143.3	272.4
PP mín	26.7	52.7	54.8	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.7	0.0

N° REGISTR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1987	234.9	182.2	82.1	96.9	2.7	0.0	0.0	9.0	13.3	9.5	64.3	61.0
2	1988	183.7	171.7	54.8	123.5	4.1	3.7	0.0	6.2	13.1	56.2	98.2	62.9
3	1989	158.3	289.6	245.3	90.9	15.2	15.2	0.0	1.5	41.3	124.1	9.4	0.0
4	1990	126.4	115.3	155.7	51.7	30.5	26.9	3.3	0.5	0.7	75.1	134.7	94.8
5	1991	26.7	91.8	194.3	82.3	8.1	2.0	0.0	0.0	3.9	50.0	38.2	87.1
6	1992	139.3	55.9	141.5	177.6	46.6	30.3	0.9	2.3	92.3	158.9	46.6	30.5
7	1993	103.9	199.6	286.5	141.1	27.6	1.2	5.3	2.0	33.8	109.4	80.2	174.6
8	1994	194.4	199.9	270.7	154.8	38.6	4.2	0.0	0.0	13.9	9.6	65.3	215.7
9	1995	120.5	211.3	126.2	78.5	26.0	2.9	3.4	0.4	7.4	54.9	52.0	119.8
10	1996	164.3	204.7	301.4	75.5	10.1	13.0	0.0	6.0	12.1	64.1	32.6	31.7
11	1997	70.0	182.2	66.5	107.4	21.2	11.7	0.0	0.0	49.1	80.2	136.1	272.4
12	1998	300.8	421.4	359.5	153.0	47.0	12.3	0.0	5.4	12.1	56.8	20.0	56.1
13	1999	118.6	520.3	151.5	94.6	67.7	48.0	13.1	0.5	59.8	20.6	74.3	139.6
14	2000	113.8	302.4	293.1	144.9	71.9	42.7	1.8	5.6	62.6	12.7	49.6	155.5
15	2001	323.3	128.9	461.8	68.1	42.8	0.6	0.0	0.0	14.0	48.1	125.5	68.9
16	2002	34.4	211.0	337.3	108.0	13.1	8.6	9.7	0.0	7.4	128.0	106.6	182.8
17	2003	104.5	118.4	173.1	80.1	37.9	30.2	5.0	1.6	4.6	28.0	49.3	90.4
18	2004	33.9	226.5	102.5	89.5	35.8	2.5	6.0	1.0	13.7	73.5	71.6	128.8
19	2005	135.1	114.1	285.5	46.1	9.1	4.0	0.0	1.5	10.6	72.2	24.3	109.1
20	2006	156.6	195.0	448.6	131.3	5.4	23.9	4.5	5.8	37.6	6.6	76.7	153.8
21	2007	164.0	72.3	366.8	130.8	13.9	1.5	1.5	6.2	1.6	93.9	86.4	57.4
22	2008	271.0	301.5	229.4	195.5	30.0	5.2	0.6	10.6	32.7	69.4	101.9	18.4
23	2009	333.2	268.7	391.8	118.7	50.7	9.6	14.6	2.0	2.0	103.6	114.4	124.5
24	2010	81.1	188.3	220.4	101.9	42.2	9.6	5.2	0.0	25.8	21.7	64.3	65.7
25	2011	62.2	52.7	118.3	214.8	4.1	0.7	0.4	0.0	10.2	3.2	18.2	94.6
26	2012	153.6	270.4	337.5	137.0	45.4	0.0	0.0	0.0	0.6	159.1	72.3	73.6
27	2013	51.8	152.0	361.0	9.3	65.9	3.1	0.0	0.7	0.0	131.4	0.7	196.1
28	2014	48.3	69.3	199.9	67.9	60.2	1.5	0.0	0.0	41.5	106.8	60.5	207.4
29	2015	153.7	88.7	341.9	85.6	65.9	0.0	6.2	0.0	0.7	25.4	143.3	155.8
30	2016	112.0	170.5	136.0	143.3	0.0	21.7	0.0	0.0	0.0	25.7	3.9	61.0
<b>PROMEDIO</b>		<b>153.86</b>	<b>207.21</b>	<b>239.43</b>	<b>110.11</b>	<b>29.09</b>	<b>12.91</b>	<b>3.12</b>	<b>2.84</b>	<b>23.56</b>	<b>63.63</b>	<b>71.77</b>	<b>104.23</b>

**Tabla 31. Precipitación mensual (mm) – Estación Hacienda Llagaden**

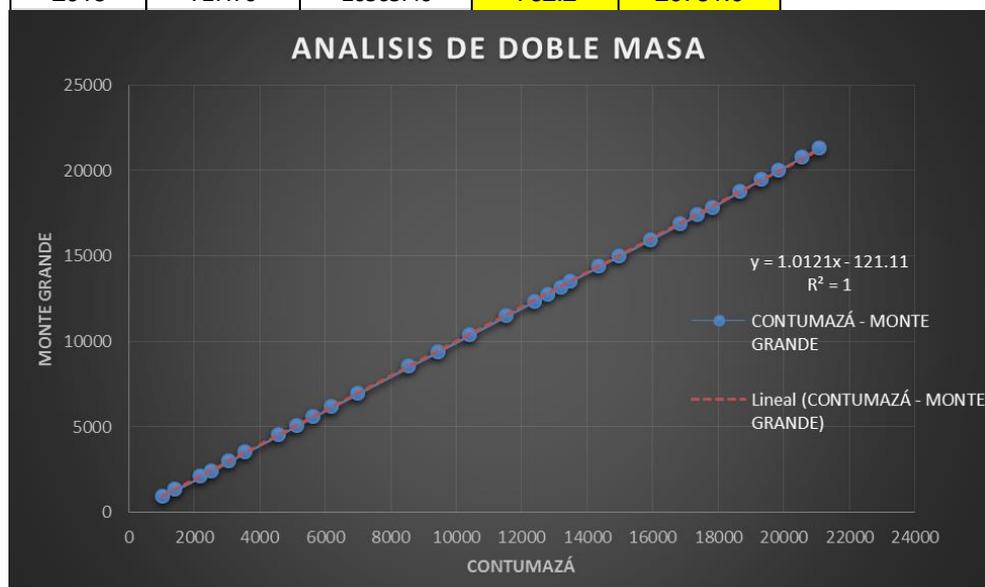
ESTACION	PP PROMEDIO ANUAL	ESTE	NORTE	ALTURA (msnm)	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO						
ESTACIÓN HACIENDA LLAGADEN	413	766815	9196029	2150	CAJAMARCA	CAJAMARCA	MAGDALENA						
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
PP. promedio	76.9	88.7	73.0	53.0	12.2	3.7	0.0	1.1	3.6	20.8	31.7	48.5	
PP. Máx	264.2	236.2	184.3	103.3	59.5	22.8	0.0	9.7	25.9	69.3	110.5	288.0	
PP mín	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
N° REGISTR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
21	1987	190.1	76.3	25.0	85.6	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	7.6	37.7	24.2
22	1988	113.7	112.5	29.3	74.7	4.8	4.4	0.0	0.0	0.0	27.4	62.3	15.8
23	1989	128.6	189.2	55.7	94.6	17.4	2.8	0.0	0.0	9.6	58.1	20.2	0.0
24	1990	59.9	75.4	82.2	24.8	15.5	11.5	0.0	0.0	0.0	14.3	31.0	25.1
25	1991	11.2	32.7	49.8	16.2	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	25.9	51.9
26	1992	51.9	30.2	51.1	50.8	59.5	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	1993	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	25.9	69.3	41.2	80.1
28	1994	77.4	144.9	176.9	86.9	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	33.3	136.6
29	1995	51.0	104.2	70.7	71.3	2.9	1.1	0.0	0.0	2.8	29.1	22.5	54.2
30	1996	85.1	122.1	172.4	66.4	2.1	0.0	0.0	0.5	1.7	17.4	0.3	9.4
31	1997	2.8	89.0	22.0	39.1	4.0	2.6	0.0	0.0	17.4	24.3	110.5	288.0
32	1998	264.2	236.2	159.3	71.9	6.4	3.6	0.0	0.9	0.9	6.2	4.1	9.7
33	1999	74.6	203.0	36.0	44.0	53.9	22.8	0.0	0.0	11.9	6.0	16.3	53.3
34	2000	10.0	103.6	98.4	49.6	28.2	2.8	0.0	3.0	4.5	2.8	18.8	64.0
35	2001	133.5	67.3	165.4	55.1	6.8	3.1	0.0	0.0	10.0	8.3	30.4	36.2
36	2002	10.8	72.2	57.9	85.4	5.8	3.2	0.0	0.0	0.9	14.1	84.9	40.5
37	2003	40.7	33.4	23.6	15.4	5.2	2.3	0.0	0.4	0.2	0.8	5.0	64.5
38	2004	1.1	39.2	22.6	19.9	5.9	0.0	0.0	0.0	2.0	12.2	10.2	27.2
39	2005	50.7	19.8	55.2	24.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	12.2	12.9	23.5
40	2006	97.6	115.6	184.3	54.3	1.0	5.2	0.0	0.3	1.6	0.0	34.5	92.3
41	2007	82.9	24.2	89.3	64.7	9.6	0.0	0.0	2.1	0.0	44.5	36.3	23.1
42	2008	100.6	203.0	83.8	90.7	2.4	1.7	0.0	5.0	8.4	36.5	78.9	1.4
43	2009	219.7	115.4	73.9	28.9	26.9	1.0	0.0	0.0	1.1	40.0	33.3	10.5
44	2010	10.7	132.1	37.4	40.1	14.3	1.7	0.0	0.0	1.9	8.1	34.2	18.6
45	2011	31.1	22.6	36.1	103.3	1.7	0.2	0.0	0.0	1.6	1.1	8.1	44.0
46	2012	76.8	115.8	103.0	65.9	19.0	0.0	0.0	0.0	0.1	51.9	32.0	34.2
47	2013	25.9	65.1	110.1	4.5	27.6	0.9	0.0	0.3	0.0	42.9	0.3	91.2
48	2014	24.2	29.7	61.0	32.6	25.2	0.4	0.0	0.0	6.3	34.8	26.8	96.5
49	2015	76.8	38.0	104.3	41.2	27.6	0.0	0.0	0.0	0.1	8.3	63.4	72.5
50	2016	56.0	73.0	41.5	69.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	8.4	1.7	28.4
<b>PROMEDIO</b>		<b>76.89</b>	<b>88.75</b>	<b>73.04</b>	<b>52.97</b>	<b>12.19</b>	<b>3.67</b>	<b>0.00</b>	<b>1.21</b>	<b>3.59</b>	<b>20.76</b>	<b>31.74</b>	<b>48.49</b>



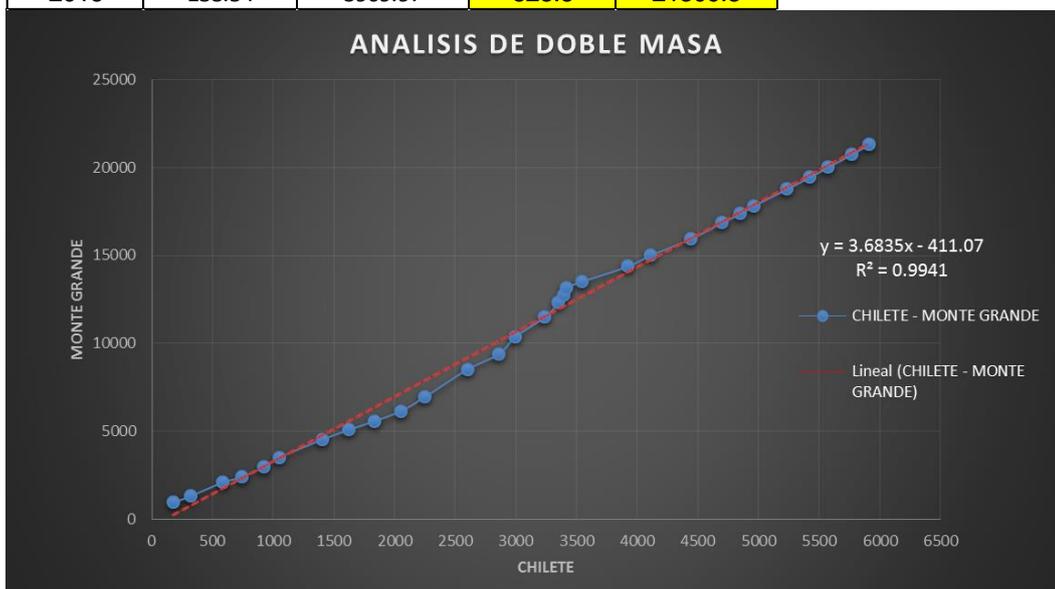
## A.2. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

### ➤ Análisis de consistencia – Estación en estudio Monte Grande

AÑO	ESTACIÓN CONTUMAZA		ESTACIÓN MONTE GRANDE		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Monte Grande tomando como estación base la Est. Contumazá			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Parametro Estadísticos	Periodo 1	(1987-1999)	
1987	1039.80	1039.80	952.1	952.1		Parametro Estadísticos	Periodo 2	(2000-2016)
1988	361.00	1400.80	368.4	1320.5	Tamaño		n1	13
1989	788.50	2189.30	767.0	2087.6			n2	17
1990	318.30	2507.60	318.3	2405.9			n	30
1991	531.90	3039.50	579.3	2985.1	Media		X1	723.3
1992	517.90	3557.40	533.9	3519.0			X2	700.4
1993	1016.10	4573.50	1015.0	4534.1	Desv. Estan.		S1	331.23
1994	551.30	5124.80	551.3	5085.4			S2	238.42
1995	490.80	5615.60	504.1	5589.4	Varianza		S1^2	109712.36
1996	574.10	6189.70	574.1	6163.5			S2^2	56846.38
1997	804.30	6994.00	804.3	6967.8	Consistencia de la Media	Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	1560.70	8554.70	1560.7	8528.5		Desv. Estan. Pond.	Sp	281.96
1999	874.60	9429.30	874.6	9403.1		Desv. Estan. Promedios	Sd	103.89
2000	987.00	10416.30	987.0	10390.1		"T" Calculado	Tc	0.22
2001	1114.20	11530.50	1114.2	11504.3		"T" Tabulado (Tabla)	Tt	2.048
2002	847.90	12378.40	847.9	12352.2	Criterio de Desición		<b>NO SALTO</b>	
2003	421.00	12799.40	421.0	12773.2	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	SI	
2004	405.90	13205.30	405.9	13179.1		G.L. Numerador	G.L.N.	12
2005	271.80	13477.10	338.5	13517.7		G.L. Denominador	G.L.D.	16
2006	868.00	14345.10	863.9	14381.6		"F" Calculado	Fc	1.93
2007	627.80	14972.90	630.1	15011.6		"F" Tabulado	Ft	2.42
2008	954.70	15927.60	954.7	15966.3	Criterio de Desición		<b>NO SALTO</b>	
2009	897.90	16825.50	901.1	16867.4				
2010	542.00	17367.50	521.5	17388.9				
2011	440.90	17808.40	454.0	17842.8				
2012	845.00	18653.40	933.2	18776.1				
2013	649.30	19302.70	689.7	19465.8				
2014	535.00	19837.70	553.0	20018.8				
2015	727.70	20565.40	762.2	20781.0				

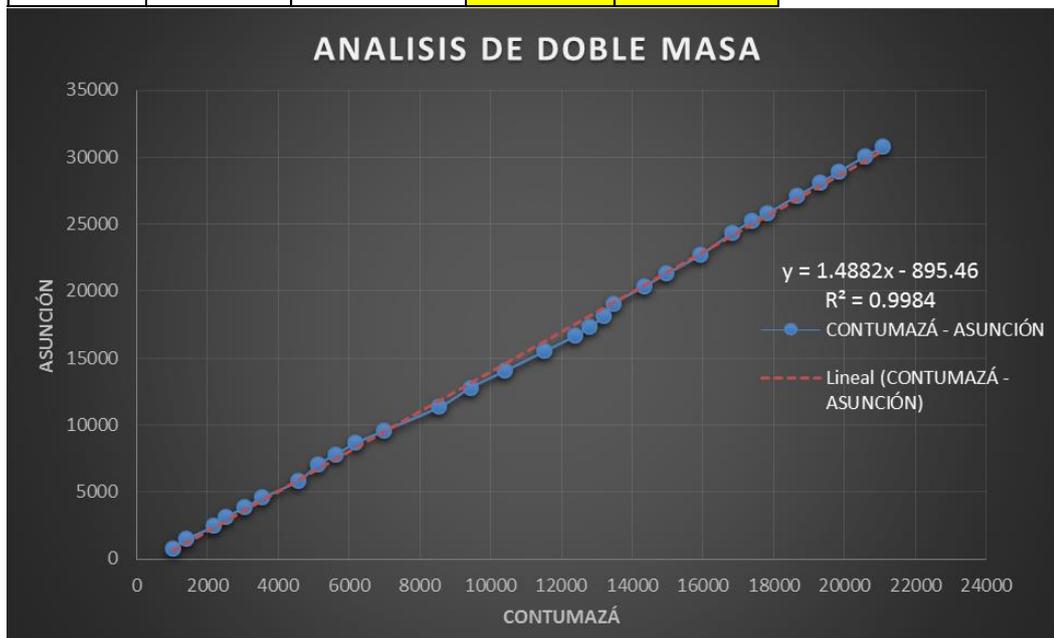


AÑO	ESTACIÓN CHILETE		ESTACIÓN MONTE GRANDE		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Monte Grande tomando como estación base la Est.Chilete			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Periodo 1	(1987 - 2006)		
1987	179	179	952.1	952.1	Periodo 2	(2007-2016)		
1988	140	319	368.4	1320.5	Parametro Estadísticos	Tamaño	n1	20
1989	263	582	767.0	2087.6		n2	10	
1990	157	739	318.3	2405.9		n	30	
1991	183	922	579.3	2985.1		Media	X1	719.1
1992	129	1051	533.9	3519.0		X2	692.8	
1993	352	1403	1015.0	4534.1		Desv. Estan.	S1	317.39
1994	218	1621	551.3	5085.4	S2	186.00		
1995	212	1833	504.1	5589.4	Consistencia de la Media	Varianza	S1^2	100736.55
1996	222	2054	574.1	6163.5		S2^2	34596.84	
1997	194	2248	804.3	6967.8		Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	351	2600	1560.7	8528.5		Desv. Estan. Pond.	Sp	281.92
1999	258	2858	874.6	9403.1		Desv. Estan. Promedios	Sd	109.19
2000	137	2994	987.0	10390.1	"T" Calculado	Tc	0.24	
2001	242	3236	1114.2	11504.3	"T" Tabulado	Tt	2.048	
2002	115	3351	847.9	12352.2	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2003	42	3393	421.0	12773.2	Consistencia Varianza	S1^2> S2^2	SI	
2004	24	3417	405.9	13179.1		G.L. Numerador	G.L.N.	19
2005	125	3542	338.5	13517.7		G.L. Denominador	G.L.D.	9
2006	378	3920	863.9	14381.6		"F" Calculado	Fc	2.91
						"F" Tabulado	Ft	2.94
2007	186.20	4106.40	630.1	15011.6	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2008	338.20	4444.60	954.7	15966.3				
2009	251.00	4695.60	901.1	16867.4				
2010	156.70	4852.30	521.5	17388.9				
2011	110.87	4963.17	454.0	17842.8				
2012	267.60	5230.77	933.2	18776.1				
2013	190.60	5421.37	689.7	19465.8				
2014	148.30	5569.68	553.0	20018.8				
2015	201.75	5771.43	762.2	20781.0				
2016	138.54	5909.97	528.8	21309.8				

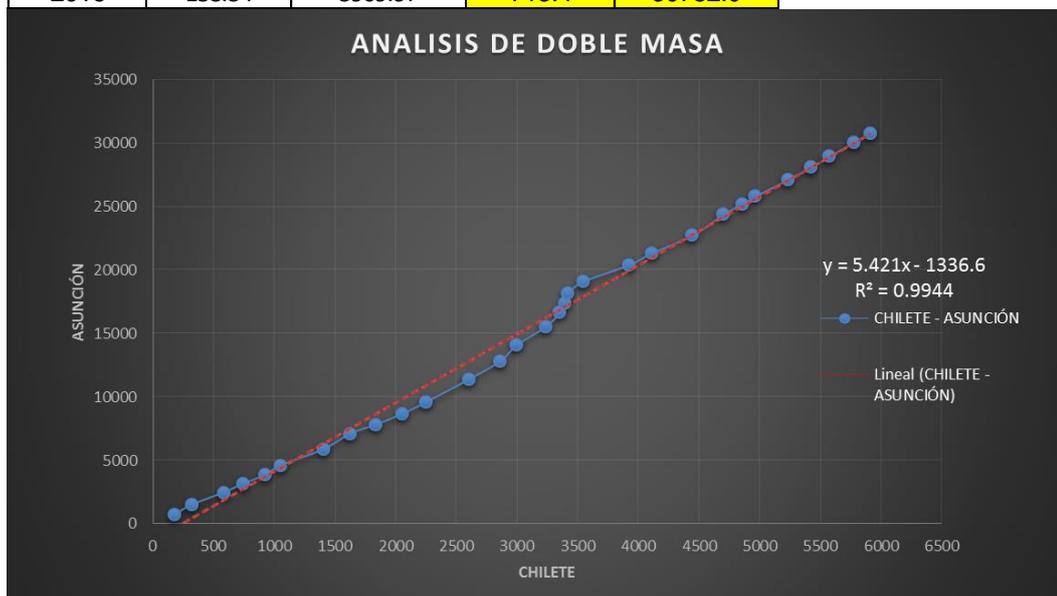


➤ Análisis de consistencia – Estación en estudio Asunción

AÑO	ESTACIÓN CONTUMAZA		ESTACIÓN ASUNCIÓN		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Asunción tomando como estación base la Estación Contumazá			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Parámetro Estadísticos	Periodo 1	(1987-1999)	
1987	1039.80	1039.80	744.4	744.4		Parámetro Estadísticos	Periodo 2	(2000-2016)
1988	361.00	1400.80	726.8	1471.2	Tamaño		n1	13
1989	788.50	2189.30	987.6	2458.8			n2	17
1990	318.30	2507.60	660.2	3119.0			n	30
1991	531.90	3039.50	725.5	3844.5	Media		X1	985.4
1992	517.90	3557.40	739.6	4584.1			X2	1057.1
1993	1016.10	4573.50	1272.9	5857.0	Desv. Estan.	S1	345.31	
1994	551.30	5124.80	1225.9	7082.9		S2	300.37	
1995	490.80	5615.60	715.4	7798.3	Varianza	S1^2	119240.07	
1996	574.10	6189.70	870.3	8668.6		S2^2	90225.06	
1997	804.30	6994.00	920.0	9588.6		Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	1560.70	8554.70	1782.2	11370.8	Consistencia de la Media	Desv. Estan. Pond.	Sp	320.41
1999	874.60	9429.30	1439.7	12810.5		Desv. Estan. Promedios	Sd	118.05
2000	987.00	10416.30	1267.5	14078.0		"T" Calculado	Tc	0.61
2001	1114.20	11530.50	1466.3	15544.3		"T" Tabulado (Tabla)	Tt	2.048
2002	847.90	12378.40	1129.2	16673.5		Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>
2003	421.00	12799.40	690.0	17363.5	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	SI	
2004	405.90	13205.30	815.4	18178.9		G.L. Numerador	G.L.N.	12
2005	271.80	13477.10	904.6	19083.5		G.L. Denominador	G.L.D.	16
2006	868.00	14345.10	1313.5	20397.0		"F" Calculado	Fc	1.32
2007	627.80	14972.90	925.9	21322.9		"F" Tabulado	Ft	2.42
2008	954.70	15927.60	1420.1	22743.0	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2009	897.90	16825.50	1633.6	24376.6				
2010	542.00	17367.50	845.4	25222.0				
2011	440.90	17808.40	614.7	25836.7				
2012	845.00	18653.40	1290.1	27126.8				
2013	649.30	19302.70	992.1	28118.9				
2014	535.00	19837.70	847.5	28966.4				
2015	727.70	20565.40	1102.2	30068.6				
2016	499.50	21064.90	713.4	30782.0				

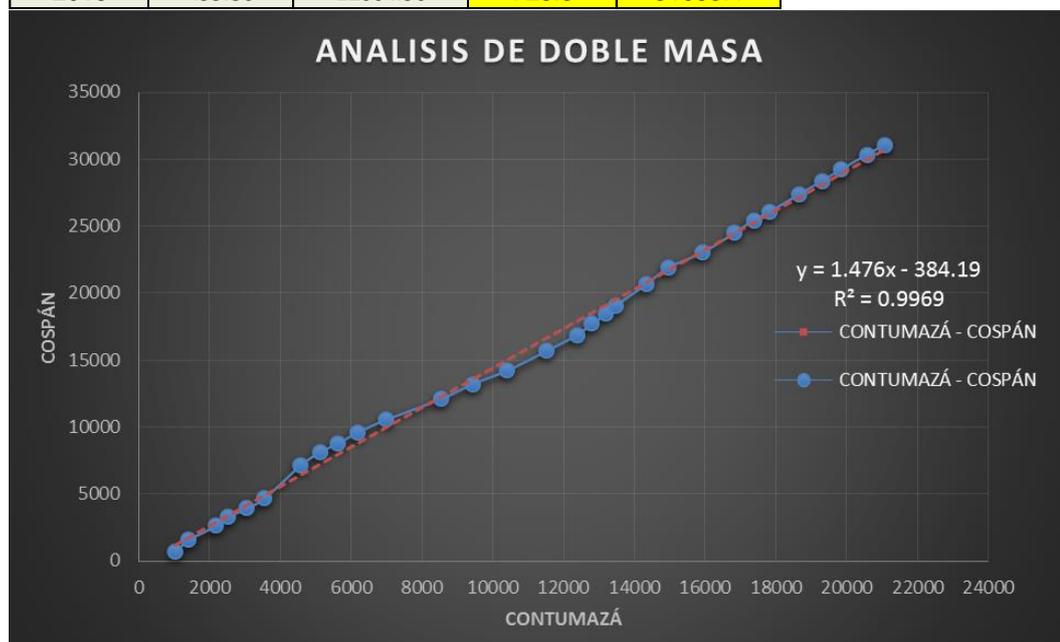


AÑO	ESTACIÓN CHILETE		ESTACIÓN ASUNCIÓN		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Asunción tomando como estación base la Estación Chilete			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Periodo 1	(1987 - 2006)		
1987	179	179	744.4	744.4	Periodo 2	(2006-2016)		
1988	140	319	726.8	1471.2	Parametro Estadísticos	Tamaño	n1	20
1989	263	582	987.6	2458.8		n2	10	
1990	157	739	660.2	3119.0		n	30	
1991	183	922	725.5	3844.5		Media	X1	1019.8
1992	129	1051	739.6	4584.1		X2	1038.5	
1993	352	1403	1272.9	5857.0		Desv. Estan.	S1	321.92
1994	218	1621	1225.9	7082.9	S2	323.36		
1995	212	1833	715.4	7798.3	Varianza	S1^2	103631.99	
1996	222	2054	870.3	8668.6	S2^2	104561.38		
1997	194	2248	920.0	9588.6	Consistencia de la Media	Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	351	2600	1782.2	11370.8		Desv. Estan. Pond.	Sp	322.38
1999	258	2858	1439.7	12810.5		Desv. Estan. Promedios	Sd	124.86
2000	137	2994	1267.5	14078.0		"T" Calculado	Tc	0.15
2001	242	3236	1466.3	15544.3		"T" Tabulado	Tt	2.048
2002	115	3351	1129.2	16673.5	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2003	42	3393	690.0	17363.5	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	NO	
2004	24	3417	815.4	18178.9		G.L. Numerador	G.L.N.	9
2005	125	3542	904.6	19083.5		G.L. Denominador	G.L.D.	19
2006	378	3920	1313.5	20397.0		"F" Calculado	Fc	1.01
						"F" Tabulado	Ft	2.42
					Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2007	186.20	4106.40	925.9	21322.9				
2008	338.20	4444.60	1420.1	22743.0				
2009	251.00	4695.60	1633.6	24376.6				
2010	156.70	4852.30	845.4	25222.0				
2011	110.87	4963.17	614.7	25836.7				
2012	267.60	5230.77	1290.1	27126.8				
2013	190.60	5421.37	992.1	28118.9				
2014	148.30	5569.68	847.5	28966.4				
2015	201.75	5771.43	1102.2	30068.6				
2016	138.54	5909.97	713.4	30782.0				

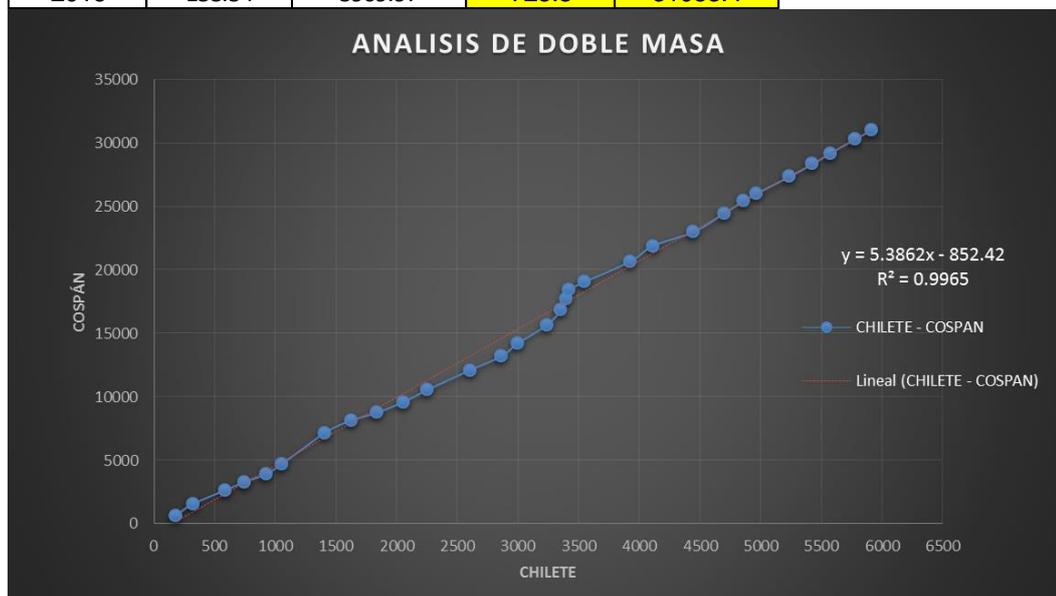


➤ Análisis de consistencia – Estación en estudio Cospán

AÑO	ESTACIÓN CONTUMAZA		ESTACIÓN COSPÁN		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Cospán tomando como estación base la Estación Contumazá			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Periodo 1	(1987-1997; 1996-2016)		
1987	1039.80	1039.80	675.4	675.4	Periodo 2	(2000-2016)		
1988	361.00	1400.80	896.9	1572.3	Parametro Estadísticos	Tamaño	n1	21
1989	788.50	2189.30	1080.0	2652.3		n2	9	
1990	318.30	2507.60	642.3	3294.6		n	30	
1991	531.90	3039.50	637.9	3932.5		Media	X1	996.4
1992	517.90	3557.40	785.2	4717.7		X2	1125.4	
1993	1016.10	4573.50	2447.3	7165.0		Desv. Estan.	S1	408.97
1994	551.30	5124.80	987.0	8152.0	S2	363.53		
1995	490.80	5615.60	619.3	8771.3	Varianza	S1^2	167257.42	
1996	574.10	6189.70	847.0	9618.3	S2^2	132156.14		
1997	804.30	6994.00	947.3	10565.6	Consistencia de la Media	Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	1560.70	8554.70	1559.1	12124.7		Desv. Estan. Pond.	Sp	396.52
1999	874.60	9429.30	1094.0	13218.7		Desv. Estan. Promedios	Sd	157.98
2000	987.00	10416.30	1017.7	14236.4		"T" Calculado	Tc	0.82
2001	1114.20	11530.50	1464.7	15701.1		"T" Tabulado (Tabla)	Tt	2.048
2002	847.90	12378.40	1188.2	16889.3	Criterio de Desición		<b>NO SALTO</b>	
2003	421.00	12799.40	829.4	17718.7	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	SI	
2004	405.90	13205.30	738.3	18457.0		G.L. Numerador	G.L.N.	20
2005	271.80	13477.10	618.5	19075.5		G.L. Denominador	G.L.D.	8
2006	868.00	14345.10	1618.4	20693.9		"F" Calculado	Fc	1.27
2007	627.80	14972.90	1231.5	21925.4		"F" Tabulado	Ft	3.15
2008	954.70	15927.60	1109.8	23035.2	Criterio de Desición		<b>NO SALTO</b>	
2009	897.90	16825.50	1465.2	24500.4				
2010	542.00	17367.50	945.9	25446.3				
2011	440.90	17808.40	610.5	26056.8				
2012	845.00	18653.40	1327.2	27384.0				
2013	649.30	19302.70	993.0	28377.0				
2014	535.00	19837.70	850.2	29227.2				
2015	727.70	20565.40	1100.8	30328.0				
2016	499.50	21064.90	725.3	31053.4				

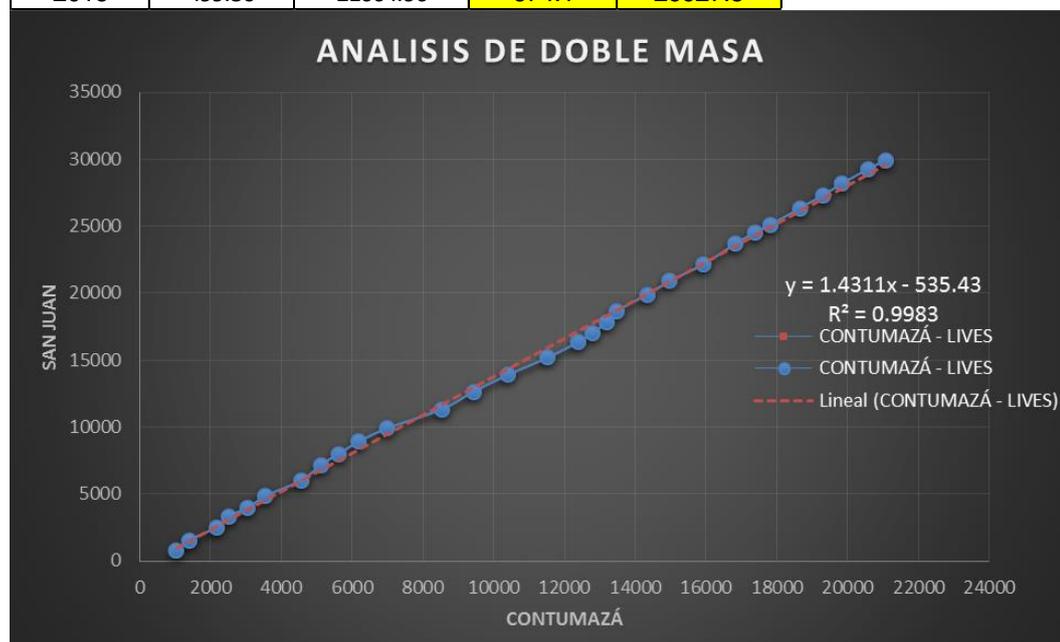


AÑO	ESTACIÓN CHILETE		ESTACIÓN COSPÁN		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Cospán tomando como estación base la Estación Chilete			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Periodo 1	(1987 - 1991)		
1987	179	179	675.4	675.4	Periodo 2	(1992-2016)		
1988	140	319	896.9	1572.3	Parametro Estadísticos	Tamaño	n1	5
1989	263	582	1080.0	2652.3		n2	25	
1990	157	739	642.3	3294.6		n	30	
1991	183	922	637.9	3932.5		Media	X1	786.5
1992	128.50	1050.50	785.2	4717.7		X2	1084.8	
1993	352.40	1402.90	2447.3	7165.0		Desv. Estan.	S1	195.93
1994	217.60	1620.50	987.0	8152.0	S2	407.37		
1995	212.00	1832.50	619.3	8771.3	Varianza	S1^2	38387.30	
1996	221.50	2054.00	847.0	9618.3	S2^2	165946.76		
1997	194.40	2248.40	947.3	10565.6	Consistencia de la Media	Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	351.30	2599.70	1559.1	12124.7		Desv. Estan. Pond.	Sp	384.35
1999	257.80	2857.50	1094.0	13218.7		Desv. Estan. Promedios	Sd	188.29
2000	136.50	2994.00	1017.7	14236.4		"T" Calculado	Tc	1.58
2001	241.80	3235.80	1464.7	15701.1		"T" Tabulado	Tt	2.048
2002	115.30	3351.10	1188.2	16889.3	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2003	42.20	3393.30	829.4	17718.7	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	NO	
2004	23.50	3416.80	738.3	18457.0		G.L. Numerador	G.L.N.	24
2005	125.20	3542.00	618.5	19075.5		G.L. Denominador	G.L.D.	4
2006	378.20	3920.20	1618.4	20693.9		"F" Calculado	Fc	4.32
2007	186.20	4106.40	1231.5	21925.4		"F" Tabulado	Ft	5.77
2008	338.20	4444.60	1109.8	23035.2	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2009	251.00	4695.60	1465.2	24500.4				
2010	156.70	4852.30	945.9	25446.3				
2011	110.87	4963.17	610.5	26056.8				
2012	267.60	5230.77	1327.2	27384.0				
2013	190.60	5421.37	993.0	28377.0				
2014	148.30	5569.68	850.2	29227.2				
2015	201.75	5771.43	1100.8	30328.0				
2016	138.54	5909.97	725.3	31053.4				

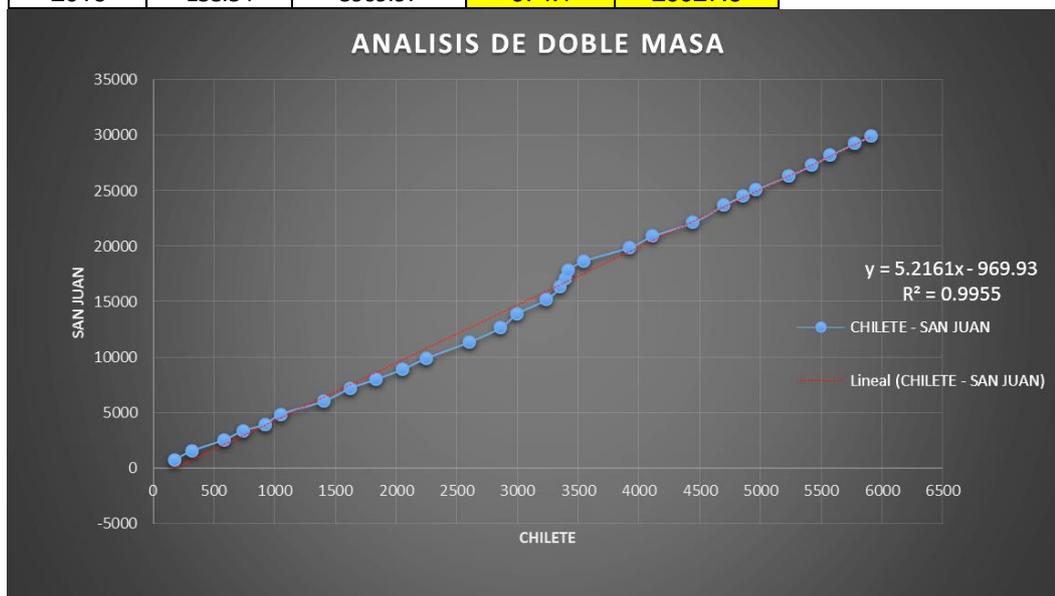


➤ Análisis de consistencia – Estación en estudio San Juan

AÑO	ESTACIÓN CONTUMAZA		ESTACIÓN SAN JUAN		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación San Juan tomando como estación base la Estación Contumazá			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Parametro Estadísticos	Periodo 1	(1987-1999)	
1987	1039.80	1039.80	755.9	755.9		Parametro Estadísticos	Periodo 2	(2000-2016)
1988	361.00	1400.80	778.1	1534.0	Tamaño		n1	13
1989	788.50	2189.30	990.8	2524.8			n2	17
1990	318.30	2507.60	815.6	3340.4	n		30	
1991	531.90	3039.50	584.4	3924.8	Media		X1	973.0
1992	517.90	3557.40	922.7	4847.5			X2	1016.4
1993	1016.10	4573.50	1165.2	6012.7	Desv. Estan.	S1	242.54	
1994	551.30	5124.80	1167.1	7179.8		S2	266.50	
1995	490.80	5615.60	803.3	7983.1	Consistencia de la Media	S1^2	58823.48	
1996	574.10	6189.70	915.5	8898.6		S2^2	71019.68	
1997	804.30	6994.00	996.8	9895.4		Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	1560.70	8554.70	1444.4	11339.8		Desv. Estan. Pond.	Sp	256.50
1999	874.60	9429.30	1308.6	12648.4	Desv. Estan. Promedios	Sd	94.50	
2000	987.00	10416.30	1256.6	13905.0	"T" Calculado	Tc	0.46	
2001	1114.20	11530.50	1282.0	15187.0	"T" Tabulado (Tabla)	Tt	2.048	
2002	847.90	12378.40	1146.9	16333.9	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2003	421.00	12799.40	723.1	17057.0	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	NO	
2004	405.90	13205.30	785.3	17842.3		G.L. Numerador	G.L.N.	16
2005	271.80	13477.10	811.6	18653.9		G.L. Denominador	G.L.D.	12
2006	868.00	14345.10	1245.8	19899.7		"F" Calculado	Fc	1.21
2007	627.80	14972.90	996.3	20896.0	"F" Tabulado	Ft	2.62	
2008	954.70	15927.60	1266.2	22162.2	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2009	897.90	16825.50	1533.8	23696.0				
2010	542.00	17367.50	826.2	24522.2				
2011	440.90	17808.40	579.5	25101.7				
2012	845.00	18653.40	1249.5	26351.2				
2013	649.30	19302.70	972.0	27323.2				
2014	535.00	19837.70	863.2	28186.5				
2015	727.70	20565.40	1067.3	29253.7				
2016	499.50	21064.90	674.1	29927.8				

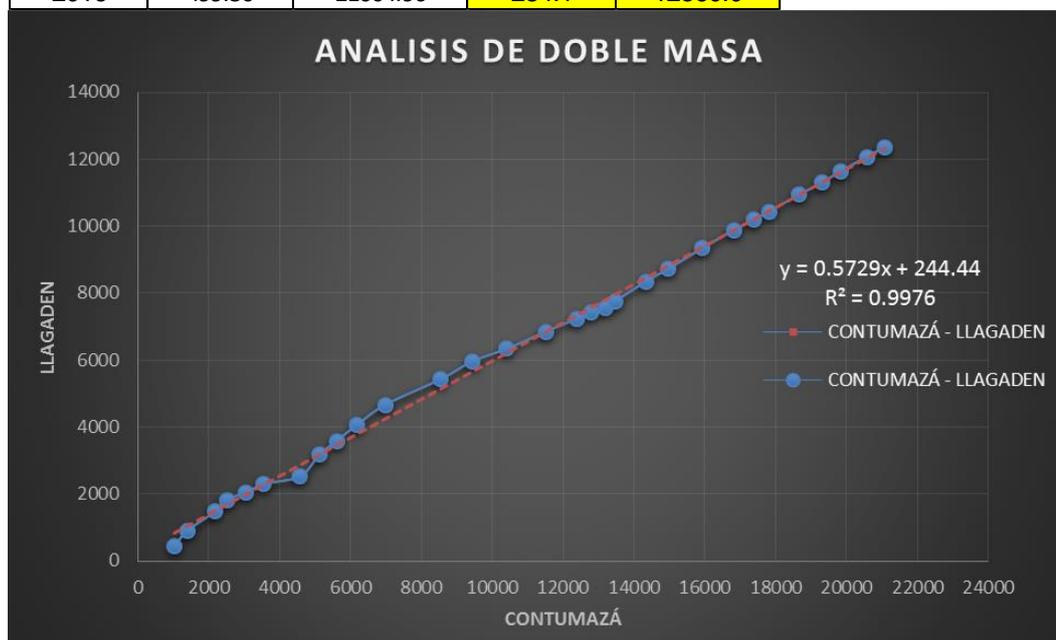


AÑO	ESTACIÓN CHILETE		ESTACIÓN SAN JUAN		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación San Juan tomando como estación base la Estación Chilete		
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Periodo 1	(1987 - 1993, 2006 - 2016)	
1987	179.40	179.40	755.90	755.90	Periodo 2	(1992-2005)	
1988	139.70	319.10	778.10	1534.00	Tamaño	n1	18
1989	263.20	582.30	990.80	2524.80		n2	12
1990	157.10	739.40	815.60	3340.40	Media	n	30
1991	182.60	922.00	584.40	3924.80		X1	960.4
1992	128.50	1050.50	922.70	4847.50	Desv. Estan.	X2	1053.4
1993	352.40	1402.90	1165.20	6012.70		S1	258.54
1994	217.60	1620.50	1167.1	7179.8	Varianza	S2	244.47
1995	212.00	1832.50	803.3	7983.1		S1^2	66842.76
1996	221.50	2054.00	915.5	8898.6	Grados de libertad	S2^2	59767.19
1997	194.40	2248.40	996.8	9895.4		G.D.L.	28
1998	351.30	2599.70	1444.4	11339.8	Desv. Estan. Pond.	Sp	253.11
1999	257.80	2857.50	1308.6	12648.4		Sd	94.33
2000	136.50	2994.00	1256.6	13905.0	Desv. Estan. Promedios	Tc	0.99
2001	241.80	3235.80	1282.0	15187.0	"T" Calculado	Tt	2.048
2002	115.30	3351.10	1146.9	16333.9	"T" Tabulado	Criterio de Decisión	
2003	42.20	3393.30	723.1	17057.0	Consistencia de Varianza	NO SALTO	
2004	23.50	3416.80	785.3	17842.3		S1^2 > S2^2	SI
2005	125.20	3542.00	811.6	18653.9	G.L. Numerador	G.L.N.	17
2006	378.20	3920.20	1245.8	19899.7	G.L. Denominador	G.L.D.	11
2007	186.20	4106.40	996.3	20896.0	"F" Calculado	Fc	1.12
2008	338.20	4444.60	1266.2	22162.2	"F" Tabulado	Ft	5.72
2009	251.00	4695.60	1533.8	23696.0	Criterio de Decisión		
2010	156.70	4852.30	826.2	24522.2	NO SALTO		
2011	110.87	4963.17	579.5	25101.7			
2012	267.60	5230.77	1249.5	26351.2			
2013	190.60	5421.37	972.0	27323.2			
2014	148.30	5569.68	863.2	28186.5			
2015	201.75	5771.43	1067.3	29253.7			
2016	138.54	5909.97	674.1	29927.8			

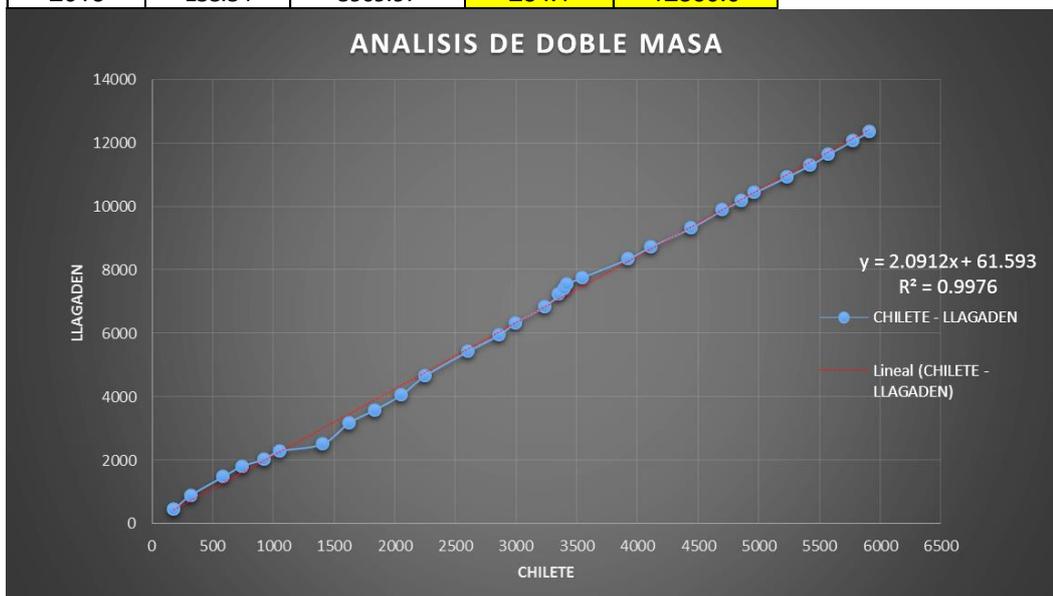


➤ Análisis de consistencia – Estación en estudio Hacienda Llagaden

AÑO	ESTACIÓN CONTUMAZA		ESTACIÓN HACIENDA LLAGADEN		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Llagaden tomando como estación base la Estación Contumazá			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Periodo 1	(1987-1999)		
1987	1039.80	1039.80	456.2	456.2	Periodo 2	(2000-2016)		
1988	361.00	1400.80	444.9	901.1	Parámetro Estadísticos	Tamaño	n1	13
1989	788.50	2189.30	576.1	1477.2		n2	17	
1990	318.30	2507.60	339.7	1816.9		n	30	
1991	531.90	3039.50	215.0	2031.9		Media	X1	457.9
1992	517.90	3557.40	259.5	2291.4			X2	376.9
1993	1016.10	4573.50	223.8	2515.2		Desv. Estan.	S1	169.39
1994	551.30	5124.80	664.7	3179.9	S2		141.49	
1995	490.80	5615.60	409.8	3589.7	Varianza	S1^2	28693.96	
1996	574.10	6189.70	477.4	4067.1		S2^2	20018.52	
1997	804.30	6994.00	599.6	4666.7		Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	1560.70	8554.70	763.5	5430.2	Consistencia de la Media	Desv. Estan. Pond.	Sp	154.07
1999	874.60	9429.30	521.9	5952.1		Desv. Estan. Promedios	Sd	56.76
2000	987.00	10416.30	385.5	6337.7		"T" Calculado	Tc	1.43
2001	1114.20	11530.50	516.0	6853.7		"T" Tabulado (Tabla)	Tt	2.048
2002	847.90	12378.40	375.7	7229.4		Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>
2003	421.00	12799.40	191.5	7420.9	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	SI	
2004	405.90	13205.30	140.3	7561.1		G.L. Numerador	G.L.N.	12
2005	271.80	13477.10	202.4	7763.6		G.L. Denominador	G.L.D.	16
2006	868.00	14345.10	586.8	8350.3		"F" Calculado	Fc	1.43
2007	627.80	14972.90	376.7	8727.0		"F" Tabulado	Ft	2.42
2008	954.70	15927.60	612.5	9339.5	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2009	897.90	16825.50	550.6	9890.1				
2010	542.00	17367.50	299.1	10189.1				
2011	440.90	17808.40	249.7	10438.8				
2012	845.00	18653.40	498.7	10937.5				
2013	649.30	19302.70	368.8	11306.3				
2014	535.00	19837.70	337.5	11643.8				
2015	727.70	20565.40	432.1	12075.9				
2016	499.50	21064.90	284.1	12360.0				

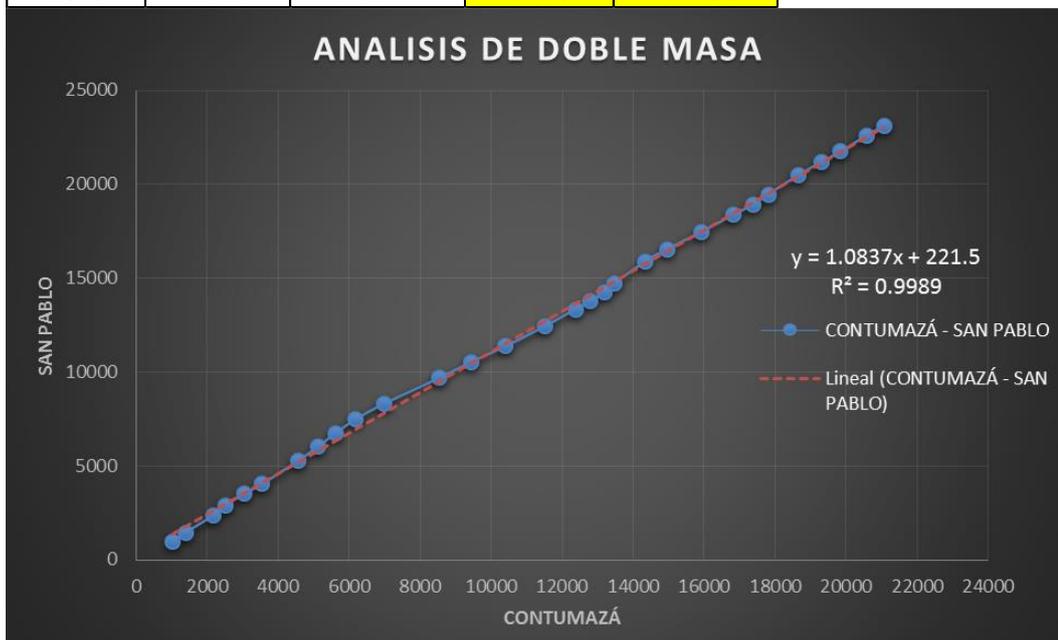


AÑO	ESTACIÓN CHILETE		ESTACIÓN HACIENDA LLAGADEN		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Llagaden tomando como estación base la Estación Chilete			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Parametro Estadísticos	Periodo 1	(1987 - 1991)	
1987	179	179	456.2	456.2		Parametro Estadísticos	Periodo 2	(1992-2016)
1988	140	319	444.9	901.1	Tamaño		n1	5
1989	263	582	576.1	1477.2			n2	25
1990	157	739	339.7	1816.9	n		30	
1991	183	922	215.0	2031.9	Media		X1	406.4
1992	128.50	1050.50	259.5	2291.4			X2	413.1
1993	352.40	1402.90	223.8	2515.2	Desv. Estan.	S1	135.87	
1994	217.60	1620.50	664.7	3179.9		S2	163.15	
1995	212.00	1832.50	409.8	3589.7	Varianza	S1^2	18461.05	
1996	221.50	2054.00	477.4	4067.1		S2^2	26617.85	
1997	194.40	2248.40	599.6	4666.7	Consistencia de la Media	Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	351.30	2599.70	763.5	5430.2		Desv. Estan. Pond.	Sp	159.54
1999	257.80	2857.50	521.9	5952.1		Desv. Estan. Promedios	Sd	78.16
2000	136.50	2994.00	385.5	6337.7		"T" Calculado	Tc	0.09
2001	241.80	3235.80	516.0	6853.7		"T" Tabulado	Tt	2.048
2002	115.30	3351.10	375.7	7229.4	Criterio de Desición		<b>NO SALTO</b>	
2003	42.20	3393.30	191.5	7420.9	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	NO	
2004	23.50	3416.80	140.3	7561.1		G.L. Numerador	G.L.N.	24
2005	125.20	3542.00	202.4	7763.6		G.L. Denominador	G.L.D.	4
2006	378.20	3920.20	586.8	8350.3		"F" Calculado	Fc	1.44
2007	186.20	4106.40	376.7	8727.0		"F" Tabulado	Ft	5.77
2008	338.20	4444.60	612.5	9339.5	Criterio de Desición		<b>NO SALTO</b>	
2009	251.00	4695.60	550.6	9890.1				
2010	156.70	4852.30	299.1	10189.1				
2011	110.87	4963.17	249.7	10438.8				
2012	267.60	5230.77	498.7	10937.5				
2013	190.60	5421.37	368.8	11306.3				
2014	148.30	5569.68	337.5	11643.8				
2015	201.75	5771.43	432.1	12075.9				
2016	138.54	5909.97	284.1	12360.0				

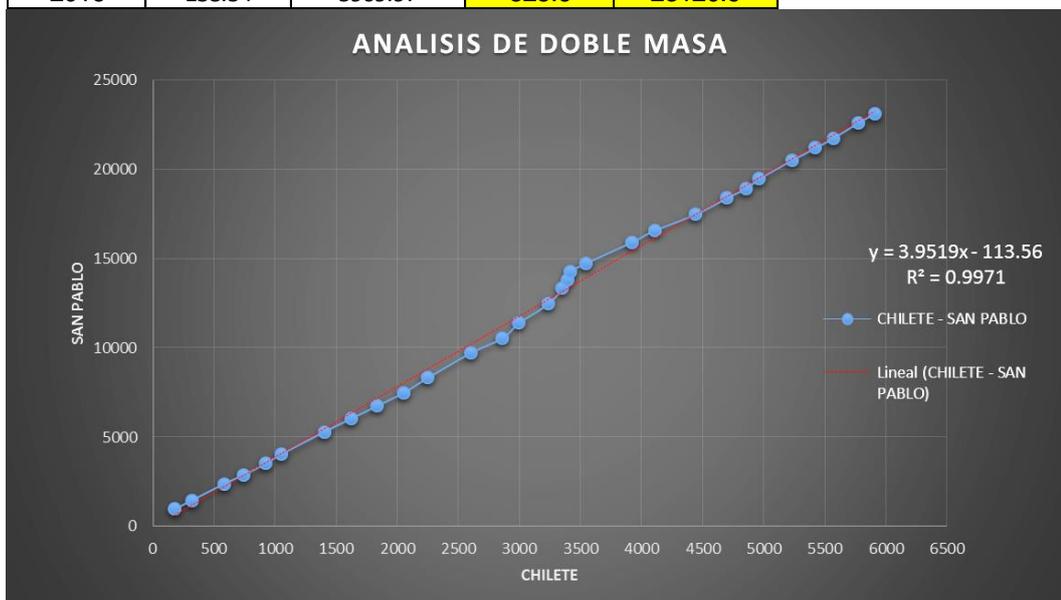


➤ Análisis de consistencia – Estación en estudio San Pablo

AÑO	ESTACIÓN CONTUMAZA		ESTACIÓN SAN PABLO		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación San Pablo tomando como estación base la Estación Contumazá			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Parámetro Estadísticos	Periodo 1	(1987-1999)	
1987	1039.80	1039.80	971.0	971.0		Parámetro Estadísticos	Periodo 2	(2000-2016)
1988	361.00	1400.80	476.1	1447.0	Tamaño		n1	13
1989	788.50	2189.30	921.9	2368.9			n2	17
1990	318.30	2507.60	490.0	2859.0	n		30	
1991	531.90	3039.50	644.8	3503.8	Media		X1	809.5
1992	517.90	3557.40	529.4	4033.2			X2	741.0
1993	1016.10	4573.50	1251.3	5284.5	Desv. Estan.		S1	274.25
1994	551.30	5124.80	732.5	6017.0		S2	238.20	
1995	490.80	5615.60	712.6	6729.6	Varianza	S1^2	75214.21	
1996	574.10	6189.70	752.1	7481.8		S2^2	56740.47	
1997	804.30	6994.00	827.6	8309.4	Consistencia de la Media	Grados de libertad	G.D.L.	28
1998	1560.70	8554.70	1384.4	9693.8		Desv. Estan. Pond.	Sp	254.28
1999	874.60	9429.30	830.2	10524.0		Desv. Estan. Promedios	Sd	93.69
2000	987.00	10416.30	850.2	11374.2		"T" Calculado	Tc	0.73
2001	1114.20	11530.50	1079.5	12453.7		"T" Tabulado (Tabla)	Tt	2.048
2002	847.90	12378.40	887.7	13341.4	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2003	421.00	12799.40	440.5	13781.9	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	SI	
2004	405.90	13205.30	489.1	14271.0		G.L. Numerador	G.L.N.	12
2005	271.80	13477.10	449.3	14720.3		G.L. Denominador	G.L.D.	16
2006	868.00	14345.10	1191.0	15911.2		"F" Calculado	Fc	1.33
2007	627.80	14972.90	646.3	16557.5		"F" Tabulado	Ft	2.42
2008	954.70	15927.60	917.5	17475.0	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2009	897.90	16825.50	904.2	18379.2				
2010	542.00	17367.50	533.6	18912.8				
2011	440.90	17808.40	558.0	19470.8				
2012	845.00	18653.40	1026.7	20497.5				
2013	649.30	19302.70	689.3	21186.9				
2014	535.00	19837.70	559.6	21746.5				
2015	727.70	20565.40	848.9	22595.3				
2016	499.50	21064.90	525.6	23120.9				



AÑO	ESTACIÓN CHILETE		ESTACIÓN SAN PABLO		Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación San Pablo tomando como estación base la Estación Chilete			
	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	P. ANUAL (mm)	P. ACUMULADA (mm)	Parámetro Estadísticos	Periodo 1	(1987 - 1991)	
1987	179	179	971.0	971.0		Tamaño	n1	5
1988	140	319	476.1	1447.0			n2	25
1989	263	582	921.9	2368.9			n	30
1990	157	739	490.0	2859.0		Media	X1	700.8
1991	183	922	644.8	3503.8			X2	784.7
1992	128.50	1050.50	529.4	4033.2		Desv. Estan.	S1	234.49
1993	352.40	1402.90	1251.3	5284.5			S2	257.85
1994	217.60	1620.50	732.5	6017.0		Varianza	S1^2	54986.65
1995	212.00	1832.50	712.6	6729.6			S2^2	66488.84
1996	221.50	2054.00	752.1	7481.8	Consistencia de la Media	Grados de libertad	G.D.L.	28
1997	194.40	2248.40	827.6	8309.4		Desv. Estan. Pond.	Sp	254.65
1998	351.30	2599.70	1384.4	9693.8		Desv. Estan. Promedios	Sd	124.75
1999	257.80	2857.50	830.2	10524.0		"T" Calculado	Tc	0.67
2000	136.50	2994.00	850.2	11374.2		"T" Tabulado	Tt	2.048
2001	241.80	3235.80	1079.5	12453.7	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2002	115.30	3351.10	887.7	13341.4	Consistencia Varianza	S1^2 > S2^2	NO	
2003	42.20	3393.30	440.5	13781.9		G.L. Numerador	G.L.N.	24
2004	23.50	3416.80	489.1	14271.0		G.L. Denominador	G.L.D.	4
2005	125.20	3542.00	449.3	14720.3		"F" Calculado	Fc	1.21
2006	378.20	3920.20	1191.0	15911.2		"F" Tabulado	Ft	5.77
2007	186.20	4106.40	646.3	16557.5	Criterio de Decisión		<b>NO SALTO</b>	
2008	338.20	4444.60	917.5	17475.0				
2009	251.00	4695.60	904.2	18379.2				
2010	156.70	4852.30	533.6	18912.8				
2011	110.87	4963.17	558.0	19470.8				
2012	267.60	5230.77	1026.7	20497.5				
2013	190.60	5421.37	689.3	21186.9				
2014	148.30	5569.68	559.6	21746.5				
2015	201.75	5771.43	848.9	22595.3				
2016	138.54	5909.97	525.6	23120.9				



### A.3. PRECIPITACIONES AGRUPADAS POR PERÍODOS DE 3 AÑOS.

Tabla 33. Precipitaciones promedio mensuales agrupadas por periodos de 3 años – Est. Contumazá

Precipitación Mensual: ESTACIÓN CONTUMAZA													
Departamento:	CAJAMARCA		Provincia:	CONTUMAZA		Distrito:	CONTUMAZA						
ESTE:	740341		NORTE:	9185285		Altitud:	2440 msnm						
N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>1987 - 1989</b>													
1	1987	448.00	284.30	240.10	15.60	0.00	0.00	1.00	4.00	7.70	1.60	29.80	7.70
2	1988	79.60	74.60	41.60	89.00	14.90	0.00	0.00	0.00	1.90	18.00	32.40	9.00
3	1989	105.10	243.60	175.90	163.20	6.80	7.80	0.00	0.00	14.60	49.10	22.40	0.00
1° PERIODO	PROMEDIO	210.90	200.83	152.53	89.27	7.23	2.60	0.33	1.33	8.07	22.90	28.20	5.57
<b>1990 - 1992</b>													
4	1990	42.90	70.30	100.10	19.20	0.50	14.90	0.00	0.00	0.00	28.40	34.40	7.60
5	1991	4.60	89.20	173.20	125.80	26.20	0.00	0.00	0.00	1.50	34.80	48.80	27.80
6	1992	46.70	42.40	189.90	190.70	11.40	8.60	0.00	0.00	21.40	3.20	3.60	0.00
2° PERIODO	PROMEDIO	31.40	67.30	154.40	111.90	12.70	7.83	0.00	0.00	7.63	22.13	28.93	11.80
<b>1993 - 1995</b>													
7	1993	51.60	286.30	342.10	144.70	19.50	0.00	0.00	3.20	33.00	55.50	29.90	50.30
8	1994	110.20	115.00	188.10	52.60	22.10	0.00	1.00	0.00	5.80	0.00	27.00	29.50
9	1995	105.80	94.80	107.30	59.80	5.50	2.30	5.00	0.00	0.00	15.70	35.80	58.80
3° PERIODO	PROMEDIO	89.20	165.37	212.50	85.70	15.70	0.77	2.00	1.07	12.93	23.73	30.90	46.20
<b>1996 - 1998</b>													
10	1996	90.20	161.10	209.60	66.30	5.80	8.10	0.00	0.90	5.90	23.10	0.60	2.50
11	1997	6.60	172.10	64.40	125.30	14.00	7.40	0.00	0.00	28.60	15.70	86.20	284.00
12	1998	373.10	524.10	438.00	145.90	22.50	10.30	0.00	1.80	5.00	14.60	7.60	17.80
4° PERIODO	PROMEDIO	156.63	285.77	237.33	112.50	14.10	8.60	0.00	0.90	13.17	17.80	31.47	101.43
<b>1999 - 2001</b>													
13	1999	69.90	296.20	175.70	90.80	83.00	24.20	18.50	0.00	41.70	14.10	19.10	41.40
14	2000	23.80	215.90	378.30	146.20	65.00	7.80	0.30	5.70	23.80	6.70	34.70	78.80
15	2001	191.80	152.50	457.30	157.50	23.90	8.70	0.00	0.00	18.10	19.70	41.70	43.00
5° PERIODO	PROMEDIO	95.17	221.53	337.10	131.50	57.30	13.57	6.27	1.90	27.87	13.50	31.83	54.40
<b>2002 - 2004</b>													
16	2002	18.00	183.30	192.10	262.80	20.40	9.10	0.70	0.00	4.70	33.40	80.70	42.70
17	2003	76.80	91.40	80.70	54.50	18.30	6.50	0.00	0.70	1.20	1.90	9.20	79.80
18	2004	2.70	100.20	116.20	69.10	20.80	0.00	3.10	0.00	10.60	27.70	18.80	36.70
6° PERIODO	PROMEDIO	32.50	124.97	129.67	128.80	19.83	5.20	1.27	0.23	5.50	21.00	36.23	53.07
<b>2005 - 2007</b>													
19	2005	35.90	40.80	104.10	41.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	15.40	11.10	21.10
20	2006	78.60	190.70	405.90	63.00	3.60	14.60	0.00	0.60	8.60	0.00	30.90	71.50
21	2007	84.40	37.90	256.50	104.80	33.90	0.00	0.00	4.10	0.00	54.60	29.30	22.30
7° PERIODO	PROMEDIO	66.30	89.80	255.50	69.87	12.50	4.87	0.00	1.57	3.40	23.33	23.77	38.30
<b>2008 - 2010</b>													
22	2008	84.20	343.10	213.00	194.40	2.10	4.90	0.00	9.70	9.10	42.90	48.70	2.60
23	2009	208.90	178.30	262.40	72.90	30.40	2.90	5.20	0.00	5.60	64.50	47.60	19.20
24	2010	25.50	169.60	165.70	78.70	25.60	4.80	0.00	0.00	10.10	11.20	16.80	34.00
8° PERIODO	PROMEDIO	106.20	230.33	213.70	115.33	19.37	4.20	1.73	3.23	8.27	39.53	37.70	18.60
<b>2011 - 2013</b>													
25	2011	68.70	25.80	108.40	171.60	4.70	0.60	0.30	0.00	8.30	2.50	9.70	40.30
26	2012	69.90	183.40	248.90	151.60	36.70	0.00	0.00	0.00	0.50	64.10	36.60	53.30
27	2013	27.80	151.10	286.40	17.80	35.30	2.50	0.00	0.50	0.00	57.30	0.60	70.00
9° PERIODO	PROMEDIO	55.47	120.10	214.57	113.67	25.57	1.03	0.10	0.17	2.93	41.30	15.63	54.53
<b>2014 - 2016</b>													
28	2014	47.20	30.80	175.80	64.90	44.60	0.60	0.00	0.00	16.80	41.20	24.70	88.40
29	2015	91.10	67.70	300.70	81.90	48.80	0.00	2.50	0.00	0.30	9.80	58.50	66.40
30	2016	66.40	130.20	119.60	137.10	0.00	8.70	0.00	0.00	0.00	9.90	1.60	26.00
10° PERIODO	PROMEDIO	68.23	76.23	198.70	94.63	31.13	3.10	0.83	0.00	5.70	20.30	28.27	60.27

**Tabla 34. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 1° período**

PRIMER PERÍODO: 1987 - 1989														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	210.90	200.83	152.53	89.27	7.23	2.60	0.33	1.33	8.07	22.90	28.20	5.57
CHILETE	738731	9201395	42.10	56.97	22.43	37.93	5.17	0.70	1.87	4.03	3.17	11.17	7.77	0.80
MONTE GRANDE	703913	9200966	196.69	200.83	124.09	96.32	7.23	2.60	0.33	1.33	8.07	24.60	28.20	5.57
ASUNCIÓN	774268	9189442	209.00	187.07	143.53	96.30	7.17	4.63	2.63	5.93	18.70	50.23	57.77	36.63
COSPÁN	771413	9178116	257.97	201.57	117.70	124.47	37.87	2.07	4.40	5.27	15.97	44.63	52.77	19.43
SAN JUAN	776499	9193333	192.30	214.50	127.40	103.77	7.33	6.30	0.00	5.57	22.57	63.27	57.30	41.30
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	144.13	126.00	36.65	84.98	7.39	2.39	0.00	3.23	3.22	31.02	40.06	13.33
SAN PABLO	739582	9212669	225.12	190.72	119.60	113.14	16.63	3.32	15.26	10.81	17.95	38.19	31.68	7.23

**Tabla 35. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 2° período**

SEGUNDO PERÍODO: 1990 - 1992														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	31.40	67.30	154.40	111.90	12.70	7.83	0.00	0.00	7.63	22.13	28.93	11.80
CHILETE	738731	9201395	17.10	26.53	39.90	20.37	7.57	5.67	0.00	0.00	0.50	14.57	15.43	8.43
MONTE GRANDE	703913	9200966	31.40	67.30	154.40	113.92	10.62	14.77	0.00	0.00	0.50	28.20	37.32	18.73
ASUNCIÓN	774268	9189442	89.73	99.97	185.80	112.07	33.73	17.47	0.37	2.07	6.40	53.67	46.07	61.10
COSPÁN	771413	9178116	77.93	142.93	126.80	114.80	28.73	9.43	1.00	0.67	15.40	65.80	60.10	44.87
SAN JUAN	776499	9193333	97.47	87.67	163.83	103.87	28.40	19.73	1.40	0.93	32.30	94.67	73.17	70.80
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	41.00	46.10	61.03	30.60	28.33	9.17	0.00	0.00	0.00	10.53	18.97	25.67
SAN PABLO	739582	9212669	57.77	75.15	151.50	87.26	25.49	19.56	0.00	0.00	7.84	45.03	47.35	37.83

**Tabla 36. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 3° período**

TERCER PERÍODO: 1993 - 1995														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	89.20	165.37	212.50	85.70	15.70	0.77	2.00	1.07	12.93	23.73	30.90	46.20
CHILETE	738731	9201395	24.70	73.93	84.90	27.03	5.53	0.47	0.17	0.00	2.13	8.20	6.13	27.47
MONTE GRANDE	703913	9200966	89.20	165.37	216.92	85.70	15.70	0.77	2.00	0.71	12.93	23.73	30.90	46.20
ASUNCIÓN	774268	9189442	145.43	222.50	257.77	153.00	38.33	2.60	2.50	0.17	14.03	40.93	57.77	136.37
COSPÁN	771413	9178116	214.67	307.67	340.83	242.07	31.60	2.27	0.00	0.00	28.13	46.37	52.93	84.67
SAN JUAN	776499	9193333	139.60	203.60	227.80	124.80	30.73	2.77	2.90	0.80	18.37	57.97	65.83	170.03
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	42.80	83.03	82.53	52.73	5.93	0.37	0.00	0.00	9.57	33.17	32.33	90.30
SAN PABLO	739582	9212669	110.65	197.83	261.60	89.78	22.11	1.68	4.18	1.11	18.00	32.33	29.99	129.55

**Tabla 37. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 4° período**

CUARTO PERÍODO: 1996 - 1998														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	156.63	285.77	237.33	112.50	14.10	8.60	0.00	0.90	13.17	17.80	31.47	101.43
CHILETE	738731	9201395	37.73	68.93	84.47	21.57	0.00	0.00	0.00	0.00	4.83	5.73	11.37	21.10
MONTE GRANDE	703913	9200966	156.63	285.77	237.33	112.50	14.10	8.60	0.00	0.90	13.17	17.80	31.47	101.43
ASUNCIÓN	774268	9189442	213.73	290.43	275.87	117.27	26.30	8.40	0.00	1.70	25.83	52.90	55.77	122.63
COSPÁN	771413	9178116	170.73	289.43	239.83	95.83	16.80	12.73	0.43	1.97	14.87	72.00	65.10	138.07
SAN JUAN	776499	9193333	178.37	269.43	242.47	111.97	26.10	12.33	0.00	3.80	24.43	67.03	62.90	120.07
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	117.37	149.11	117.90	59.12	4.14	2.09	0.00	0.47	6.70	15.94	38.30	102.38
SAN PABLO	739582	9212669	154.27	200.70	281.09	103.13	10.41	5.07	0.27	3.40	19.23	47.03	38.73	124.70

**Tabla 38. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 5° período**

QUINTO PERÍODO: 1999 - 2001														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	95.17	221.53	337.10	131.50	57.30	13.57	6.27	1.90	27.87	13.50	31.83	54.40
CHILETE	738731	9201395	21.43	76.97	70.80	13.53	10.40	2.77	0.00	0.00	4.03	0.00	2.47	9.63
MONTE GRANDE	703913	9200966	95.17	221.53	337.10	131.50	57.30	13.57	6.27	1.90	27.87	13.50	31.83	54.40
ASUNCIÓN	774268	9189442	186.00	354.87	394.33	116.43	69.50	20.73	4.00	1.43	34.33	28.10	73.00	108.43
COSPÁN	771413	9178116	182.60	285.67	301.03	81.30	66.57	13.47	3.60	2.73	31.37	35.53	70.23	118.03
SAN JUAN	776499	9193333	185.23	317.20	302.13	102.53	60.80	30.43	4.97	2.03	45.47	27.13	83.13	121.33
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	72.72	124.61	99.97	49.55	29.60	9.56	0.00	0.98	8.76	5.71	21.86	51.16
SAN PABLO	739582	9212669	129.17	197.13	278.60	103.07	46.30	11.97	9.03	0.33	34.20	11.27	30.87	68.03

**Tabla 39. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 6° período**

SEXTO PERÍODO: 2002 - 2004														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	32.50	124.97	129.67	128.80	19.83	5.20	1.27	0.23	5.50	21.00	36.23	53.07
CHILETE	738731	9201395	2.53	16.30	20.83	6.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	7.33	6.77
MONTE GRANDE	703913	9200966	32.50	124.97	129.67	128.80	19.83	5.20	1.27	0.23	5.50	21.00	36.23	53.07
ASUNCIÓN	774268	9189442	57.60	194.47	208.93	110.53	21.13	10.20	4.23	2.97	11.70	62.43	67.70	126.30
COSPÁN	771413	9178116	71.23	218.20	226.00	104.17	30.70	6.40	2.57	6.83	12.07	58.63	90.87	90.97
SAN JUAN	776499	9193333	57.60	185.30	204.30	92.53	28.93	13.77	6.90	0.87	8.57	76.50	75.83	134.00
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	17.55	48.28	34.70	40.26	5.61	1.84	0.00	0.12	1.03	9.03	33.34	44.04
SAN PABLO	739582	9212669	25.63	150.60	187.43	70.23	11.23	8.90	3.63	0.00	9.87	26.70	47.70	63.83

**Tabla 40. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 7° período**

SETIMO PERÍODO: 2005 - 2007														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	66.30	89.80	255.50	69.87	12.50	4.87	0.00	1.57	3.40	23.33	23.77	38.30
CHILETE	738731	9201395	32.30	34.50	111.40	24.83	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	6.17	8.03	11.40
MONTE GRANDE	703913	9200966	73.48	89.52	278.03	69.87	6.08	4.87	0.00	1.57	2.04	23.33	23.77	38.30
ASUNCIÓN	774268	9189442	156.77	150.10	398.30	111.13	5.67	10.20	1.03	2.27	9.13	42.53	52.33	108.53
COSPÁN	771413	9178116	156.77	150.10	398.30	111.13	5.67	10.20	1.03	2.27	9.13	42.53	52.33	108.53
SAN JUAN	776499	9193333	151.90	127.13	366.97	102.73	9.47	9.80	2.00	4.50	16.60	57.57	62.47	106.77
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	77.09	53.19	109.63	47.81	3.54	1.72	0.00	0.81	1.72	18.92	27.90	46.31
SAN PABLO	739582	9212669	129.90	100.60	311.76	67.13	11.27	5.40	1.23	3.53	5.77	26.10	28.80	70.70

**Tabla 41. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 8° período**

OCTAVO PERÍODO: 2008 - 2010														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	106.20	230.33	213.70	115.33	19.37	4.20	1.73	3.23	8.27	39.53	37.70	18.60
CHILETE	738731	9201395	43.10	105.37	47.67	19.90	7.03	0.00	0.00	0.00	2.57	7.83	15.17	0.00
MONTE GRANDE	703913	9200966	101.77	248.46	200.13	115.16	18.12	3.55	0.00	3.23	6.67	39.00	43.68	12.64
ASUNCIÓN	774268	9189442	244.90	293.70	320.17	161.83	30.67	5.63	4.70	1.37	22.40	58.20	86.77	69.37
COSPÁN	771413	9178116	190.80	302.40	294.10	115.73	22.83	16.80	11.20	0.17	15.63	69.53	58.10	76.33
SAN JUAN	776499	9193333	228.43	252.83	280.53	138.70	40.97	8.13	6.80	4.20	20.17	64.90	93.53	69.53
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	110.34	150.13	65.01	53.24	14.53	1.49	0.00	1.68	3.80	28.22	48.79	10.15
SAN PABLO	739582	9212669	127.07	234.83	204.17	57.83	16.30	4.30	6.37	3.50	11.30	42.90	38.27	38.27

**Tabla 42. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 9° período**

NOVENO PERÍODO: 2011 - 2013														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	55.47	120.10	214.57	113.67	25.57	1.03	0.10	0.17	2.93	41.30	15.63	54.53
CHILETE	738731	9201395	13.93	42.07	78.20	24.07	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	9.87	2.67	11.99
MONTE GRANDE	703913	9200966	56.98	136.83	258.23	112.79	24.59	0.62	0.07	0.11	1.54	37.83	13.69	49.05
ASUNCIÓN	774268	9189442	94.44	171.31	310.54	133.70	38.43	1.00	0.10	0.18	2.74	74.82	26.35	112.03
COSPÁN	771413	9178116	98.97	187.79	289.74	135.67	44.99	0.93	0.13	0.26	2.80	88.09	27.44	100.09
SAN JUAN	776499	9193333	89.20	158.37	272.26	120.36	38.47	1.29	0.12	0.23	3.62	97.91	30.43	121.42
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	44.58	67.83	83.06	57.89	16.12	0.37	0.00	0.09	0.55	31.95	13.46	56.48
SAN PABLO	739582	9212669	100.42	158.19	212.37	95.59	28.40	0.67	2.13	3.00	9.83	38.06	28.13	81.20

**Tabla 43. Precipitaciones promedio mensuales (Enero – Diciembre) – 10° período**

DECIMO PERÍODO: 2014 - 2016														
ESTACION	ESTE	NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
CONTUMAZÁ	740341	9185285	68.23	76.23	198.70	94.63	31.13	3.10	0.83	0.00	5.70	20.30	28.27	60.27
CHILETE	738731	9201395	15.48	31.42	58.77	19.54	6.84	0.64	0.15	0.00	1.23	5.85	8.19	14.76
MONTE GRANDE	703913	9200966	66.87	94.59	214.26	92.72	26.87	3.69	1.09	0.00	5.98	20.32	31.15	57.13
ASUNCIÓN	774268	9189442	110.83	118.42	257.66	109.91	42.00	5.98	1.62	0.00	10.64	40.20	59.97	130.49
COSPÁN	771413	9178116	116.15	129.81	240.40	111.53	49.17	5.58	2.22	0.00	10.89	47.33	62.44	116.59
SAN JUAN	776499	9193333	104.69	109.47	225.90	98.94	42.04	7.73	2.08	0.00	14.07	52.61	69.26	141.42
HACIENDA LLAGADEN	766815	9196029	52.31	46.89	68.92	47.59	17.61	2.20	0.00	0.00	2.14	17.17	30.63	65.79
SAN PABLO	739582	9212669	103.40	85.20	203.95	78.44	34.53	3.21	2.38	0.00	5.16	19.43	34.89	74.09

#### A.4. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y PRECIPITACIÓN EFECTIVA DE LA CUENCA

Se generó mapas de isoyetas de todos los meses (enero-diciembre) para los 10 períodos, como se muestra en la figura 20.

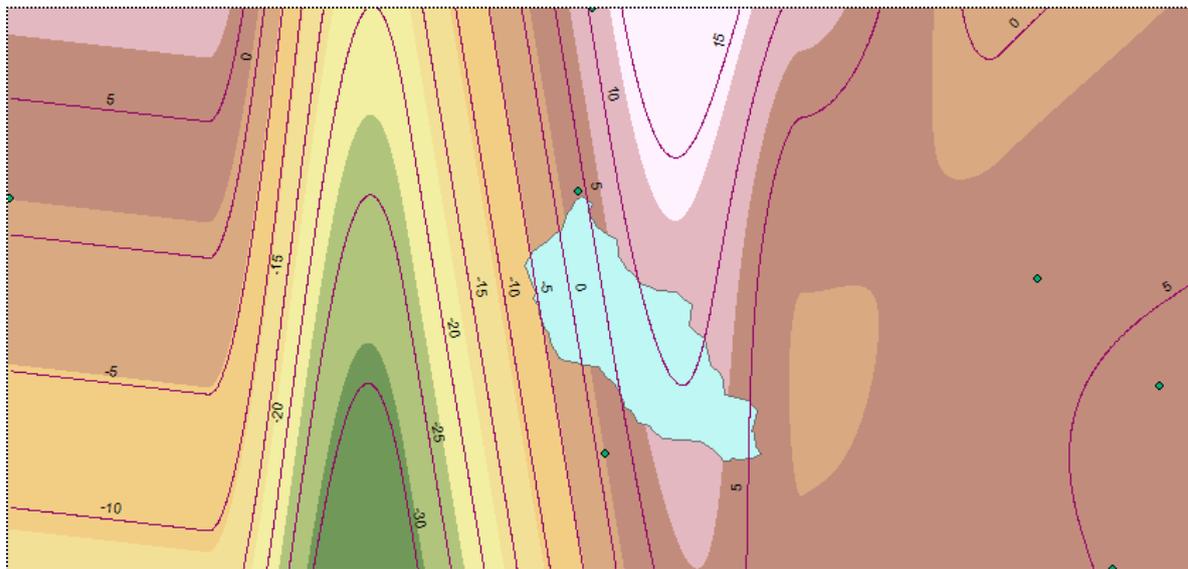


Figura N° 20.- Mapa de isoyetas para el primer período – mes de agosto

De igual manera se procederá para la generación de la precipitación media de la cuenca de todos los meses y todos los periodos, obteniéndose la tabla 42.

Tabla 44. Precipitación media mensual (mm) por períodos generada en la cuenca de la Quebrada Huertas

PRECIPITACION MEDIA DE LA CUENCA - MEDIANTE EL MÉTODO DE ISOYETAS - CUENCA DE LA QUEBRADA HUERTAS

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1987 - 1989	343.69	296.98	218.18	144.45	16.00	4.39	9.33	5.79	17.75	41.98	46.03	9.66	1154.22
1990 - 1992	59.10	101.85	228.71	157.45	25.90	17.12	0.01	0.00	12.79	41.97	50.76	31.51	727.16
1993 - 1995	148.89	250.30	332.41	130.44	26.15	1.52	4.63	1.84	24.59	41.76	48.22	117.13	1127.88
1996 - 1998	238.80	379.76	370.68	169.60	20.82	12.25	0.19	3.24	22.44	46.24	51.73	177.80	1493.54
1999 - 2001	169.58	300.51	474.48	193.80	82.46	19.91	12.42	2.23	48.34	21.30	51.31	95.98	1472.32
2002 - 2004	48.84	216.80	241.63	174.08	27.95	11.14	3.61	0.26	12.10	38.44	65.35	91.70	931.93
2005 - 2007	133.81	134.22	386.67	99.02	20.53	8.50	0.81	4.01	6.36	37.28	38.63	79.46	949.30
2008 - 2010	163.23	319.53	316.57	140.47	25.67	7.46	6.15	5.75	13.71	64.58	53.93	44.16	1161.21
2011 - 2013	115.65	199.67	301.92	163.79	40.62	1.51	1.56	2.22	9.67	61.45	33.51	103.12	1034.67
2014 - 2016	129.69	112.87	295.06	135.95	50.54	4.87	2.33	0.00	8.28	29.99	47.33	102.22	919.13
<b>MEDIA</b>	<b>155.13</b>	<b>231.25</b>	<b>316.63</b>	<b>150.91</b>	<b>33.66</b>	<b>8.87</b>	<b>4.10</b>	<b>2.53</b>	<b>17.60</b>	<b>42.50</b>	<b>48.68</b>	<b>85.27</b>	<b>1097.14</b>
DES V. ESTANDAR	85.67	94.70	79.39	26.71	19.94	6.26	4.13	2.17	12.30	12.96	8.60	47.92	242.17
MIN	48.84	101.85	218.18	99.02	16.00	1.51	0.01	0.00	6.36	21.30	33.51	9.66	727.16
MAX	343.69	379.76	474.48	193.80	82.46	19.91	12.42	5.79	48.34	64.58	65.35	177.80	1493.54

**Tabla 45. Precipitación efectiva (mm) por períodos generada en la cuenca de la Quebrada Huertas**

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1987 - 1989	91.99	79.49	58.40	38.66	4.28	1.17	2.50	1.55	4.75	11.24	12.32	2.58
1990 - 1992	15.82	27.26	61.22	42.14	6.93	4.58	0.00	0.00	3.42	11.23	13.59	8.43
1993 - 1995	39.85	67.00	88.97	34.91	7.00	0.41	1.24	0.49	6.58	11.18	12.91	31.35
1996 - 1998	63.92	101.65	99.22	45.40	5.57	3.28	0.05	0.87	6.01	12.38	13.85	47.59
1999 - 2001	45.39	80.44	127.00	51.87	22.07	5.33	3.32	0.60	12.94	5.70	13.73	25.69
2002 - 2004	13.07	58.03	64.68	46.60	7.48	2.98	0.97	0.07	3.24	10.29	17.49	24.55
2005 - 2007	35.82	35.93	103.50	26.50	5.50	2.27	0.22	1.07	1.70	9.98	10.34	21.27
2008 - 2010	43.69	85.53	84.74	37.60	6.87	2.00	1.65	1.54	3.67	17.29	14.44	11.82
2011 - 2013	30.95	53.44	80.81	43.84	10.87	0.40	0.42	0.59	2.59	16.45	8.97	27.60
2014 - 2016	34.71	30.21	78.98	36.39	13.53	1.30	0.62	0.00	2.22	8.03	12.67	27.36
<b>MEDIA</b>	<b>41.52</b>	<b>61.90</b>	<b>84.75</b>	<b>40.39</b>	<b>9.01</b>	<b>2.37</b>	<b>1.10</b>	<b>0.68</b>	<b>4.71</b>	<b>11.38</b>	<b>13.03</b>	<b>22.82</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>22.93</b>	<b>25.35</b>	<b>21.25</b>	<b>7.15</b>	<b>5.34</b>	<b>1.68</b>	<b>1.11</b>	<b>0.58</b>	<b>3.29</b>	<b>3.47</b>	<b>2.30</b>	<b>12.83</b>
<b>Mín</b>	<b>13.07</b>	<b>27.26</b>	<b>58.40</b>	<b>26.50</b>	<b>4.28</b>	<b>0.40</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.70</b>	<b>5.70</b>	<b>8.97</b>	<b>2.58</b>
<b>Máx</b>	<b>91.99</b>	<b>101.65</b>	<b>127.00</b>	<b>51.87</b>	<b>22.07</b>	<b>5.33</b>	<b>3.32</b>	<b>1.55</b>	<b>12.94</b>	<b>17.29</b>	<b>17.49</b>	<b>47.59</b>

## A.5. CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA HUERTAS.

**Tabla 46. Números aleatorios con distribución Normal, con media 0 y desviación estándar 1 (z)**

PERIODO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JUNIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	-1.32	-1.66	-1.01	0.17	0.49	-1.48	0.70	0.05	-0.62	1.07	-0.51	0.49
2	0.56	0.11	0.20	0.49	0.78	0.09	0.80	-1.36	0.50	1.41	-2.30	-0.84
3	-0.33	0.81	0.74	-0.09	1.55	2.07	0.10	-1.33	-0.21	-2.00	-0.17	-1.34
4	-0.80	0.88	1.12	-0.27	-0.17	0.93	0.03	-0.91	0.04	-0.38	-0.67	-1.35
5	-0.75	0.24	-0.07	-0.15	0.16	-1.43	-0.05	-0.88	0.29	-0.63	-0.63	0.47
6	0.94	0.81	-0.08	1.60	0.95	-0.90	0.72	0.29	-0.73	0.14	-0.03	-0.91
7	0.03	-1.40	0.78	0.61	-0.05	0.65	-2.62	0.69	-0.39	-0.85	0.65	-0.47
8	2.17	-0.81	-1.01	-1.18	-0.49	0.05	1.82	0.35	-0.15	0.25	1.05	-1.53
9	0.12	-1.08	0.17	-1.11	-2.22	0.70	-0.02	0.03	1.18	0.66	-2.96	1.23
10	-1.02	-0.50	-0.48	0.00	1.59	-0.74	-0.76	-1.21	-1.70	-0.54	-0.32	-0.65

**Tabla 47. Caudales medios mensuales (mm/mes) generados con el modelo de Lutz Scholz**

PERIODO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1987 - 1989	61.80	65.71	55.45	42.55	18.77	6.54	7.14	5.71	6.09	12.78	12.90	8.79
1990 - 1992	15.49	23.58	46.32	42.36	20.75	11.70	7.39	2.59	6.17	13.35	10.93	9.49
1993 - 1995	28.52	52.23	72.32	45.02	22.84	13.06	7.40	2.92	6.99	8.07	12.37	22.72
1996 - 1998	46.03	78.19	86.87	55.35	22.35	12.77	6.50	3.57	7.26	11.47	13.15	32.57
1999 - 2001	38.11	62.17	96.58	62.32	34.78	13.93	8.65	4.09	11.93	8.53	12.26	22.26
2002 - 2004	18.56	43.88	54.06	49.14	23.40	9.95	7.29	5.26	4.88	10.35	16.01	20.49
2005 - 2007	30.05	30.69	74.47	41.80	18.39	10.52	1.62	4.78	4.38	8.42	12.29	18.13
2008 - 2010	37.46	63.31	70.34	44.25	19.23	9.64	9.39	6.86	6.56	15.19	17.41	12.35
2011 - 2013	24.84	40.02	62.86	45.80	19.27	9.76	5.73	4.68	7.41	15.61	7.81	23.28
2014 - 2016	28.53	28.29	57.18	41.45	25.69	9.91	4.69	2.01	1.73	6.96	11.65	21.25
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.94</b>	<b>48.81</b>	<b>67.64</b>	<b>47.00</b>	<b>22.55</b>	<b>10.78</b>	<b>6.58</b>	<b>4.25</b>	<b>6.34</b>	<b>11.07</b>	<b>12.68</b>	<b>19.13</b>
<b>DES. EST.</b>	<b>13.64</b>	<b>18.37</b>	<b>15.65</b>	<b>6.84</b>	<b>4.91</b>	<b>2.16</b>	<b>2.19</b>	<b>1.51</b>	<b>2.60</b>	<b>3.09</b>	<b>2.62</b>	<b>7.25</b>
<b>MIN</b>	<b>15.49</b>	<b>23.58</b>	<b>46.32</b>	<b>41.45</b>	<b>18.39</b>	<b>6.54</b>	<b>1.62</b>	<b>2.01</b>	<b>1.73</b>	<b>6.96</b>	<b>7.81</b>	<b>8.79</b>
<b>MAX</b>	<b>61.80</b>	<b>78.19</b>	<b>96.58</b>	<b>62.32</b>	<b>34.78</b>	<b>13.93</b>	<b>9.39</b>	<b>6.86</b>	<b>11.93</b>	<b>15.61</b>	<b>17.41</b>	<b>32.57</b>

Nota: si se inicia el cálculo con el mes de enero, se toma como  $Q_{t-1}$  el valor de  $Q_m$  de Diciembre; en este caso es 22.55 mm/mes (Tabla 21).

**Tabla 48. Caudales medios mensuales (m3/s) generados con el modelo de Lutz Scholz**

PERIODO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1987 - 1989	2.31	2.72	2.08	1.65	0.70	0.25	0.27	0.21	0.24	0.48	0.50	0.33
1990 - 1992	0.58	0.98	1.73	1.64	0.78	0.45	0.28	0.10	0.24	0.50	0.42	0.36
1993 - 1995	1.07	2.16	2.71	1.74	0.85	0.50	0.28	0.11	0.27	0.30	0.48	0.85
1996 - 1998	1.72	3.24	3.25	2.14	0.84	0.49	0.24	0.13	0.28	0.43	0.51	1.22
1999 - 2001	1.43	2.58	3.61	2.41	1.30	0.54	0.32	0.15	0.46	0.32	0.47	0.83
2002 - 2004	0.69	1.82	2.02	1.90	0.88	0.38	0.27	0.20	0.19	0.39	0.62	0.77
2005 - 2007	1.12	1.27	2.79	1.62	0.69	0.41	0.06	0.18	0.17	0.32	0.48	0.68
2008 - 2010	1.40	2.62	2.63	1.71	0.72	0.37	0.35	0.26	0.25	0.57	0.67	0.46
2011 - 2013	0.93	1.66	2.35	1.77	0.72	0.38	0.21	0.18	0.29	0.58	0.30	0.87
2014 - 2016	1.07	1.17	2.14	1.60	0.96	0.38	0.18	0.08	0.07	0.26	0.45	0.80
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.23</b>	<b>2.02</b>	<b>2.53</b>	<b>1.82</b>	<b>0.84</b>	<b>0.42</b>	<b>0.25</b>	<b>0.16</b>	<b>0.25</b>	<b>0.41</b>	<b>0.49</b>	<b>0.72</b>
DES. EST.	0.51	0.76	0.59	0.26	0.18	0.08	0.08	0.06	0.10	0.12	0.10	0.27
MIN	0.58	0.98	1.73	1.60	0.69	0.25	0.06	0.08	0.07	0.26	0.30	0.33
MAX	2.31	3.24	3.61	2.41	1.30	0.54	0.35	0.26	0.46	0.58	0.67	1.22

**Tabla 49. Caudales medios mensuales (MMC) generados con el modelo de Lutz Scholz**

PERIODO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1987 - 1989	6.19	6.59	5.56	4.26	1.88	0.66	0.72	0.57	0.61	1.28	1.29	0.88
1990 - 1992	1.55	2.36	4.64	4.25	2.08	1.17	0.74	0.26	0.62	1.34	1.10	0.95
1993 - 1995	2.86	5.24	7.25	4.51	2.29	1.31	0.74	0.29	0.70	0.81	1.24	2.28
1996 - 1998	4.61	7.84	8.71	5.55	2.24	1.28	0.65	0.36	0.73	1.15	1.32	3.26
1999 - 2001	3.82	6.23	9.68	6.25	3.49	1.40	0.87	0.41	1.20	0.86	1.23	2.23
2002 - 2004	1.86	4.40	5.42	4.93	2.35	1.00	0.73	0.53	0.49	1.04	1.60	2.05
2005 - 2007	3.01	3.08	7.46	4.19	1.84	1.05	0.16	0.48	0.44	0.84	1.23	1.82
2008 - 2010	3.75	6.35	7.05	4.44	1.93	0.97	0.94	0.69	0.66	1.52	1.75	1.24
2011 - 2013	2.49	4.01	6.30	4.59	1.93	0.98	0.57	0.47	0.74	1.56	0.78	2.33
2014 - 2016	2.86	2.84	5.73	4.15	2.58	0.99	0.47	0.20	0.17	0.70	1.17	2.13
<b>PROMEDIO</b>	<b>3.30</b>	<b>4.89</b>	<b>6.78</b>	<b>4.71</b>	<b>2.26</b>	<b>1.08</b>	<b>0.66</b>	<b>0.43</b>	<b>0.64</b>	<b>1.11</b>	<b>1.27</b>	<b>1.92</b>
DES. EST.	1.37	1.84	1.57	0.69	0.49	0.22	0.22	0.15	0.26	0.31	0.26	0.73
MIN	1.55	2.36	4.64	4.15	1.84	0.66	0.16	0.20	0.17	0.70	0.78	0.88
MAX	6.19	7.84	9.68	6.25	3.49	1.40	0.94	0.69	1.20	1.56	1.75	3.26

#### A.6. INVENTARIO DE CANALES QUE DERIVAN CAUDALES.

CANAL	Caudal (L/seg)
Huertas	34.50
El Rupe	26.35

## A.7. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DEL REGISTRO DE CAUDALES

MES:		ENERO			
N =	10	$\Delta \max :$	0.1295	(TABLA)	
X' =	1.23	$\alpha :$	5%		
S =	0.51	$\Delta o :$	0.4093		
		$\Delta \max < \Delta o$	BUEN AJUSTE		
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.58	0.09	-1.2787	0.1005	0.0096
2	0.69	0.18	-1.0537	0.1460	0.0358
3	0.93	0.27	-0.5938	0.2763	0.0036
4	1.07	0.36	-0.3236	0.3731	0.0095
5	1.07	0.45	-0.3230	0.3734	0.0812
6	1.12	0.55	-0.2122	0.4160	0.1295
7	1.40	0.64	0.3312	0.6297	0.0066
8	1.43	0.73	0.3790	0.6477	0.0796
9	1.72	0.82	0.9598	0.8314	0.0132
10	2.31	0.91	2.1150	0.9828	0.0737

MES:		FEBRERO			
N =	10	$\Delta \max :$	0.1119	(TABLA)	
X' =	2.53	$\alpha :$	5%		
S =	0.59	$\Delta o :$	0.4093		
		$\Delta \max < \Delta o$	BUEN AJUSTE		
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	1.73	0.09	-1.3632	0.0864	0.0045
2	2.02	0.18	-0.8681	0.1927	0.0109
3	2.08	0.27	-0.7797	0.2178	0.0549
4	2.14	0.36	-0.6690	0.2517	0.1119
5	2.35	0.45	-0.3058	0.3799	0.0747
6	2.63	0.55	0.1725	0.5685	0.0230
7	2.71	0.64	0.2991	0.6176	0.0188
8	2.79	0.73	0.4362	0.6686	0.0586
9	3.25	0.82	1.2288	0.8904	0.0723
10	3.61	0.91	1.8492	0.9678	0.0587

MES:		MARZO			
N =	10		$\Delta \max :$	0.1119	(TABLA)
X' =	2.53		$\alpha :$	5%	
S =	0.59		$\Delta o :$	0.4093	
		$\Delta \max < \Delta o$	BUEN AJUSTE		
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	1.73	0.09	-1.3632	0.0864	0.0045
2	2.02	0.18	-0.8681	0.1927	0.0109
3	2.08	0.27	-0.7797	0.2178	0.0549
4	2.14	0.36	-0.6690	0.2517	0.1119
5	2.35	0.45	-0.3058	0.3799	0.0747
6	2.63	0.55	0.1725	0.5685	0.0230
7	2.71	0.64	0.2991	0.6176	0.0188
8	2.79	0.73	0.4362	0.6686	0.0586
9	3.25	0.82	1.2288	0.8904	0.0723
10	3.61	0.91	1.8492	0.9678	0.0587

MES:		ABRIL			
N =	10		$\Delta \max :$	0.2064	(TABLA)
X' =	1.82		$\alpha :$	5%	
S =	0.26		$\Delta o :$	0.4093	
		$\Delta \max < \Delta o$	BUEN AJUSTE		
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	1.60	0.09	-0.8120	0.2084	0.1175
2	1.62	0.18	-0.7603	0.2235	0.0417
3	1.64	0.27	-0.6787	0.2486	0.0241
4	1.65	0.36	-0.6516	0.2573	0.1063
5	1.71	0.45	-0.4023	0.3437	0.1108
6	1.74	0.55	-0.2902	0.3858	0.1596
7	1.77	0.64	-0.1763	0.4300	0.2064
8	1.90	0.73	0.3123	0.6226	0.1047
9	2.14	0.82	1.2198	0.8887	0.0705
10	2.41	0.91	2.2394	0.9874	0.0783

MES:		MAYO			
N =	10		$\Delta \max :$	0.1581	(TABLA)
X' =	0.84		$\alpha :$	5%	
S =	0.18		$\Delta o :$	0.4093	
		$\Delta \max < \Delta o$	BUEN AJUSTE		
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.69	0.09	-0.8474	0.1984	0.1075
2	0.70	0.18	-0.7695	0.2208	0.0390
3	0.72	0.27	-0.6754	0.2497	0.0230
4	0.72	0.36	-0.6672	0.2523	0.1113
5	0.78	0.45	-0.3669	0.3568	0.0977
6	0.84	0.55	-0.0401	0.4840	0.0614
7	0.85	0.64	0.0602	0.5240	0.1124
8	0.88	0.73	0.1743	0.5692	0.1581
9	0.96	0.82	0.6404	0.7390	0.0791
10	1.30	0.91	2.4916	0.9936	0.0846

MES:		JUNIO			
N =	10	$\Delta_{max}$ :	0.1173		(TABLA)
X' =	0.42	$\alpha$ :	5%		
S =	0.08	$\Delta_o$ :	0.4093		
		$\Delta_{max}$	<	$\Delta_o$	<b>BUEN AJUSTE</b>
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.25	0.09	-1.9680	0.0245	0.0664
2	0.37	0.18	-0.5269	0.2991	0.1173
3	0.38	0.27	-0.4712	0.3187	0.0460
4	0.38	0.36	-0.4046	0.3429	0.0207
5	0.38	0.45	-0.3855	0.3499	0.1046
6	0.41	0.55	-0.1194	0.4525	0.0930
7	0.45	0.64	0.4291	0.6661	0.0297
8	0.49	0.73	0.9258	0.8227	0.0955
9	0.50	0.82	1.0574	0.8548	0.0366
10	0.54	0.91	1.4634	0.9283	0.0192

MES:		JULIO			
N =	10	$\Delta_{max}$ :	0.1463		(TABLA)
X' =	0.25	$\alpha$ :	5%		
S =	0.08	$\Delta_o$ :	0.4093		
		$\Delta_{max}$	<	$\Delta_o$	<b>BUEN AJUSTE</b>
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.06	0.09	-2.2627	0.0118	0.0791
2	0.18	0.18	-0.8623	0.1943	0.0124
3	0.21	0.27	-0.3899	0.3483	0.0756
4	0.24	0.36	-0.0355	0.4858	0.1222
5	0.27	0.45	0.2556	0.6009	0.1463
6	0.27	0.55	0.3234	0.6268	0.0813
7	0.28	0.64	0.3706	0.6445	0.0082
8	0.28	0.73	0.3738	0.6457	0.0815
9	0.32	0.82	0.9452	0.8277	0.0095
10	0.35	0.91	1.2818	0.9000	0.0090

MES:		AGOSTO			
N =	10	$\Delta_{max}$ :	0.0829		(TABLA)
X' =	0.16	$\alpha$ :	5%		
S =	0.06	$\Delta_o$ :	0.4093		
		$\Delta_{max}$	<	$\Delta_o$	<b>BUEN AJUSTE</b>
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.08	0.09	-1.4821	0.0692	0.0218
2	0.10	0.18	-1.1001	0.1356	0.0462
3	0.11	0.27	-0.8787	0.1898	0.0829
4	0.13	0.36	-0.4523	0.3255	0.0381
5	0.15	0.45	-0.1025	0.4592	0.0046
6	0.18	0.55	0.2848	0.6121	0.0666
7	0.18	0.64	0.3536	0.6382	0.0018
8	0.20	0.73	0.6732	0.7496	0.0223
9	0.21	0.82	0.9707	0.8342	0.0160
10	0.26	0.91	1.7333	0.9585	0.0494

MES:		SETIEMBRE			
N =	10	$\Delta_{max}$ :	0.1580		(TABLA)
X' =	0.25	$\alpha$ :	5%		
S =	0.10	$\Delta_o$ :	0.4093		
		$\Delta_{max}$	<	$\Delta_o$	<b>BUEN AJUSTE</b>
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.07	0.09	-1.7707	0.0383	0.0526
2	0.17	0.18	-0.7532	0.2257	0.0438
3	0.19	0.27	-0.5618	0.2871	0.0144
4	0.24	0.36	-0.0948	0.4622	0.0986
5	0.24	0.45	-0.0661	0.4737	0.0191
6	0.25	0.55	0.0861	0.5343	0.0112
7	0.27	0.64	0.2491	0.5984	0.0380
8	0.28	0.73	0.3527	0.6378	0.0894
9	0.29	0.82	0.4130	0.6602	0.1580
10	0.46	0.91	2.1457	0.9841	0.0750

MES:		OCTUBRE			
N =	10	$\Delta_{max}$ :	0.1587		(TABLA)
X' =	0.41	$\alpha$ :	5%		
S =	0.12	$\Delta_o$ :	0.4093		
		$\Delta_{max}$	<	$\Delta_o$	<b>BUEN AJUSTE</b>
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.26	0.09	-1.3325	0.0914	0.0004
2	0.30	0.18	-0.9739	0.1651	0.0168
3	0.32	0.27	-0.8587	0.1953	0.0775
4	0.32	0.36	-0.8241	0.2049	0.1587
5	0.39	0.45	-0.2345	0.4073	0.0473
6	0.43	0.55	0.1289	0.5513	0.0058
7	0.48	0.64	0.5538	0.7102	0.0738
8	0.50	0.73	0.7384	0.7699	0.0426
9	0.57	0.82	1.3336	0.9088	0.0906
10	0.58	0.91	1.4689	0.9291	0.0200

MES:		NOVIEMBRE			
N =	10	$\Delta_{max}$ :	0.1561		(TABLA)
X' =	0.49	$\alpha$ :	5%		
S =	0.10	$\Delta_o$ :	0.4093		
		$\Delta_{max}$	<	$\Delta_o$	<b>BUEN AJUSTE</b>
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.30	0.09	-1.8538	0.0319	0.0590
2	0.42	0.18	-0.6667	0.2525	0.0707
3	0.45	0.27	-0.3926	0.3473	0.0746
4	0.47	0.36	-0.1584	0.4371	0.0734
5	0.48	0.45	-0.1486	0.4410	0.0136
6	0.48	0.55	-0.1181	0.4530	0.0925
7	0.50	0.64	0.0861	0.5343	0.1021
8	0.51	0.73	0.1794	0.5712	0.1561
9	0.62	0.82	1.2689	0.8978	0.0796
10	0.67	0.91	1.8039	0.9644	0.0553

MES:		DICIEMBRE			
N =	10	$\Delta \max :$	0.1196		
X' =	0.72	$\alpha :$	5%		
S =	0.27	$\Delta o :$	0.4093		
(TABLA)					
$\Delta \max$		<	$\Delta o$	<b>BUEN AJUSTE</b>	
m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.33	0.09	-1.4260	0.0769	0.0140
2	0.36	0.18	-1.3286	0.0920	0.0898
3	0.46	0.27	-0.9349	0.1749	0.0978
4	0.68	0.36	-0.1383	0.4450	0.0814
5	0.77	0.45	0.1869	0.5741	0.1196
6	0.80	0.55	0.2922	0.6149	0.0695
7	0.83	0.64	0.4310	0.6668	0.0304
8	0.85	0.73	0.4941	0.6894	0.0379
9	0.87	0.82	0.5713	0.7161	0.1021
10	1.22	0.91	1.8524	0.9680	0.0589

## A.8. HOJAS DE CÁLCULO

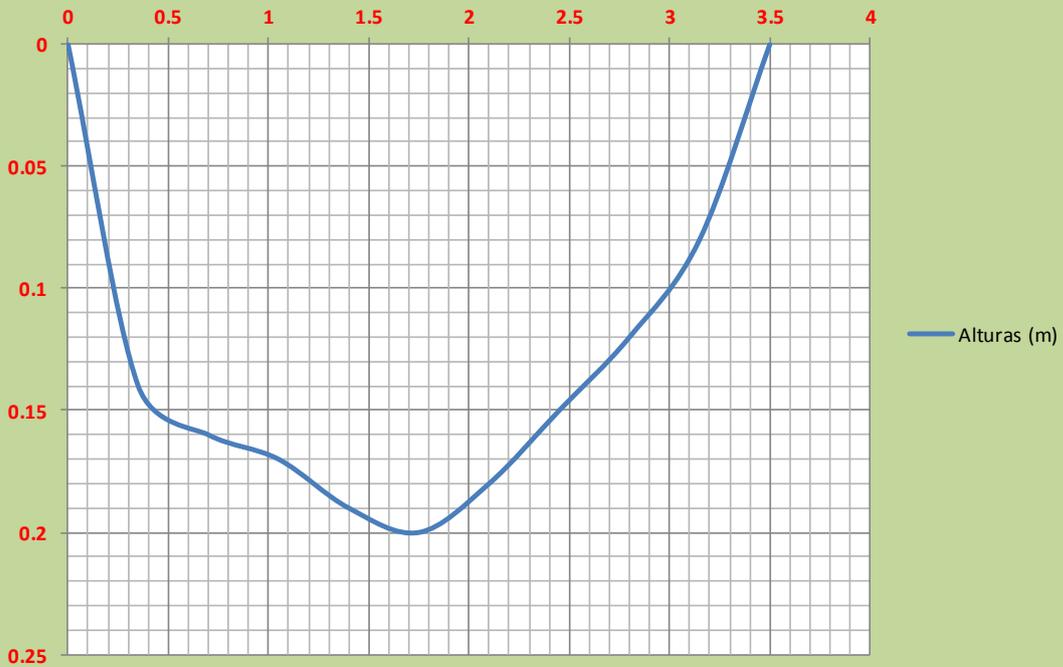
Cálculo de la velocidad en la quebrada Huertas - Chilete - Cajamarca						
<b>MARZO 2018:</b>						
1	13.55					
2	13.49					
3	13.34					
4	13.66					
5	13.75					
	13.56	seg				
				$V_s =$	0.60	m/seg
$d_{A-B} =$	8.2	m				
<b>ABRIL 2018:</b>						
1	12.75					
2	12.69					
3	12.46					
4	12.71					
5	12.69					
	12.66	seg				
				$V_s =$	0.63	m/seg
$d_{A-B} =$	8.0	m				
<b>MAYO 2018:</b>						
1	11.55					
2	11.63					
3	11.53					
4	11.47					
5	11.54					
	11.54	seg				
				$V_s =$	0.65	m/seg
$d_{A-B} =$	7.5	m				

**AFORO QUEBRADA HUERTAS - CHILETE - CAJAMARCA (MARZO)**

**SECCIÓN A**

i	Distancia (m)	Alturas (m)	Áreas parciales (m2)	Area total (m2)
0	0	0	0	0.49
1	0.35	0.14	0.025	
2	0.70	0.16	0.053	
3	1.05	0.17	0.058	
4	1.40	0.19	0.063	
5	1.75	0.2	0.068	
6	2.10	0.18	0.067	
7	2.45	0.15	0.058	
8	2.80	0.12	0.047	
9	3.15	0.08	0.035	
10	3.50	0	0.014	

**PERFIL DEL RÍO**



SECCIÓN B				
i	Distancia (m)	Alturas (m)	Áreas parciales (m <sup>2</sup> )	Area total (m <sup>2</sup> )
0	0	0	0	0.47
1	0.30	0.13	0.020	
2	0.60	0.16	0.044	
3	0.90	0.18	0.051	
4	1.20	0.2	0.057	
5	1.50	0.18	0.057	
6	1.80	0.16	0.051	
7	2.10	0.15	0.047	
8	2.40	0.12	0.041	
9	2.70	0.12	0.036	
10	3.00	0.09	0.032	
11	3.30	0.08	0.026	
12	3.60	0	0.012	



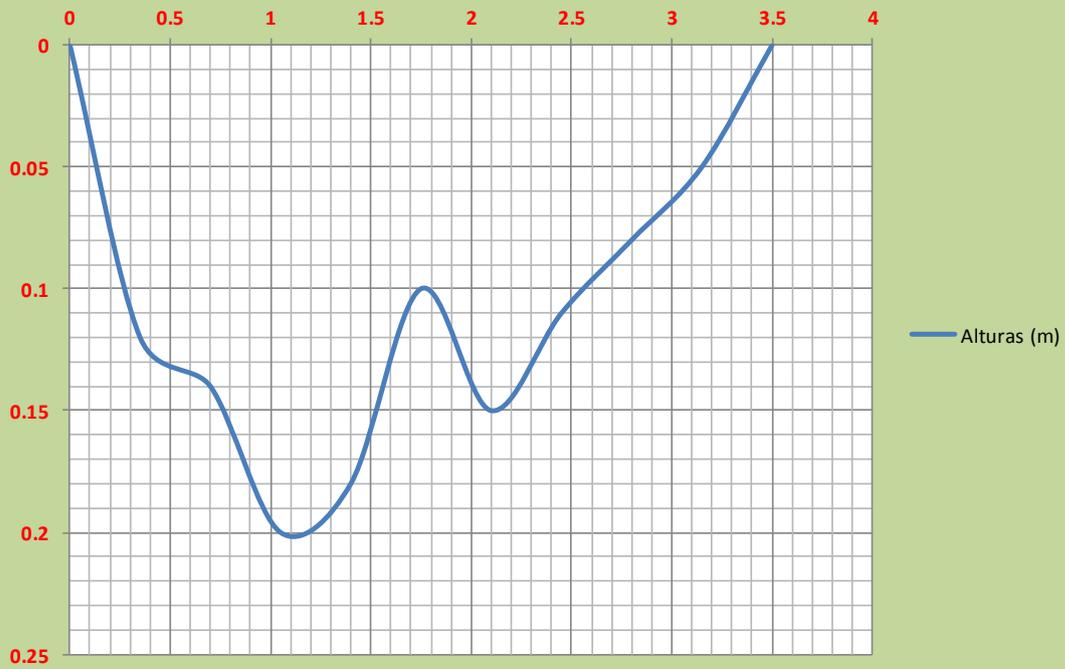
<b>Área promedio:</b>	$A_p = (A_a + A_b) / 2$	
	$A_p \text{ (m}^2\text{)} = 0.48$	
<b>Velocidad superficial:</b>	$V_s \text{ (m/s)} = 0.60$	
<b>CAUDAL (0.85) :</b>	$Q \text{ (m}^3\text{/seg)} = 0.25$	$Q \text{ (L/seg)} = 246.12$

**AFORO QUEBRADA HUERTAS - CHILETE - CAJAMARCA (ABRIL)**

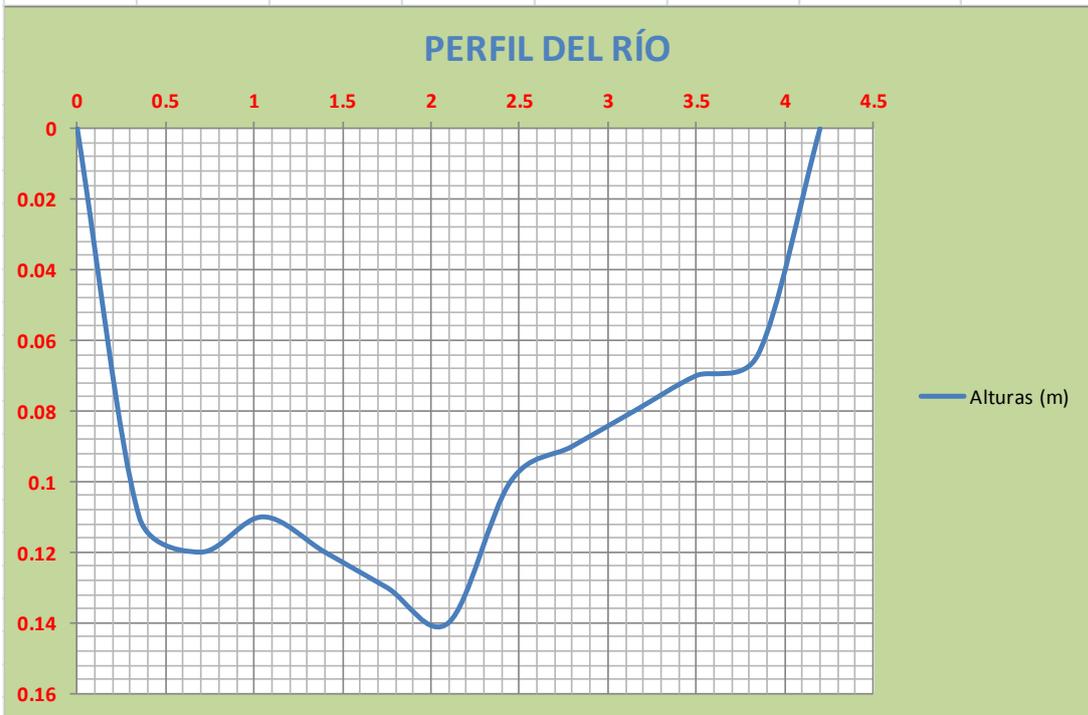
**SECCIÓN A**

<b>i</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Alturas (m)</b>	<b>Áreas parciales (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Area total (m<sup>2</sup>)</b>
0	0	0	0	0.40
1	0.35	0.12	0.021	
2	0.70	0.14	0.046	
3	1.05	0.2	0.060	
4	1.40	0.18	0.067	
5	1.75	0.1	0.049	
6	2.10	0.15	0.044	
7	2.45	0.11	0.046	
8	2.80	0.08	0.033	
9	3.15	0.05	0.023	
10	3.50	0	0.009	

**PERFIL DEL RÍO**



SECCIÓN B				
i	Distancia (m)	Alturas (m)	Áreas parciales (m <sup>2</sup> )	Area total (m <sup>2</sup> )
0	0	0	0	0.40
1	0.35	0.11	0.019	
2	0.70	0.12	0.040	
3	1.05	0.11	0.040	
4	1.40	0.12	0.040	
5	1.75	0.13	0.044	
6	2.10	0.14	0.047	
7	2.45	0.1	0.042	
8	2.80	0.09	0.033	
9	3.15	0.08	0.030	
10	3.50	0.07	0.026	
11	3.85	0.064	0.023	
12	4.20	0	0.011	



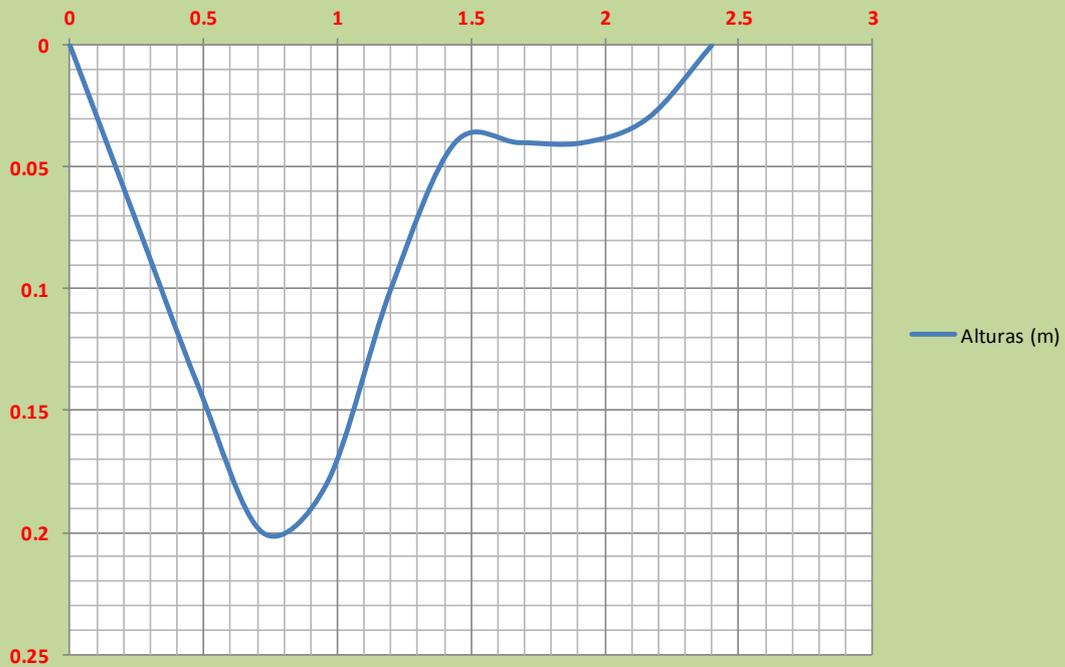
<b>Área promedio:</b>	$A_p = (A_a + A_b) / 2$		
	$A_p \text{ (m}^2\text{)} = 0.40$		
<b>Velocidad superficial:</b>	$V_s \text{ (m/s)} = 0.63$		
<b>CAUDAL (0.85) :</b>	$Q \text{ (m}^3\text{/seg)} = 0.21$		$Q \text{ (L/seg)} = 212.81$

**AFORO QUEBRADA HUERTAS - CHILETE - CAJAMARCA (MAYO)**

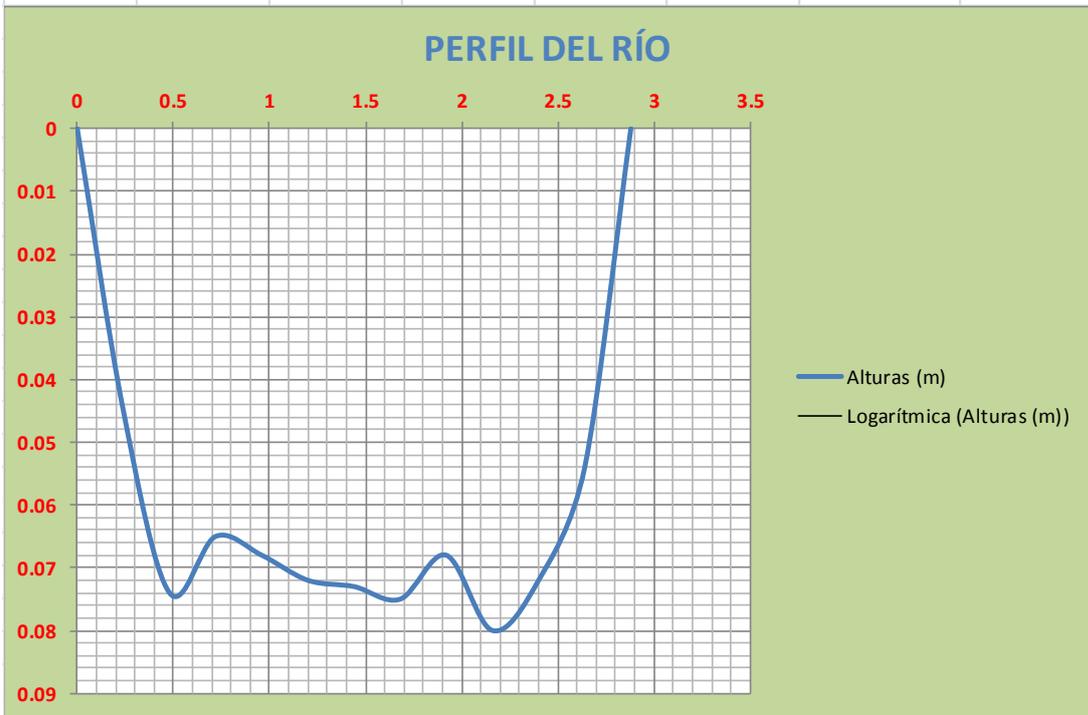
**SECCIÓN A**

i	Distancia (m)	Alturas (m)	Áreas parciales (m2)	Area total (m2)
0	0	0	0	0.20
1	0.24	0.07	0.008	
2	0.48	0.14	0.025	
3	0.72	0.2	0.041	
4	0.96	0.18	0.046	
5	1.20	0.10	0.034	
6	1.44	0.04	0.017	
7	1.68	0.04	0.010	
8	1.92	0.04	0.010	
9	2.16	0.03	0.008	
10	2.40	0	0.004	

**PERFIL DEL RÍO**



SECCIÓN B				
i	Distancia (m)	Alturas (m)	Áreas parciales (m <sup>2</sup> )	Area total (m <sup>2</sup> )
0	0	0	0	0.18
1	0.24	0.045	0.005	
2	0.48	0.074	0.014	
3	0.72	0.065	0.017	
4	0.96	0.068	0.016	
5	1.20	0.072	0.017	
6	1.44	0.073	0.017	
7	1.68	0.075	0.018	
8	1.92	0.068	0.017	
9	2.16	0.080	0.018	
10	2.40	0.072	0.018	
11	2.64	0.054	0.015	
12	2.88	0.000	0.006	



<b>Área promedio:</b>	$A_p = (A_a + A_b) / 2$	
	$A_p \text{ (m}^2\text{)} = 0.19$	
<b>Velocidad superficial:</b>	$V_s \text{ (m/s)} = 0.65$	
<b>CAUDAL (0.85) :</b>	$Q \text{ (m}^3\text{/seg)} = 0.12$	$Q \text{ (L/seg)} = 123.65$

### AFORO CANAL HUERTAS - CANAL RECTANGULAR - CHILETE

1	3.06				
2	2.9				
3	3.4				
4	3.22				
5	3.45				
	3.21	seg			
			V s = 0.59 m/seg		
d <sub>A-B</sub> =	1.9	m			
Ancho =	0.38	m			
Prof. =	0.18	m			
ÁREA =	0.07	m <sup>2</sup>			
CAUDAL (0.85) :			Q (m3/seg)= 0.034	Q (L/seg)= 34.5	

### AFORO CANAL EL RUPE - CANAL RECTANGULAR - CHILETE

1	2.16				
2	2.51				
3	2.54				
4	2.81				
5	2.58				
	2.52	seg			
			V s = 1.23 m/seg		
d <sub>A-B</sub> =	3.1	m			
Ancho =	0.28	m			
Prof. =	0.09	m			
AREA =	0.03	m <sup>2</sup>			
CAUDAL (0.85) :			Q (m3/seg)= 0.026	Q (L/seg)= 26.35	

## A.9. FOTOS



**Figura N° 21: Quebrada Huertas – Punto emisor**



**Figura N° 22: Confluencia de la quebrada Huertas con el Río Jequetepeque**



**Figura N° 23: Punto de aforo con coordenadas E= 738835, N= 9201227 (100 m aguas arriba del punto emisor)**



**Figura N° 24: Vista de laderas– Cuenca de la quebrada Huertas**



**Figura N° 25: Vista general – Cuenca de la quebrada Huertas**



**Figura N° 26: Vista general – Cuenca de la quebrada Huertas**



**Figura N° 27: Aforo de canal Huertas – Caserío Huertas**



**Figura N° 28: Canal Huertas – Caserío Huertas**



**Figura N° 29: Canal Huertas – Caserío Huertas**



**Figura N° 30: Canal Rupe – Caserío Rupe**