



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“OFERTA HÍDRICA PARA USO AGRARÍO EN LA MICROCUENCA
HUANCALLIMA UTILIZANDO ARCGIS Y EL MODELO DE LUTZ
SCHOLTZ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA DE CATASTRO**

AUTOR:

ANGEL LUIS ROSALES RIVERA

ASESOR:

DR. MIGUEL ALVA VELASQUEZ

JURADO:

DR. WALTER ZAMBRANO CABANILLAS

DR. EDWIN GALARZA ZAPATA

MG. WALTER ZUÑIGA DIAZ

LIMA – PERU

2019

ÍNDICE

INDICE.....	ii
INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRAC.....	x
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Planteamiento del Problema.....	13
1.2 Descripción del Problema.....	14
1.3 Formulación del Problema.....	15
1.3.1 Problema General	15
1.3.2 Problema Específico	15
1.4 Antecedentes	15
1.5 Justificación de la Investigación.....	17
1.6 Limitaciones de la Investigación	18
1.7 Objetivos de la Investigación	18
1.7.1 Objetivo general	18
1.7.2 Objetivos específicos	18
1.8 HIPOTESIS	19
1.8.1 Hipótesis general.....	19
1.8.2 Hipótesis específicas.....	19
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1 Ciclo Hidrológico	20
2.2 Procesos del Hidrológico	22
2.2.1 Precipitación.....	22
2.2.2 Interceptación.....	23
2.2.3 Evaporación	23
2.2.4 Infiltración.....	24
2.2.5 Escurrimiento	25
2.2.6 Almacenamiento.....	26
2.2.7 Flujo Lateral	26
2.3 Balance Hidrológico.....	27
2.4 Cuenca Hidrográfica.....	28
2.5 Sistema Hidrológico.....	29
2.6 Modelos Hidrológicos	32
2.6.1 Tipos de Modelos Hidrológicos.....	33
2.6.1.1 Modelo determinístico	33
2.6.1.2 Modelos estadísticos.....	34
2.6.1.3 Modelos probabilísticos.....	34
2.6.1.4 Modelos estocásticos.....	35
2.7 Modelos Precipitación - Descarga	35
2.7.1 Modelo precipitación – descarga propuesto por Budyko.....	35

2.7.2	Modelo precipitación – escorrentía propuesto por Grunsky	35
2.7.3	Modelo precipitación - escorrentía propuesto por Turc	36
2.7.4	Modelo precipitación – descarga propuesto por Lutz Scholtz, 1980	37
2.8	Hidrología Estadística.....	38
2.8.1	Espacio Muestral.....	38
2.8.2	Eventos	38
2.8.3	Probabilidad	38
2.8.4	Variable aleatoria	39
2.8.5	Parámetros estadísticos	39
2.9	Tratamiento de Datos Hidrometeorológicos.....	40
2.9.1	Análisis de consistencia de la información.....	41
2.9.1.1	Análisis visual gráfico.....	41
2.9.1.2	Análisis de doble masa	43
2.9.1.3	Análisis estadístico:	45
2.9.1.4	Corrección de los datos	48
2.9.1.5	Completación y/o extensión de datos hidrometeorológico.....	49
2.10	Modelo Determinístico y Estocástico de Lutz Scholtz	52
2.11	Conceptos básicos del Modelo	53
2.11.1	Balance hídrico.....	53
2.11.1.1	Coeficiente de escurrimiento (c).....	54
2.11.1.2	Evapotranspiración potencial.....	56
2.11.1.3	Precipitación efectiva.....	57
2.11.1.4	Retención de la cuenca	58
2.11.1.5	Relación entre Descargas y la Retención.....	59
2.11.1.6	Coeficiente de Agotamiento.....	59
2.11.1.7	Almacenamiento hídrico.....	60
2.11.1.8	Gasto de la retención	61
2.11.1.9	Restitución	61
2.11.1.10	Abastecimiento de la retención.....	62
2.11.2	Determinación del caudal mensual para el año promedio.....	63
2.11.3	Generación de caudales mensuales para períodos extendidos	63
2.11.4	Restricciones del modelo.....	64
III.	METODO	65
3.1	Tipo de la Investigación.....	65
3.2	Población Muestra.....	65
3.2.1	Ubicación	65
3.2.1.1	Ubicación geográfica.....	65
3.2.1.2	Ubicación hidrográfica.....	66
3.2.1.3	Ubicación política.....	66
3.2.1.4	Ubicación administrativa	67
3.2.1.5	Ubicación geográfica del punto de control y/o aforo	67
3.3	Operacionalización de Variables	67
3.3.1	Variables	68
3.3.2	Indicadores.....	68
3.4	Instrumentos.....	68
3.4.1	Información básica	68
3.4.2	Equipo y programas de cómputo para el análisis	69

3.5	Procedimiento	69
3.5.1	Recopilación de información básica.	69
3.5.1.1	Recopilación de Información cartográfica.....	69
3.5.1.2	Recopilación de la Información hidrometeorológica	70
3.5.1.3	Información meteorológica complementaria	72
3.5.1.4	Determinación de la oferta hídrica de la microcuenca Huancallima	72
3.6	Análisis de Datos.....	73
IV.	RESULTADOS.....	74
4.1	Aplicación del Modelo Precipitación Escorrentía	74
4.1.1	Delimitación de la Microcuenca Huancallima.....	74
4.1.1.1	Características fisiográficas de la cuenca	76
4.1.2	Análisis y regionalización de la información pluviométrica	86
4.1.2.1	Análisis de Consistencia	87
4.1.3	Relación precipitación – altitud	91
4.2	Modelamiento Hidrológico	93
4.2.1	Aplicación de los modelos determinísticos parciales	93
4.2.1.1	Precipitación areal de la microcuenca.....	93
4.2.1.2	Coeficiente de escurrimiento.....	97
4.2.1.3	Cálculo de la evapotranspiración potencial (Etp).....	101
4.2.1.4	Cálculo del coeficiente de escorrentía.....	104
4.2.1.5	Cálculo de la precipitación efectiva	105
4.2.1.6	Cálculo de la retención en la microcuenca	108
4.2.1.7	Cálculo del coeficiente de agotamiento “a”.....	111
4.2.1.8	Abastecimiento de la Retención.....	112
4.2.1.9	Determinación del Caudal Mensual para el año Promedio.....	113
4.2.1.10	Generación y validación de caudales mensuales para períodos extendidos.....	116
4.2.1.11	Cálculo de la oferta hídrica al 75% de persistencia	125
4.2.1.12	Calibración del modelo	126
4.2.2	Demanda de agua en la zona de agrícola	127
4.2.2.1	Área agrícola de Sacsamarca	128
4.2.2.2	Requerimiento de agua de los cultivos.....	128
4.2.2.3	Ce	130
4.2.2.4	Cédula de cultivo	130
4.2.2.5	Coeficiente de cultivo K_c	131
4.2.2.6	Precipitación efectiva agrícola.....	132
4.2.2.7	Eficiencia de riego.....	134
4.2.2.8	Horas de riego.	135
4.2.2.9	Cálculo de demanda de agua en la zona agrícola de Sacsamarca	135
V.	DISCUSION DE RESULTADOS	138
5.1	Discusión.....	138
5.2	Conclusiones.....	139
5.3	Recomendaciones.....	142
VI.	REFERENCIAS.....	144
VII.	ANEXOS	148

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva	58
<i>Tabla 2</i>	Ecuaciones para el cálculo del coeficiente de agotamiento "a"	60
<i>Tabla 3</i>	Lámina de agua acumulada en los tres tipos de almacén hídrico.....	61
<i>Tabla 4</i>	Almacenamiento hídrico durante la época de lluvia (%)	63
<i>Tabla 5</i>	Ubicación del punto de aforo del río Huancallima	67
<i>Tabla 6</i>	Red de estaciones pluviométricas seleccionadas para el estudio	70
<i>Tabla 7</i>	Longitud de registro de datos de las estaciones pluviográficas en estudio ..	71
<i>Tabla 8</i>	Red de estaciones meteorológicas complementarias.....	72
<i>Tabla 9</i>	Áreas parciales de la microcuenca del río Huancallima	83
<i>Tabla 10</i>	Áreas parciales y cálculo del rectángulo equivalente	84
<i>Tabla 11</i>	Relación precipitación - altitud.....	92
<i>Tabla 12</i>	Cálculo de los Factores de Influencia Altitudinal y Geográfica de la Precipitación Total Mensual de las Estaciones Bases en la Estación en Estudio.....	95
<i>Tabla 13</i>	Registro de precipitación mensual acumulada generado (mm)	96
<i>Tabla 14</i>	Análisis regional de temperatura - altitud	98
<i>Tabla 15</i>	Factores de Influencia Altitudinal y Geográfica de las Temperaturas Medias Mensuales	99
<i>Tabla 16</i>	Temperaturas medias mensuales generado (°C)	100
<i>Tabla 17</i>	Registro de temperatura media mensual de las estaciones referenciales y la estación virtual de la microcuenca Huancallima	101
<i>Tabla 18</i>	Evapotranspiración potencial generada (mm/mes), en la microcuenca Huancallima, método de Hargreaves en base a la radiación solar.....	103
<i>Tabla 19</i>	Evapotranspiración potencial generada (mm/mm) en la microcuenca Huancallima, método de Hargreaves en base a la temperatura (°C).....	104
<i>Tabla 20</i>	Resumen del cálculo del coeficiente de escorrentía.....	105
<i>Tabla 21</i>	Relación de precipitación total vs precipitación efectiva, según USBR....	106
<i>Tabla 22</i>	Precipitación efectiva mensual (mm/mes) calculado para la curva II y III	108
<i>Tabla 23</i>	Coeficientes anuales y mensuales para el cálculo de la contribución de la retención.....	109
<i>Tabla 24</i>	Retención de lagunas, nevados y acuíferos de la microcuenca Huancallima	110
<i>Tabla 25</i>	Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias en la sierra (%).....	112
<i>Tabla 26</i>	Coeficientes de aportes y retención	113
<i>Tabla 27</i>	Determinación del caudal mensual para el año promedio de la microcuenca Huancallima.....	115
<i>Tabla 28</i>	Precipitación efectiva generada en la Microcuenca Huancallima (mm/mes)	118
<i>Tabla 29</i>	Números aleatorios generados con distribución normal	119

<i>Tabla 30</i> Datos de Q_t , Q_{t-1} y PE_t para la regresión múltiple	120
<i>Tabla 31</i> Resultado de la regresión múltiple Q_t , Q_{t-1} y PE_t	122
<i>Tabla 32</i> Parámetros de la regresión múltiple	122
<i>Tabla 33</i> Descargas medias mensuales generadas (mm/mes) Período 1965–2006	123
<i>Tabla 34</i> Descargas medias mensuales generadas en la microcuenca Huancallima (m^3/s).....	124
<i>Tabla 35</i> Caudales medios mensuales generados al 75% de persistencia en la microcuenca Huancallima (m^3/s).....	125
<i>Tabla 36</i> Caudal mensual disponible para uso agrícola generado en la microcuenca Huancallima.....	125
<i>Tabla 37</i> Evapotranspiración potencial en la zona de riego del distrito de Sacsamarca.....	129
<i>Tabla 38</i> Cedula de cultivo de la zona de agrícola del distrito de Sacsamarca	130
<i>Tabla 39</i> Coeficiente de uso consuntivo para la cedula de cultivo (K_c)	131
<i>Tabla 40</i> Precipitación mensual generada en la zona de riego (mm/mes)	132
<i>Tabla 41</i> Precipitación efectiva generada en la zona agrícola al 75% de persistencia en (mm/mes)	133
<i>Tabla 43</i> Demanda de agua de los cultivos con precipitación efectiva al 75% de persistencia.	136
<i>Tabla 44</i> Balance hídrico en zona de agrícola del distrito de Sacsamarca (l/s)	137
<i>Tabla 45</i> Balance hídrico en zona agrícola del distrito de Sacsamarca (m^3/mes)...	137

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Representación del ciclo hidrológico.....	21
<i>Figura 2.</i> Ciclo hidrológico del agua.....	21
<i>Figura 3.</i> Cuenca hidrográfica.....	29
<i>Figura 4.</i> Representación del ciclo hidrológico como sistema.....	29
<i>Figura 5.</i> Ciclo hidrológico global mediante diagrama de bloques.....	31
<i>Figura 6.</i> Esquema del sistema hidrológico.....	31
<i>Figura 7.</i> Histograma de precipitación mensual.....	43
<i>Figura 8.</i> Diagrama de doble masa.....	44
<i>Figura 9.</i> Análisis de doble masa.....	44
<i>Figura 10.</i> Gasto y abastecimiento de la retención.....	53
<i>Figura 11.</i> Esquemización del balance hídrico del modelo de Lutz Scholtz.....	56
<i>Figura 12.</i> Relación de cuadrantes del ámbito de la microcuenca Huancallima.....	66
<i>Figura 13.</i> Ubicación Política de la Microcuenca Huancallima.....	67
<i>Figura 14.</i> Ubicación de las estaciones seleccionadas para el estudio.....	71
<i>Figura 15.</i> Delimitación de la microcuenca con el Software ArcGis 10.5.....	76
<i>Figura 16.</i> Sistema hidrográfico de la microcuenca Huancallima.....	78
<i>Figura 17.</i> Perfil longitudinal del río Huancallima.....	82
<i>Figura 18.</i> Curva hipsométricas del río Huancallima.....	83
<i>Figura 19.</i> Rectángulo equivalente de la microcuenca Huancallima.....	85
<i>Figura 20.</i> Análisis de doble masa de datos de precipitación anual.....	88
<i>Figura 21.</i> Diagrama corregido de doble masa de precipitación anual.....	91
<i>Figura 22.</i> Relación precipitación – altitud.....	92
<i>Figura 23.</i> Relación temperatura – altitud.....	98
<i>Figura 24.</i> Variación de la T ^o media mensual generada en la microcuenca Huancallima y T ^o media de las estaciones de referencia.....	101
<i>Figura 25.</i> Porción de precipitación efectiva que produce escurrimiento.....	106
<i>Figura 26.</i> Microcuenca Huancallima con lagunas y nevados.....	110
<i>Figura 27.</i> Aforo del Río Huancallima en la Captación Proyectoado.....	126
<i>Figura 28.</i> Aforo del Río Huancallima.....	126
<i>Figura 29.</i> Canal de riego proyectado y área agrícola del distrito de Sacsamarca.....	128

Oferta hídrica para uso agrario en la microcuenca Huancallima utilizando ArcGis y el Modelo de Lutz Scholtz

Ángel Luis Rosales Rivera

RESUMEN

El presente estudio titulado **Oferta Hídrica Para Uso Agrario en la Microcuenca Huancallima Utilizando ArcGis y el Modelo de Lutz Scholtz**, se ha realizado en la microcuenca del río Huancallima, de la cuenca del río Pampas, ubicado dentro del Departamento de Ayacucho, Provincia de Huancasancos y Distrito de Sacsamarca. El objetivo de la investigación es determinar la oferta hídrica superficial de la microcuenca del río Huancallima a través del modelo Lutz Scholtz con la finalidad de garantizar la demanda hídrica para uso agrícola de la comunidad de Sacsamarca y hacer proyecciones de la disponibilidad hídrica futura para la ampliación de la frontera agrícola. La información hidrometeorológica recopilada y empleada en el trabajo están constituidos por registros de precipitación, temperatura, humedad, radiación solar, evaporación de las estaciones de las cuencas de los ríos Pampas y Acari y/o subcuencas vecinas, proporcionados por el SENAMHI, PETACC, ALA, Juntas de Usuarios y obtenidos de estudios anteriores, inventarios existentes de fuentes hídricas vecinas. Se ha empleado información pluviométrica de 8 estaciones meteorológicas; cercanas a la zona de estudio de las cuales las estaciones Puquio y Lucanas son de tipo climatológica ordinaria (CO) y, las estaciones Paucacorral, Pampamarca, Cceccaña, Andamarca, Apacheta y Pampahuasi son de tipo pluviométricos (PLU), a partir de esta información se generan las descargas medias mensuales para la microcuenca del río Huancallima. Se realizó el análisis de consistencia de los datos mediante el análisis visual de hidrogramas y análisis visual de doble masa, para comprobar si existen saltos o no en las series históricas de precipitaciones totales mensuales de las estaciones, verificado con el análisis estadístico. La generación de precipitación media areal mensual y anual de la Microcuenca del río Huancallima, se ha obtenido mediante el método de regionalización, considerando 08 estaciones pluviométricas. En el modelamiento se siguió todos los pasos requeridos por el modelo, los principales parámetros analizados fueron: coeficiente de escurrimiento, precipitación efectiva,

coeficiente de agotamiento, retención media anual de la cuenca (R) y el abastecimiento de la retención, estos valores se encontraron aplicando las respectivas fórmulas empíricas. Con el resultado de la aplicación del modelo se determinó el caudal mensual del año promedio que fue validado con los valores de caudales aforados en la ubicación de la captación, luego se generó los caudales mensuales para el año promedio, aplicando el proceso Marcoviano de primer orden con una variable de impulso llamado precipitación efectiva. Luego se procedió a determinar la demanda de agua para uso agrícola considerando una cédula de cultivo para el área de riego del distrito de Sacsamarca. Con los valores de la demanda de agua y los valores de la oferta hídrica generada se realizó el balance hídrico de la microcuenca, del resultado del balance hídrico entre la oferta y la demanda hídrica de los cultivos, se observó déficits de agua para cubrir la demanda de agua de la cédula de cultivo del área de riego del distrito Sacsamarca en los meses de julio, agosto y setiembre. Por los resultados obtenidos, se concluye que el modelo hidrológico de Lutz Scholtz es el modelo hidrológico que más se ajusta para el cálculo de caudales medios mensuales para microcuencas altoandinas que carecen de datos hidrometeorológicos.

Palabras claves: Oferta hídrica, Microcuenca Huancallima, modelo hidrológico de Lutz Scholtz.

Water supply for agricultural use in the Huancallima microbasin using ArcGis and the Lutz Scholtz model

Angel Luis Rosales Rivera

ABSTRACT

The present study entitled Water Supply for Agricultural Use in the Huancallima Microbasin Using ArcGis and the Lutz Scholtz Model, has been carried out in the microbasin of the Huancallima River, of the Pampas river basin, located within the Department of Ayacucho, Province of Huancasancos and District of Sacsamarca. The objective of the research is to determine the surface water supply of the Huancallima river micro-basin through the Lutz Scholtz model with the purpose of guaranteeing the water demand for agricultural use of the community of Sacsamarca and making projections of the future hydraulic availability for the expansion of the agricultural frontier. Hydrometeorological information collected and used in the work are constituted by records of precipitation, temperature, humidity, solar radiation, evaporation of the stations of the basins of the Pampas and Acari rivers and / or neighboring sub-basins, provided by SENAMHI, PETACC, ALA, Users' Meetings and obtained from previous studies, existing inventories of neighboring water sources. Rainfall information of 8 meteorological stations has been used; close to the study area, of which the Puquio and Lucanas stations are of the ordinary climatological (CO) type, and the Paucacorral, Pampamarca, Cceccaña, Andamarca, Apacheta and Pampahuasi stations are of the pluviometric type (PLU). From this information, the average monthly discharges are generated for the Huancallima river micro-basin. The consistency analysis of the data was performed through the visual analysis of hydrographs and double mass visual analysis, to check whether there are jumps or not in the historical series of monthly total rainfall of the stations, verified with the statistical analysis. The average monthly and annual areal precipitation generation of the Huancallima river micro-basin has been obtained through the regionalization method, considering 08 rainfall stations. In the modeling, all the steps required by the model were followed, the main parameters analyzed were: runoff coefficient, effective precipitation, depletion coefficient, mean annual retention of the basin (R) and the supply of the

retention, these values were found applying the respective empirical formulas. With the result of the application of the model, the monthly flow of the average year was determined, which was validated with the values of volumetric flows in the location of the catchment, then the monthly flows were generated for the average year, applying the Marcoviano process of first order. With a variable of impulse called effective precipitation. Then, the demand for water for agricultural use was determined considering a crop certificate for the irrigation area of the Sansamarca district. With the values of the water demand and the values of the water supply generated, the water balance of the microbasin was made, the result of the water balance between the supply and the water demand of the crops, water deficits were observed to cover the demand of water from the cultivation card of the irrigation area of the district of Sacsamarca in the months of July, August and September. Based on the results obtained, it is concluded that the hydrological model of Lutz Scholtz is the hydrological model that best fits the calculation of average monthly flows for high Andean micro-basins that lack Hydrometeorological data.

Key word: Water Supply, Huancallima river micro-basin, Lutz Scholtz Model.

I. INTRODUCCIÓN

El agua, pese a ser uno de los recursos naturales más importantes, es a la vez el más escaso y variable en nuestro país, especialmente en la costa y en la sierra, que son paradójicamente las regiones donde se asentaron con predominancia las culturas humanas y se desarrolló la agricultura de riego. Esta escasez y variabilidad se deben a nuestras particulares condiciones geográficas, extremadamente diversas y accidentadas, y a nuestras fluctuantes condiciones climáticas uno de cuyos resultados son los ciclos periódicos de inundaciones y sequías.

La escases del recurso hídrico en el país se viene acrecentando, debido a diferentes factores como la deforestación de nuestros bosques en la selva, el despilfarro y mal uso del agua, la contaminación de las fuentes hídricas y el calentamiento global, situación que altera el ciclo hidrológico del agua, Se prevé que en el 2030 el Perú empezara a sentir seriamente los estragos de la falta de agua. Castro, 2013; “Cambio climático, crisis hídrica y derechos de agua”.

Bajo este marco el presente estudio hidrológico de la microcuenca del río Huancallima se sustenta, no sólo en la necesidad de contar con una descripción, evaluación y cuantificación de su disponibilidad hídrica, sino también tener fundamentos que permitan entender el real funcionamiento hidrológico de la microcuenca, para plantear un proyecto de abastecimiento de agua para uso agrícola para la comunidad de Sacsamarca.

Para el cálculo de la disponibilidad hídrica de una cuenca nos encontramos generalmente frente a dos situaciones: Primer caso, en que el río o fuente de agua cuenta con una serie de datos de caudales históricos y el Segundo caso es, en que la fuente de agua no tiene datos históricos de caudales. En el presente estudio, el río Huancallima carece de registro histórico de caudales, por lo que se determinará la disponibilidad hídrica en un punto de interés, en base a la precipitación mediante un Modelo Hidrológico de Precipitación - Escorrentía.

El modelo hidrológico propuesto toma en consideración los parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la Precipitación Efectiva, coeficiente de escurrimiento, déficit de escurrimiento, retención y coeficiente de agotamiento de las cuencas. El modelo hidrológico seleccionado para desarrollar el estudio, es un modelo híbrido, 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). Lutz Scholtz, 1980; Modelo Hidrológico Precipitación – Escorrentía.

1.1 Planteamiento del Problema

En la localidad de Sacsamarca, actualmente las actividades agropecuarias se encuentran en un estado de retraso debido a diferentes causas, tales como: Los terrenos aptos para la actividad agrícola producen una sola campaña, el nivel tecnológico para el desarrollo de la agricultura es bajo, complementado con la falta de infraestructura de riego para garantizar la oferta de agua oportuna y en la cantidad necesaria para el desarrollo óptimo de los cultivos.

La localidad de Sacsamarca, actualmente disponen de 200 has. de áreas de cultivo en secano, no cuenta con obras de infraestructura de riego para el servicio de las áreas agrícolas disponibles, durante el año agrícola en la zona se presenta precipitaciones en los meses de Diciembre – Marzo y el resto del año presenta sequías o eventualmente menores precipitaciones que no permite tener una agricultura permanente lo cual torna difícil la producción agrícola dejando a merced del comportamiento climático el desarrollo de los cultivos de pan llevar y de forraje, afectando de manera particular a los pobladores y a las actividades económicas relacionados con el sector agropecuario.

La principal fuente de agua para mejorar la actividad agrícola de la comunidad de Sacsamarca es el río Huancallima que tienen un régimen permanente, en épocas de estiaje presenta un caudal aproximado de 90 l/s según información

extraoficial, oferta hídrica que el estudio quiere verificar mediante el análisis hidrológico de la microcuenca Huancallima, para recomendar la construcción de la infraestructura necesaria para regar las áreas agrícolas disponibles.

1.2 Descripción del Problema

La sierra de nuestro país, tiene la particularidad de presentar dos períodos bien definidos: uno denominado lluvioso que se inicia en el mes de septiembre culminando en abril; período donde se realiza en gran parte las mayores actividades agrícolas, mientras que el período seco empieza en mayo terminando en el mes de agosto. Por otro lado, el mes setiembre es el inicio del período hidrológico en nuestro país, por ello, es de interés nacional las proyecciones del comportamiento pluviométrico de los espacios físicos naturales (cuencas), para la determinación de la esorrentía y producción hídrica.

El cálculo de la oferta hídrica para uso agrícola requiere de información hidrológica, desafortunadamente en la sierra del país se dispone de escasa información pluviométrica y casi nula información de caudales registrados, en vista de lo cual se dificulta determinar la oferta hídrica de las cuencas. Para paliar esta situación, en la práctica, se recurre a diferentes procedimientos dependiendo de la información disponible y en el mejor de los casos a modelos empíricos y semiempíricos desarrollados en otros países.

Mediante el modelamiento hidrológico podemos conocer y evaluar las características físicas y geomorfológicas de las cuencas, también nos permite analizar y tratar la información hidrometeorológica existente de las cuencas. Se analiza y se evalúa la esorrentía mediante registros históricos con la finalidad de obtener caudales mensuales, medios, máximos y mínimos, para luego encontrar el funcionamiento de la hidrología de las cuencas en estudio, hallar la demanda de agua para las áreas de riego, encontrar el balance hídrico de las cuencas. Se complementará el estudio con el apoyo del Software ArcGis para la obtención de los planos georeferenciados de los resultados de la geomorfología y el análisis espacial y temporal de la precipitación y con el modelo hidrológico Lutz Sholtz para la generación de los

caudales para el año promedio y para la generación de series de caudales extendidos de la microcuenca.

El presente estudio desarrollara la evaluación del Recurso Hídrico del río Huancallima como fuente para el uso de agua con fines de riego, para abastecer la demanda de agua de las áreas agrícolas de la localidad de Sacsamarca.

En función a lo expuesto es que la presente investigación pretende responder a las siguientes interrogantes:

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema General

¿El conocimiento temporal y espacial de la oferta hídrica de la microcuenca Huancallima permite planificar el uso racional del recurso hídrico, con perspectiva de desarrollo agrícola sostenible de la comunidad Sacsamarca?

1.3.2 Problema Específico

¿Calcular la disponibilidad hídrica de la microcuenca mediante sus características geomorfológicas e hidrológicas, permite garantizar la oferta del recurso hídrico para las actividades agrícolas de la comunidad de Sacsamarca?

¿Es posible realizar un diagnóstico del recurso hídrico superficial a través de un modelamiento georeferenciado (en formato tabular, vectorial y raster) y el modelamiento hidrológico (modelo hidrológico Lutz Sholtz)?

1.4 Antecedentes

Cuando una cuenca o subcuenca no dispone de información de caudales se utiliza diversos métodos y procedimientos que a partir de los elementos o variables meteorológicas y los elementos geográficos nos permite generar descargas a nivel mensual, mediante modelos hidrológicos, los mismo que pueden ser determinísticos si representa una realidad a escala o estocástica si se incluye una variable aleatoria.

En nuestro país, en la década de los 80, el experto Lutz Sholz desarrollo el modelo matemático “Transformación de Precipitación en Caudales o Descargas” para el Proyecto Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones (PNPMH) del Ministerio de Agricultura en el Marco de la Cooperación Técnica de la Republica Alemana a través del Plan Meris II.

El INRENA, la Intendencia de los Recursos Hídricos y la Administración del Distrito de Riego Juliaca; 2007; realizo el estudio hidrológico “Evaluación de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa – Juliaca, con la disponibilidad hídrica estimada en la cabecera del área de riego tanto en la cuenca del río Cabanillas como en la cuenca del río Lampa, se ha realizado una propuesta de asignaciones de agua en forma mensual a nivel de bocatomas de captación para cada uno de los bloques de riego considerados en cada una de las cuencas.

El SENAMHI en cooperación con el Programa de Adaptación al Cambio Climático- 2009, realizó la Caracterización de la oferta hídrica superficial en las cuencas, Pampas, Apurímac y Urubamba. La información de caudales ha sido generada teniendo en cuenta las características de precipitación y evapotranspiración de cada unidad delimitada, mediante el modelo hidrológico Lutz Sholtz, la delimitación las cuencas y subcuencas, se realizó utilizando el Modelo de Elevación del terreno de la Nasa SRTM de 90 m. de resolución y ASTER GDEM de 30 m. y los mapas temáticos digitales de cuencas de la Autoridad Nacional del Agua.

Edilberto Tarazona Santos; 2005; realizo el estudio de Generación de Descargas Mensuales en Subcuencas de la Cuenca del Rio Santa Utilizando el método de Lutz Scholz. En este trabajo el el autor logro generar caudales en seis subcuencas de la margen derecha del Rio Santa utilizando el modelo matemático “Precipitacion – Escorrentía” con influencia de los glaciares, obteniendo resultados aceptables, cuya correlación de los caudales medios generados para el año promedio tiene una correlación de 98% con respecto a los caudales registrados.

Alvin Lisandro Lopez Lopez y Karen Aracely Delgado Soriano; 2009; “Modelación Hidrológica de la Subcuenca Lempa Alto, en cooperación con la

Comisión Transnacional del Plan Trifinio (El Salvador, Honduras, Guatemala). En este trabajo de investigación los autores desarrollaron un Modelo hidrológico, en la subcuenca Lempa Alto, el cual define una estimación de caudales, en los diferentes afluentes de la subcuenca. El modelo se ha desarrollado siguiendo una metodología utilizando el software ArcGis. El objetivo era obtener una herramienta que proporcione la disponibilidad de recurso agua en la subcuenca Lempa Alto ubicado en la región del Trifinio de América Central (Honduras-Guatemala-El Salvador) y con ello contribuir a la toma de decisiones de las diferentes entidades de los países asociados.

1.5 Justificación de la Investigación

Con la introducción de técnicas de geo procesamiento se ha mejorado la representación espacial de las variables geomorfológicas y climáticas de las cuencas, así mismo para la determinación de variables hidrológicas en cuencas que carecen de información meteorológicas se recurre a diferentes procedimientos dependiendo de la información disponible y en el mejor de los casos a modelos empíricos y semiempíricos desarrollados y calibrados para casos específicos.

La tendencia actual en la determinación de la oferta hídrica en cuencas hidrográficas es incorporar un número Digital del Terreno, que represente adecuadamente la variabilidad espacial de las variables geomorfológicas y hidroclimáticas, las cuales son representadas en celdas o grillas de distinta resolución espacial, que sirven como dato de entrada para la modelización de la respuesta hidrológica de la cuenca.

El modelo propuesto toma en consideración los parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la Precipitación Efectiva, coeficiente de escurrimiento, déficit de escurrimiento, retención y coeficiente de agotamiento de las cuencas.

Una técnica muy utilizada para la generación de caudales en la región sur del país ha sido el modelo hidrológico Lutz Sholtz, desarrollado por el experto Lutz Scholtz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan

Meris II. Este modelo hidrológico, es híbrido 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).

1.6 Limitaciones de la Investigación

La carencia de información meteorológica de la microcuenca Huancallima y la falta de información hidrométrica fueron las limitaciones más determinantes en el presente estudio.

Otro aspecto limitativo que dilato el desarrollo de la investigación fue la ubicación de la microcuenca, (Región Ayacucho, Provincia de Huancasancos, Distrito de Sacsamarca) especialmente para la verificación de las características geomorfológicas de la microcuenca Huancallima y la calibración de los caudales generados.

1.7 Objetivos de la Investigación

1.7.1 Objetivo general

Determinar la oferta hídrica superficial de la microcuenca del río Huancallima a través del modelo Lutz Scholtz con la finalidad de garantizar la demanda hídrica para uso agrícola de la comunidad de Sacsamarca y hacer proyecciones de la disponibilidad hídrica futura para la ampliación de la frontera agrícola.

1.7.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la morfometría de la microcuenca en función a la unidad de análisis hidrológico delimitada.
- Evaluar la precipitación en la microcuenca, como una base para la modelación matemática precipitación – escorrentía
- Calcular los parámetros determinísticos del modelo Lutz Scholtz para la Microcuenca Huancallima.
- Generar caudales para el año promedio por el método propuesto (Balance Hídrico - Modelo determinístico de Lutz Sholtz).

- Generar los caudales para un período extendido (Proceso markoviano - Modelo Estocástico), que permita garantizar la demanda de agua para uso agrícola de la comunidad de Sacsamarca y proyectar la ampliación de la frontera agrícola de la comunidad.

1.8 HIPOTESIS

1.8.1 Hipótesis general

La distribución espacial y representatividad areal del recurso hídrico superficial permite establecer políticas de gestión de manejo y ordenamiento del uso de los recursos hídricos tendientes a prevenir problemas en el desarrollo agrícola de la Comunidad de Sacsamarca.

1.8.2 Hipótesis específicas

- El conocimiento de la oferta hídrica temporal (mensual y anual) de la microcuenca Huancallima permitirá priorizar la ejecución de obras de infraestructura de riego en el Distrito de Sacsamarca, para garantizar el desarrollo agrícola de la comunidad.
- El conocimiento de la oferta hídrica de la microcuenca Huancallima será una información básica de planificación y gestión del recurso hídrico, para la comunidad de Sacsamarca.
- La metodología aplicada para identificar y cuantificar la disponibilidad hídrica potencial de la Microcuenca Huancallima por el modelo estocástico – determinístico de Lutz Scholdz y su interacción con el Arc Gis será una herramienta disponible para facilitar con mayor precisión el diagnóstico del recurso hídrico en las microcuencas altoandinas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Ciclo Hidrológico

El ciclo del agua, también conocido como ciclo hidrológico, describe el movimiento continuo y cíclico del agua en el planeta Tierra. El agua puede cambiar su estado entre líquido, vapor y hielo en varias etapas del ciclo, y los procesos pueden ocurrir en cuestión de segundos o en millones de años. Aunque el equilibrio del agua en la Tierra permanece relativamente constante con el tiempo, las moléculas de agua individuales pueden circular muy rápido. El sol dirige el ciclo calentando el agua de los océanos. Parte de esta agua se convierte en vapor de agua. El hielo y la nieve pueden sublimar directamente en vapor de agua.

Gámez, 2009; indica que el ciclo hidrológico es la interminable circulación que siguen las partículas de agua en cualquiera de sus tres estados físicos, cuya circulación se efectúa en forma natural, sufriendo transformaciones físicas.

Pérez y Rodríguez, 2009; Señalan que el ciclo hidrológico es un proceso continuo de movimiento de agua de los océanos a la atmósfera, a la tierra y nuevamente al mar. Dentro de este proceso existen varios sub ciclos. La evaporación de cuerpos de agua continentales y la subsecuente precipitación sobre el suelo antes de regresar al mar es un ejemplo de esto.

La fuerza generadora del movimiento global de masas de agua es el sol que produce la energía necesaria para la evaporación. Durante este proceso varios cambios se producen la disponibilidad y localización del agua. La calidad del agua también se ve afectada por este proceso ya que, por ejemplo, al evaporarse del mar se convierte de agua salada en dulce. En la *Figura 1* se aprecia el ciclo hidrológico y los procesos de los cambios que se producen.

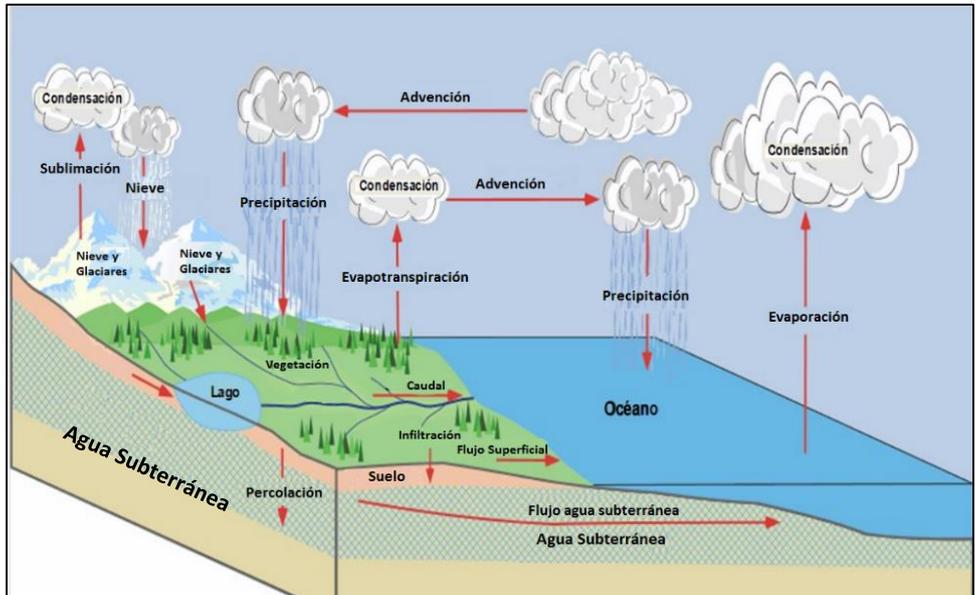


Figura 1. Representación del ciclo hidrológico.

Fuente: www.eoearth.org/article/Hydrologic_cycle, adaptado por Rosales, 2017

Phi-Lac, 2016; Señala que el ciclo del agua describe la presencia y el movimiento del agua en la Tierra y sobre ella. El agua de la Tierra está siempre en movimiento y constantemente cambiando de estado, desde líquido, a vapor, a hielo, y viceversa. El ciclo del agua ha estado ocurriendo por billones de años, y la vida sobre la Tierra depende de él; la Tierra sería un sitio inhóspito si el ciclo del agua no tuviese lugar.



Figura 2. Ciclo hidrológico del agua.

Fuente: internet – [www. Google.com/imgresciclohidrol](http://www.Google.com/imgresciclohidrol)

2.2 Procesos del Hidrológico

Los procesos que intervienen en el ciclo hidrológico son: evaporación, condensación, precipitación, interceptación, infiltración, percolación, afloramiento, almacenamiento, escurrimiento, transpiración, y otros como convección adiabática, etc. tal como se observa en la figura 2. También hay factores que intervienen en el ciclo hidrológico que son: temperatura, radiación, viento, contaminación y factores orográficos

2.2.1 Precipitación

Villón, 2002; Indica que la precipitación, es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de lluvias, granizos, garuas, nevadas. Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

Gámez, 2009; Señala que la precipitación 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 insembrar 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.

Villodas, 2008; Se engloba dentro del término precipitación a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, tanto bajo la forma líquida como sólida (nieve, granizo). Estos diversos tipos de precipitaciones son normalmente medidos sin efectuar su discriminación por medio de su equivalente en agua.

La precipitación es el origen de todas las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, se constituyen en problemas básicos para la hidrología.

2.2.2 Interceptación

Ibarra, 1990; Es la precipitación depositada o retenida en la cobertura vegetal, no tiene mayor importancia en las avenidas grandes, sin embargo debido a algunos tipos de vegetación puede representar una porción considerable de la lluvia anual. La capacidad de almacenamiento por interceptación es generalmente satisfecha en las primeras horas de la tormenta de manera que un alto porcentaje de lluvia durante las tormentas de corta duración es interceptada. Después que la vegetación está saturada y el almacenamiento por interceptación se completa, la cantidad de agua que alcanza el suelo es igual a la lluvia menos la evaporación a partir de la vegetación.

La capacidad de almacenamiento por interceptación es removida mediante la evapotranspiración (la cual puede ocurrir inclusive durante la lluvia) de manera que después que el almacenaje está lleno existe una interceptación continua igual a la evapotranspiración.

Se define la Interceptación como la parte de lluvia retenida por la vegetación. La cantidad de lluvia interceptada dependerá del tipo de vegetación, es decir del tamaño de la hoja, densidad de la vegetación, de la velocidad del viento, intensidad y duración del aguacero, etc. No obstante, la capacidad máxima que puede almacenar una hoja oscila entre 1 y 2 l/m².

La Interceptación coincide con la precipitación si los aguaceros son pequeños ($P < 5 \text{ l/m}^2$) y constituye aproximadamente el 10 % de ésta si son mucho mayores de esta cantidad.

La Interceptación es la componente del ciclo hidrológico más difícil de medir teniendo en cuenta que, en períodos largos, el agua interceptada se evapora o discurre por el dosel vegetal llegando a infiltrarse incrementado la reserva del agua del suelo

2.2.3 Evaporación

Aparicio, 1979; Indica que la Evaporación es el proceso por el cual el agua pasa del estado líquido en que se encuentra en los almacenamientos, conducciones y en el suelo, en las capas cercanas a su superficie, ha estado gaseoso y se transfiere a la atmósfera. La evaporación se produce

básicamente por el aumento de energía cinética que experimentan las moléculas de agua cercanas a la superficie de un suelo húmedo o una masa de agua, producido por la radiación solar, el viento y las diferencias en presión de vapor.

Gámez, 2009; Define a la evaporación como el paso del agua del estado líquido al estado de vapor, si este proceso se realiza en forma directa desde una superficie húmeda. Es un fenómeno por el cual el agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cercana a ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El valor aumenta con la intensidad de la radiación y la temperatura del aire. También es de gran importancia la humedad relativa del aire; la fuerza de succión de vapor de la atmósfera (déficit de humedad), es directamente proporcional a la tasa de evaporación.

Villodas, 2008; señala que la evaporación es el resultado del proceso físico por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando directamente a la atmósfera en forma de vapor. Este proceso se distingue de la ebullición, principalmente por dos razones: Primero, la evaporación se puede producir a cualquier temperatura, mientras que la ebullición se produce únicamente a una temperatura determinada, que es función de la presión atmosférica (100°C a nivel del mar), segundo en la ebullición, el agua pasa del estado líquido al estado de vapor en forma tumultuosa; en la evaporación, por el contrario, el pasaje se efectúa en forma tranquila. También el agua en estado sólido (nieve, hielo, etc.) puede pasar directamente a vapor y el fenómeno se denomine sublimación.

2.2.4 Infiltración

Aparicio, 1997; Define a la Infiltración como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares.

La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. En general, las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración.

Además de que en la práctica es difícil separar estos cuatro componentes, la porción más considerable de las pérdidas está dada por la infiltración, por lo que es costumbre calcularlas conjuntamente bajo este nombre.

Allen, 2007; indica que la Infiltración es un proceso por el cual el agua se transfiere desde la superficie del terreno hacia las profundidades. Depende de la morfología y composición del terreno. La infiltración se puede dar de forma saturada o no saturada. Los dos procesos son muy diferentes. En tanto que uno depende directamente de la ley de Darcy el otro fenómeno está influido por las reacciones físico químico que ocurren entre el material y el agua. Uno de los más importantes es el fenómeno físico de tensión superficial. Esta es responsable del movimiento de una gran cantidad de sales en el interior del terreno.

Breña y Jacobo, 2006; Señala que la infiltración es la cantidad de agua que atraviesa la superficie del terreno por unidad de tiempo y se desplaza al subsuelo recibe el nombre de ritmo o tasa de infiltración. Si el agua que se introduce al terreno por la superficie se desplaza a mayor profundidad, entonces se dice que ocurre la percolación. Un porcentaje del agua infiltrada podrá desplazarse en forma lateral a través del material dispuesto abajo de la superficie del terreno, a lo que se denomina interflujo o flujo subsuperficial.

El terreno puede estar formado por un medio poroso (como son los suelos), por roca consolidada fracturada, o por una combinación de ambos. Las características particulares de cada uno de los medios que constituyen un terreno, influyen en forma directa sobre el flujo del agua.

2.2.5 Esguerrimiento

Aparicio, 1997; El esguerrimiento 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. El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre -una vez que una parte ha sido interceptada y evaporada- sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca. Conviene dividir estos caminos en tres clases: esguerrimiento superficial, esguerrimiento subsuperficial y esguerrimiento subterráneo.

Breña y Jacobo, 2006; Indica que, de acuerdo con el ciclo hidrológico, el escurrimiento se puede definir como la porción de la precipitación pluvial que ocurre en una zona o cuenca hidrológica y que circula sobre o debajo de la superficie terrestre y que llega a una corriente para ser drenada hasta la salida de una cuenca o bien alimentar un lago, si se trata de cuencas abiertas o cerradas, respectivamente.

Las fuentes principales del escurrimiento en cauces se pueden clasificar en cuatro tipos: precipitación directa sobre el cauce; flujo subsuperficial; flujo base; y escurrimiento directo.

2.2.6 Almacenamiento

Casas, 2002; Señala que el agua subterránea es proveniente de la precipitación y se forma por infiltración o percolación de corrientes y lagos; la percolación directa es el proceso más efectivo de la recarga del agua subterránea donde la capa freática está más cerca de la superficie del terreno y puede fluir más tarde en forma de manantiales o llegar a las corrientes como escurrimiento y a los cauces como gasto base o gasto de agua subterránea.

El almacenamiento en el subsuelo es la principal fuente de humedad del perfil del suelo. Una parte del agua aquí almacenada percola hacia el almacenaje de agua subterránea profunda y se pierde de la fase superficial del ciclo hidrológico. El almacenaje de depresiones, es definido como el agua que es retenida en pequeñas depresiones del terreno y que no se convierte en escurrimiento superficial, pero puede contribuir a ambos (infiltración y evaporación) dependiendo del tiempo que permanece en esas depresiones del terreno.

2.2.7 Flujo Lateral

Proaño, Gavilanes y Valenzuela, 2006; El flujo lateral es el agua que se mueve por debajo de la superficie del suelo y sobre el nivel de los acuíferos, la cual fluye subsuperficialmente y alimenta los canales de drenaje, ríos y lagos. El flujo subsuperficial lateral es calculado simultáneamente con la percolación para el perfil del suelo entre (0-2 m) mediante un modelo de almacenamiento cinético, que usa la ecuación de la conservación de la masa con el perfil entero del suelo como el volumen de control.

2.3 Balance Hidrológico

Gómez, 2009; El balance hidrológico es la evaluación cuantitativa de la economía hídrica en un lugar y tiempo determinado. Permite establecer cuantitativamente los recursos de agua existentes y por tanto, planificar su utilización tanto para la agricultura como para los otros diversos usos que el hombre hace de ella.

En forma resumida y general, el balance hidrológico puede expresarse de la siguiente manera:

$$\text{Variación en el almacenamiento} \quad \equiv \quad \text{Agua que entra en el sistema} \quad - \quad \text{agua que sale del sistema}$$

Unesco 1981; Señala que el estudio del balance hídrico en hidrología se basa en la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido por nosotros como ecuación de la continuidad. Esta establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada. En general, la técnica del balance hídrico implica mediciones de ambos aspectos, almacenamientos y flujos del agua; sin embargo, algunas mediciones se eliminan en función del volumen y período de tiempo utilizados para el cálculo del balance.

La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca natural o cualquier masa de agua, indica los valores relativos de entrada y salida de flujo y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua. En general el balance hídrico vendrá representado por la siguiente ecuación:

$$P + Q_{SI} + Q_{UI} - E - ET - Q_{SO} - Q_{VO} - \Delta S - \eta = 0 \quad (1)$$

Donde:

- P = precipitación en forma de lluvia o nieve
- Q_{SI} = Entrada de agua superficial a la cuenca o cuerpo de agua
- Q_{UI} = Entrada de agua subterránea a la cuenca o cuerpo de agua.

- E = Evaporación desde la superficie de la masa de agua
- Q_{so} = salida de agua superficial desde la cuenca o masa de agua considerada.
- Q_{uo} = Salida de agua subterránea desde la cuenca.
- ΔS = variación del almacenamiento de agua en la cuenca.
- η = Término residual de discrepancia, error de medición o estimación.

2.4 Cuenca Hidrográfica

Así como el ciclo hidrológico es el concepto fundamental de la hidrología, la cuenca hidrográfica es la unidad básica de estudio, la cual se define de la siguiente manera:

Gámes, 2009; Indica que la cuenca hidrográfica es la unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como “parteaguas”. El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativo entre dos laderas adyacentes, pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja.

Villodas, 2008; Define como cuenca vertiente, cuenca de aporte, cuenca de drenaje o simplemente cuenca de un río (permanente o temporario), considerando un punto dado de su curso, al área limitada por el contorno en el interior del cual el agua precipitada escurre por su superficie, se concentra y pasa por el punto determinado de cauce, ver la *Figura 3*.

Una cuenca vertiente funciona como un sistema colector encargado de recoger las aguas precipitadas sobre aquellas y conducir las hacia la sección control. Este transporte va acompañado de pérdidas de agua, retardos en el escurrimiento, que dependen fundamentalmente de las características físicas de la cuenca.

Desde este punto de vista, la cuenca se caracteriza por:

- Su morfología (forma, relieve, red de drenaje).
- La naturaleza del suelo.
- La cubierta vegetal.



Figura 3. Cuenca hidrográfica.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos96/cuencas-hidrograficas/cuencas-hidrograficas.shtml>

2.5 Sistema Hidrológico

Guevara y Cartaya, 1991: indica que los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema.

Un sistema viene a ser un conjunto de partes diferenciadas que interactúan como un todo. El ciclo hidrológico también podría considerarse como un sistema, cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía, y las otras fases del ciclo, tal como se muestra en la *Figura 4*.

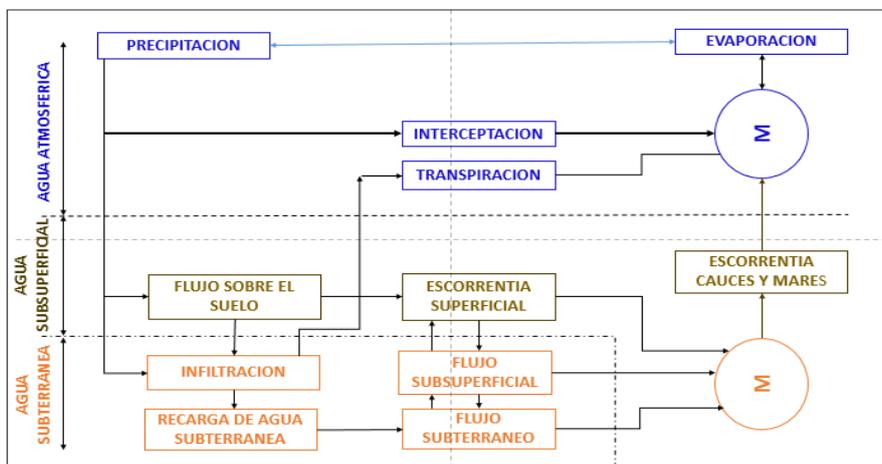


Figura 4. Representación del ciclo hidrológico como sistema.

Fuente: Guevara, 1991.

Campos, 1998; Define al sistema hidrológico como un conjunto de elementos o procesos físicos unidos a través de alguna forma de interdependencia, que actúa sobre un grupo de variables de entrada para convertirlas en las de salida. En estos sistemas cada uno de los elementos o procesos integrantes es el resultado de complicadas interrelaciones de muchos factores de gran variabilidad espacial y temporal, cuyas características físicas prácticamente no son medibles y por ello no son calculables.

Los sistemas hidrológicos son tan complejos que aún no se han desarrollado leyes exactas que puedan explicar completa y exactamente los fenómenos hidrológicos naturales, utilizándose, por lo tanto, los modelos de simulación de tales sistemas, para reproducir o predecir su funcionamiento.

Guevara, 1991; Señala que los fenómenos hidrológicos son muy complejos por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos, sin embargo, a falta de una concepción perfecta se puede representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema. Un sistema viene a ser un conjunto de partes que interactúan como un todo. El ciclo hidrológico podría considerarse como un sistema cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía y, las otras fases del ciclo; estos componentes pueden reagruparse en subsistemas separadamente y combinar los resultados de acuerdo con las interacciones entre ellos.

En la Figura 4 se presenta el ciclo hidrológico global como un sistema; las líneas punteadas dividen el sistema total en tres subsistemas: (1) El sistema del agua atmosférica, que contiene los procesos de precipitación, evaporación, interceptación y transpiración. (2) El sistema del agua superficial, con los procesos de escorrentía superficial, flujo sobre el suelo, flujo sub superficial y subterráneo (hacia los cauces y océanos). (3) El sistema del agua sub superficial, que contiene los procesos de infiltración, recarga del agua subterránea, flujo sub superficial y subterráneo.

Guevara, 1991; Indica que en la hidrología moderna se usa un concepto más restringido de sistema que el ciclo hidrológico global, se trata del concepto de volumen de control, similar al que se suele usar en la mecánica de fluidos. Como se sabe en dicho planteamiento no es necesario conocer el patrón de

flujo dentro del volumen del control, sólo se tiene que conocer las propiedades del flujo en la superficie de control del límite del volumen de control. Figura 5.

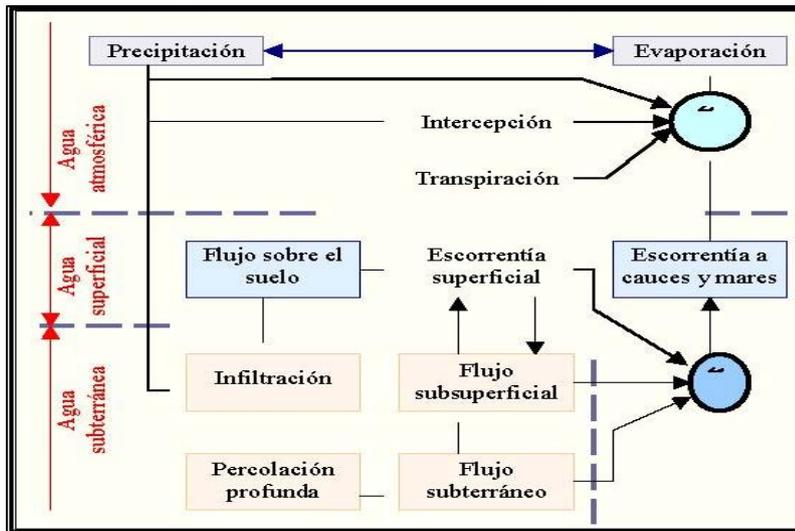


Figura 5. Ciclo hidrológico global mediante diagrama de bloques.

Fuente: Guevara, 1991.

Por analogía define a un sistema hidrológico como una estructura o volumen en el espacio, rodeado por un límite, al cual entran variables como agua y otras operan internamente sobre ellas produciendo variables de salida, que puede ser de la misma naturaleza que las de entrada pero de diferente magnitud. En la *Figura 6* se representa este concepto en forma esquemática.

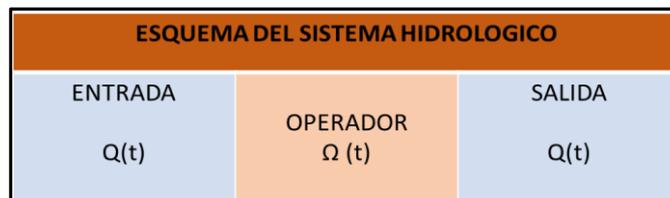


Figura 6. Esquema del sistema hidrológico.

Fuente: Guevara, 1991.

Un medio de trabajo ingresa al sistema interactúa con la estructura y otros medios para luego abandonar el sistema como salida. Como medios de trabajos operan procesos físicos, químicos y biológicos, los medios de trabajo más comunes incluidos en el análisis hidrológico son: agua, aire y energía calórica.

Debido a las dimensiones y complejidad de los sistemas hidrológicos, las aplicaciones de las leyes físicas producen sólo aproximaciones en los resultados, la mayoría de los procesos son además de naturaleza aleatoria;

Por lo tanto el análisis estadístico juega un rol muy importante en el estudio hidrológico del sistema.

2.6 Modelos Hidrológicos

Ponce, (1989); señala que, en ingeniería hidrológica, existe cuatro tipos de modelos matemáticos: (1) Determinístico, (2) Probabilístico, (3) Conceptual y (4) Paramétrico. Un modelo conceptual es una representación simplificada del proceso físico, obtenida por las variaciones espacial y temporal, agregado y descrito en términos de cualquiera de las ecuaciones diferenciales ordinarias o ecuaciones algebraicas. Un modelo paramétrico representa procesos hidrológicos por medio de ecuaciones algebraicas, este contiene parámetros claves para ser determinados en forma empírica

Pizarro, R. 1996; Señala que los modelos en hidrología se pueden agrupar en determinísticos, físicos y probabilísticos o estocásticos. Los modelos físicos son aquellos que se asemejan a la realidad. Ellos han sido utilizados extensamente en investigaciones de laboratorio, para analizar relaciones precipitación – escorrentía; es más, son utilizados a menudo como la base para establecer relaciones fundamentales entre las entradas y las salidas de modelos específicos, los cuales son incorporados a modelos con mayor elaboración matemática e informática. Por otra parte, los modelos determinísticos, son aquellos que simulan los procesos físicos en la cuenca, transformando la precipitación en escorrentía; mientras que los estocásticos, son aquellos que toman en consideración la probabilidad de ocurrencia de las variables hidrológicas relacionadas al ecosistema.

Chow, Maidment, Mays 1994; Indican que el modelo hidrológico es una representación simplificada de un sistema real complejo llamado prototipo, bajo forma física o matemática. De manera matemática, el sistema real está representado por una expresión analítica. En un modelo hidrológico, el sistema físico real que generalmente representamos es la 'cuenca hidrográfica' y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico. De esta manera un modelo matemático nos ayudará a tomar decisiones en materia de hidrología, por lo que es necesario tener conocimiento de entradas (inputs) al

sistema y salidas (outputs) a partir del sistema, para verificar si el modelo es representativo del prototipo.

Así mismo, señala que los modelos hidrológicos pueden dividirse en dos categorías: modelos físicos y modelos abstractos. Los primeros incluyen modelos a escala que representan el sistema en una manera reducida y modelos análogos, que usan otro sistema físico con propiedades similares a las del prototipo.

2.6.1 Tipos de Modelos Hidrológicos

Los modelos en cualquier ámbito de la ciencia se clasifican en

Modelos físicos reducidos: Se basan en la reducción a una determinada escala del prototipo (realidad). Su fundamento teórico lo constituye el análisis dimensional completado con la teoría de la semejanza.

Modelos analógicos: Analizan un sistema a partir de otro regido por teorías similares.

Modelos matemáticos: Representan el sistema por un conjunto de ecuaciones y sentencias lógicas que expresan las relaciones entre variables y parámetros.

Los modelos matemáticos son los más utilizados en hidrología y suelen requerir el empleo de ordenadores.

Chavarri, (2005); menciona que los modelos matemáticos en hidrología se clasifican en:

2.6.1.1 Modelo 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.

En un modelo determinístico no se considera la probabilidad de ocurrencia de valores y de variables implicadas en el proceso, pero si se considera que tal proceso esté representado (implícita o explícitamente) por una hipótesis, según la cual, el conocimiento de las leyes de la evolución de los fenómenos

físicos y de su estado actual, permiten prevenir rigurosamente sus estados futuros en la física clásica.

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

2.6.1.2 Modelos estadísticos

Se basan en los métodos y las técnicas estadísticas para hacer notar sus relaciones de entrada y salida, en concordancia con el interés secundario de los procesos físicos del sistema. El uso de los modelos estadísticos para una predicción, permite la explotación racional de la información disponible a corto y mediano plazo. Su uso es posible, cuando se dispone de series suficientemente grandes de información.

Los modelos estadísticos propiamente dichos se clasifican en modelos de regresión y correlación, en modelos probabilísticos y en modelos estocásticos.

En los modelos de regresión y correlación se desarrollan relaciones numéricas funcionales mediante el tratamiento estadístico de datos experimentales y los transforman y/o cuantifican en términos de coeficientes de correlación, límites de confianza y pruebas de significación. En este tipo de modelos, la información utilizada es de forma discreta con intervalos de discretización seleccionados de forma real.

2.6.1.3 Modelos probabilísticos

Utilizan la noción de frecuencia para analizar el comportamiento de un fenómeno hidrológico. La información utilizada para la calibración debe ser independiente del tiempo. Como la muestra disponible para caracterizar la población y/o el proceso físico hidrológico es generalmente limitada, en la extrapolación de resultados se debe considerar un concepto de riesgo o error probable que el modelo debe cuantificar y considerar.

2.6.1.4 Modelos estocásticos

La información que se utiliza se trata como datos históricos a manera de secuencia cronológica. Este tipo de modelos se utiliza frecuentemente para la predicción a corto plazo y a largo plazo de series hidrológicas, pero es necesaria la comparación de las series observadas y simuladas.

2.7 Modelos Precipitación - Descarga

Los modelos de Precipitación –Descarga más extendidos en hidrología son aquellos que estiman el balance entre las entradas de agua al sistema (precipitación) y las salidas del mismo (evaporación, escorrentía y descarga del acuífero) reproduciendo simplificadaamente los procesos del ciclo hidrológico.

Estos procesos se representan por una determinada formulación y unos parámetros cuyos valores habrá que estimar en la cuenca a estudiar bien con datos de aforo si los hay, bien por analogía con otras cuencas en que si exista información (regionalización de parámetros). Dentro de estos modelos precipitación descarga se puede distinguir:

2.7.1 Modelo precipitación – descarga propuesto por Budyko

Se basa en la ecuación reducida del balance hídrico y en la expresión de la evapotranspiración o pérdidas de agua, definida por Schreiber, a saber,

$$E = P \left(1 - e^{\left(\frac{-ETP}{P} \right)} \right) \quad (2)$$

El modelo matemático, $Q = P * e^{\left(\frac{-ETP}{P} \right)}$, ETP representa la evapotranspiración, es una expresión propuesta por Budyko (1948), citada por Singh 1988 y Estela 1995, basada en otra anterior de Scheiber 1904, la cual parte de la ecuación reducida del balance hídrico: $A = P - E$ (La escorrentía es igual a la precipitación, menos el total de perdidas ya definidas). (Pizarro y Torres, 1998).

2.7.2 Modelo precipitación – escorrentía propuesto por Grunsky

Es un modelo propuesto en Estados Unidos a principios del siglo XX, por el hidrólogo norteamericano del mismo nombre. Expresa las perdidas de

evapotranspiración por medio de un rango y señala que las escorrentías se pueden calcular como:

$$Q = (0.4P^2) * \frac{S}{31536000} \quad \text{para } P \leq 1,25 \text{ metros} \quad (3)$$

$$Q = (P - E_{\text{maximo}}) * \frac{S}{31536000} \quad \text{para } P \geq 1,25 \text{ metros} \quad (4)$$

$$E_{\text{maximo}} = 0.625 \text{ metros}$$

Este modelo considera que la precipitación sobre los 1,25 metros escurre en su totalidad, de tal forma que para una precipitación mayor a 1,25 metros anuales, asume que la pérdida es una constante de 625 mm.

2.7.3 Modelo precipitación - escorrentía propuesto por Turc

Remenieras, 1971; Este modelo fue obtenido a partir de las observaciones realizadas en 254 cuencas correspondientes a diferentes climas de distintos lugares del Mundo.

Este modelo en los últimos años ha sido aplicado en muchas ocasiones, en especial en la zona sur de Chile, con resultados bastante aceptables.

Las pérdidas expresadas por evaporación (E) son determinadas a través de la temperatura y la precipitación. La fórmula matemática del modelo es la siguiente:

$$Q = (P - E) * \frac{S}{31536000} \quad (5)$$

Donde:

$$E = \left(\frac{P}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{0.5}} \right) / 1000 \quad (6)$$

$$L = 300 + 25 * T + 0.005 * T^3 \quad (7)$$

T : Temperatura media anual en grados celcius

Con esta fórmula, se obtienen valores que pueden ser fuertemente afectados por las características excepcionales de la zona en estudio, como lo son cuencas de pequeñas superficies o de alta montaña, cuencas con presencia de nieve y/o hielos, regionales de muy fuerte o muy débil insolación, etc.

2.7.4 Modelo precipitación – descarga propuesto por Lutz Scholtz, 1980

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

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo; los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas; el procedimiento que siguió el experto Lutz Scholtz fue:

- Analizó los datos hidrometeorológicos de 19 cuencas entre Cuzco y Cajamarca y procedió a calcular los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de la esorrentía promedio.
- En un segundo paso, estableció un conjunto de modelos estocásticos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en estas cuencas que carecen de información hidrométrica. Aplicando los datos meteorológicos regionalizados para la cuenca respectiva y los modelos parciales, es posible calcular los caudales mensuales.
- El tercer paso permite la generación de caudales para un período extendido en el punto de captación proyectada por un cálculo combinando (la precipitación efectiva con las descargas del mes anterior por un proceso markoviano) y, calibrando el modelo integral por aforos ejecutados.

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.

2.8 Hidrología Estadística

Mejía, 1991; Conceptos estadísticos.

2.8.1 Espacio Muestral

Es el conjunto de todos los resultados posibles de un experimento estadístico y se representa con el símbolo S. Cada resultado de un espacio muestra se le llama elemento o miembro del espacio muestral o simplemente punto muestral.

2.8.2 Eventos

Un evento es un subconjunto de un espacio muestral. Son los resultados posibles que se pueden presentar en la realización de un experimento.

2.8.3 Probabilidad

La probabilidad de un evento, $P(A)$ es la posibilidad de que este ocurra cuando se hace una observación de la variable aleatoria. Si una muestra de N observaciones tiene N_A valores en el rango del evento A, entonces $P(A) = N_A/N$.

Las probabilidades obedecen a ciertos principios:

Probabilidad total: si en el espacio muestral S, está completamente divididos en “m” eventos o áreas no traslapadas A_1, A_2, \dots, A_m , entonces:

$$P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_m) = 1 \quad (8)$$

Complementariedad: En un espacio muestral S, si A' es el complemento de A, entonces:

$$P(A') = 1 - P(A). \quad (9)$$

Probabilidad condicional: En un espacio muestral S, si existen en ella dos eventos A y B, la probabilidad de que el evento B ocurra cuando ya ocurrió algún evento A, se denomina probabilidad condicional y se denota por $P(B|A)$. Esta probabilidad se define como:

$$P(BA) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}, \text{ si } P(A) > 0 \quad (10)$$

Si la ocurrencia de B no depende de la ocurrencia A se dice que los eventos son independientes, entonces:

$$P(BA) = P(B) \text{ y } P(AB) = P(A) \quad (11)$$

2.8.4 Variable aleatoria

Mejía, 1991; Se le conoce como variable aleatoria, porque su valor queda determinado por el resultado de un experimento, tales resultados son debidos a la operación de causas no predecibles.

A una variable aleatoria se le conoce también como una variable estocástica, porque sus valores son números reales que no pueden predecirse con certeza antes de ocurrir el fenómeno, es decir ocurren al azar.

2.8.5 Parámetros estadísticos

El objetivo de la estadística es extraer la información esencial de un conjunto de datos, reduciendo un conjunto grande de números a un conjunto pequeño de números. Las estadísticas son números calculados de una muestra los cuales resumen sus características más importantes.

Los parámetros estadísticos son características de una población, tales como μ y σ en una ecuación. Un parámetro estadístico es el valor esperado E de alguna función de una variable aleatoria. Un parámetro simple es la media μ , el valor esperado de la variable aleatoria. Para una variable aleatoria X, la media es E(X), y se calcula como el producto de x y la correspondiente densidad de probabilidad f(x), integrando sobre el rango factible de la variable aleatoria.

$$E(x) = u = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx \quad (12)$$

E(x) es el primer momento alrededor del origen de la variable aleatoria, una medida del punto medio o “tendencia central” de la distribución.

La estimación por la muestra de la media es el promedio \bar{x} de la información de la muestra:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (13)$$

El valor estimado de la muestra de la varianza está dado por.

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (14)$$

En la cual el divisor es n-1 en lugar de n para asegurar que la estadística de la muestra no sea sesgada, es decir, que no tenga una tendencia, en promedio, a ser mayor o menor que el valor verdadero. La varianza tiene dimensiones de $[X]^2$.

La desviación estándar σ es una medida de la variabilidad que tiene las mismas dimensiones de X. La cantidad de σ es la raíz cuadrada de la varianza y se estima por s, a medida que la desviación estándar aumenta, aumenta la dispersión de la información.

2.9 Tratamiento de Datos Hidrometeorológicos

Villón, 2006; Luego de recopilada la información es necesario analizar su consistencia, procesarla y sintetizarla para convertirlo en un producto elaborado apto para el diseño. El análisis de la información está relacionado con la confiabilidad (calidad), continuidad (datos faltantes) y longitud de los registros (cantidad de años de registro).

Comprende entonces el análisis de consistencia de las muestras hidrológicas, incluyendo la detección y corrección de posibles errores sistemáticos, completación de datos faltantes y extensión de series cortas a períodos más largos: síntesis de la información en un modelo y simulación del modelo para la generación de variables probables de diseño.

Buena parte de la hidrología está basada en el análisis de series temporales que se registran en estaciones ubicadas en ciertos puntos de la cuenca y/o cuencas vecinas, por lo que resulta importante tener la capacidad para extrapolar resultados de un punto a otro con la mayor aproximación posible. La confiabilidad de la hidrología como disciplina científica se sustenta en la

disponibilidad de datos suficientes, en calidad y cantidad, que permita la aplicabilidad de las metodologías para la solución de cada caso en particular.

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 el presente estudio vendría a ser la aplicación del modelo “Precipitación- Descarga” del experto Lutz Scholtz.

2.9.1 Análisis de consistencia de la información

Aliaga, (1985); menciona que antes de iniciar cualquier análisis o utilizar los datos observados en las estaciones pluviométricas o hidrométricas, hay necesidad de realizar ciertas verificaciones de los valores de precipitación o caudal.

El análisis de consistencia de la información es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no-homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológico.

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

- Análisis visual grafico
- Análisis de doble masa
- Análisis estadístico.

2.9.1.1 Análisis visual gráfico

Aliaga, 1985; Son formas determinísticas transitorias, que permiten a una serie hidrológica periódica o no periódica pasar desde un estado a otro como respuesta a cambios hechos por el hombre debido al continuo desarrollo de los recursos hídricos en la cuenca o a cambios naturales continuos que pueden ocurrir.

Villón, 2002; Señala que los saltos se presentan en la media, desviación estándar y otros parámetros, pero generalmente desde un punto de vista práctico el análisis más importante es en los dos primeros.

a) Análisis de los histogramas

Esta fase complementaria consiste en analizar visualmente la distribución temporal de toda la información hidrometeorológica disponible, combinado con los criterios obtenidos del campo para detectar la regularidad o irregularidad de los mismos; para lo cual la información hidrometeorológica se grafica en coordenadas cartesianas representando en el eje de las ordenadas el valor de la información (precipitación, descargas, etc.) y en el eje de las abscisas el tiempo cronológico respectivo (anuales, mensuales, semanales, diarios), el grafico resultante es denominado histogramas.

De la apreciación visual de este gráfico se deduce si la información es aceptable o dudosa, considerándose como información dudosa o de poco valor para el estudio, aquéllas que muestran en forma evidente valores constantes en períodos en los cuales físicamente no es posible debido a la característica aleatoria de los datos y cuando no hay compatibilidad con la información obtenida en el campo.

Puede aplicarse el siguiente criterio para identificar los posibles períodos que presentan información dudosa.

- Cuando se tiene estaciones vecinas, se comparan los gráficos de las series históricas y se observa que período varía notoriamente con respecto del otro.
- Cuando se tiene una sola estación, se divide en varios períodos y se compara con la información de campo obtenida
- Cuando se tiene datos de precipitación y escorrentía, se compara los diagramas los cuales deben ser similares en su comportamiento.
La interpretación de estas comparaciones se efectúa conjuntamente con el análisis de doble masa

En coordenadas cartesianas se plotea la información hidrológica histórica, ubicándose en las ordenadas los valores de la variable hidrometeorologica y en las abscisas el tiempo (años, meses, días, etc.), ver *Figura 7*.

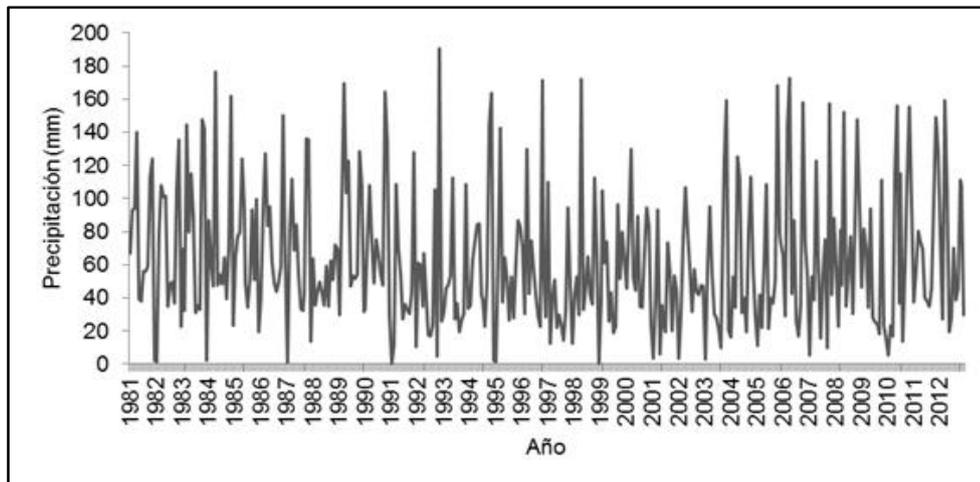


Figura 7. Histograma de precipitación mensual

Fuente IDEAM, 2013

2.9.1.2 Análisis de doble masa

El análisis de doble masa denominado también “doble acumulación”, es una herramienta muy conocida y utilizada en la detección de inconsistencia en los datos hidrológicos múltiples en lo que respecta a errores que pueden haberse producido durante la obtención de los mismos.

Los posibles errores se pueden detectar por el equilibrio o quiebres que presenta la recta de doble masa, considerándose un registro de datos con menos errores sistemáticos en la medida que presente un menor número de puntos de quiebre.

Un quiebre de la recta de doble masa o un cambio de pendiente puede o no ser significativo, ya que si dicho cambio está dentro de los límites de confianza de la variable para un nivel de probabilidad dado, entonces el salto no es significativo, el mismo que se comprobará mediante un análisis estadístico.

En forma general, existen dos procedimientos para identificar las series inconsistentes en un análisis de doble: (1) serie simple y (2) series múltiples; para la presente tesis se empleó el análisis de doble masa de series múltiples.

- Análisis de doble masa de series múltiples

Realizar el análisis de doble masa en series múltiples consiste en plotear en el eje de las abscisas los acumulados de los promedios de los datos de precipitación de las estaciones hidrometeorológicas de la cuenca en estudio y en el eje de las ordenadas los acumulados de cada estación hidrometeorológica, tal como se muestra en la *Figura 8*,

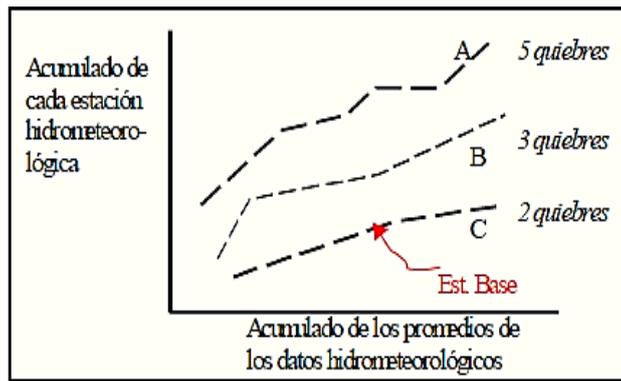


Figura 8. Diagrama de doble masa.

<https://es.slideshare.net/davihg/2-analisis-de-consistencia>

- De estas dobles masas se selecciona como la estación más confiable la de mayor regularidad, es decir la de menor número de quiebres, en la *Figura 9* corresponde a la estación C, la cual se usa como estación base para el nuevo diagrama de doble masa colocando en el eje de las abscisas la estación base y en el eje de las ordenadas la estación en estudio, como se muestra en la *Figura 8*.
- El análisis de doble masa, propiamente dicho, consiste en conocer mediante los quiebres que se presentan en los diagramas las causas de los fenómenos naturales o si estos han sido ocasionados por errores sistemáticos artificiales; en este último caso permite determinar el rango del período dudoso y confiable para cada estación en el estudio, el cual se deberá corregir utilizando ciertos criterios estadísticos. Para el caso de la *Figura 9*; el análisis de doble masa, permite obtener los períodos n_1 , n_2 , n_3 , que deben estudiarse con el análisis estadístico.

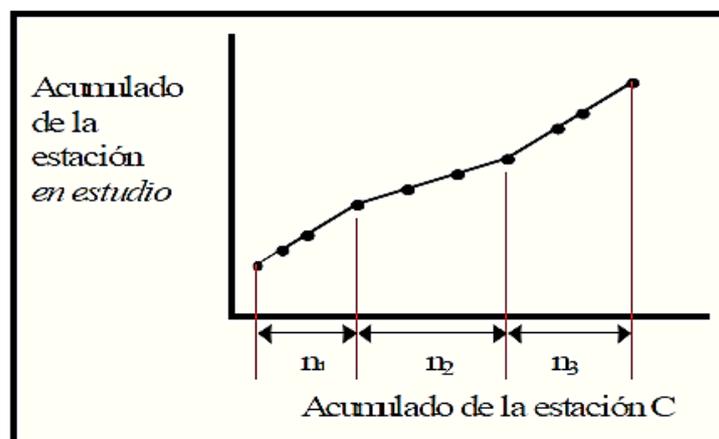


Figura 9. Análisis de doble masa.

<https://es.slideshare.net/davihg/2-analisis-de-consistencia>

Se debe tener en cuenta que, sólo para efecto de análisis de doble masa, la información incompleta se llena por interpolación o con el promedio mensual, si el análisis es mensual. Una vez identificada el o los períodos con información dudosa, se procede a evaluar y cuantificar el salto, tratándolos a cada uno de los registros simples independientes y de tiempo de cambio conocido.

2.9.1.3 Análisis estadístico:

Después de obtener de los gráficos construidos para el análisis visual y de los de doble masa, los períodos de posible corrección, y los períodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar.

La evaluación y cuantificación de los errores detectados en la forma de saltos se realiza mediante un análisis estadístico; vale decir, un proceso de inferencia para las medias y desviación estándar de ambos períodos separados en la fase anterior, mediante las pruebas de T de Student y F de Fischer respectivamente.

Habiendo obtenido de los gráficos originales y del análisis de doble masa el período de posible corrección de datos, lo que implica que un período de datos se mantendrá con sus valores originales, decisión técnica, se procede a analizar los dos primeros parámetros de ambos períodos para comprobar estadísticamente si sus valores están dentro del rango permisible para un cierto nivel de significación según la hipótesis planteada.

- Consistencia en la media

Mejía, 2012; Mediante la prueba de significancia "T" se analiza si los valores promedios son estadísticamente iguales o diferentes, de la siguiente manera:

- Cálculo de la media y desviación estándar para cada período según las ecuaciones:

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X_i \quad ; \quad S_1(x) = \sqrt{\frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2} \quad (15)$$

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} X_j \quad ; \quad S_2(x) = \sqrt{\frac{1}{n_1-1} \sum_{j=1}^{n_2} (X_j - \bar{X}_2)^2} \quad (16)$$

Donde:

\bar{X}_1, \bar{X}_2 : Media del período 1 y 2, respectivamente.

X_i, X_j : Información de análisis en el período 1 y 2.

$S_1(x), S_2(x)$: Desviación estándar del período 1 y 2.

n_1, n_2 : Tamaño de cada período 1 y 2, respectivamente.

n : Tamaño de la muestra ($n = n_1+n_2$)

El procedimiento para realizar la prueba "T" es la siguiente:

1. Establecer la hipótesis planteada y la alternativa posible, así como el nivel de significación

H_p : $\mu_1 = \mu_2$ (igualdad estadística de las medias poblacionales)

H_a : $\mu_1 \neq \mu_2$

$\alpha = 0.05$

2. Cálculo de la desviación estándar de la diferencia de los promedios, la desviación estándar ponderada, según:

- Desviación estándar de las diferencias de promedios:

$$S_d = S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad (17)$$

- Desviación estándar ponderada:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1).S_1^2 + (n_2-1).S_2^2}{n_1+n_2-2}} \quad (18)$$

3. Cálculo del T_c (T calculado):

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p} \quad (19)$$

Donde $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (por hipótesis planteada)

4. Hallar el valor de T_t (T tabulado) en las tablas:

Con 95% de probabilidades

$\alpha = 0.05$ si tabla es de una sola cola

$\alpha/2 = 0.025$ si tabla es de dos colas

G.L. = $n_1 + n_2 - 2$

Donde:

G.L. : Grados de libertad

α : Nivel de significación.

5. Criterio de decisión:

Si $|T_c| \leq |T_t|(95\%) \Rightarrow \bar{X}_1 = \bar{X}_2$ Estadísticamente las medias son iguales

Si $|T_c| > |T_t|(95\%) \Rightarrow \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$ Estadísticamente las medias son diferentes, (existe salto)

- Consistencia en la desviación estándar

Mejía, 2012; El análisis de consistencia en la desviación estándar se realiza con la prueba "F" de la forma que a continuación se describe:

• Cálculo de las variancias de ambos períodos:

$$S_1^2(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \right] \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2 \quad (20)$$

$$S_2^2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \right] \sum_{j=1}^{n_2} (X_j - \bar{X}_2)^2 \quad (21)$$

• Estadístico "F" el procedimiento para realizar esta prueba es la siguiente:

1. Se establece la hipótesis planteada y alternante, así como el nivel de significación:

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

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

$\alpha = 0.05$

2. Cálculo de Fc (F calculado):

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)} \quad , \quad Si \quad S_1^2(x) > S_2^2(x) \quad (22)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}, \text{ Si } S_2^2(x) > S_1^2(x) \quad (23)$$

3. Hallar el valor de Ft (F tabulado) en las tablas con:

$$\alpha = 0.05$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{GLN} = n_1 - 1 \\ \text{GLD} = n_2 - 1 \end{array} \right], \text{ Si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{GLN} = n_2 - 1 \\ \text{GLD} = n_1 - 1 \end{array} \right], \text{ Si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

α : Nivel de significación

G.L.N: Grado de libertad del numerador

G.L.D: Grado de libertad del denominador

4. Criterio de decisión.

$$\text{Si } F_c \leq F_t \text{ (95\%)} \implies S_1(x) = S_2(x)$$

Las desviaciones estándar son iguales estadísticamente.

$$\text{Si } F_c > F_t \text{ (95\%)} \implies S_1(x) \neq S_2(x)$$

Las desviaciones estándar son diferentes (existe salto).

2.9.1.4 Corrección de los datos

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

Puede suceder que sólo la media o la desviación estándar resulte ser homogénea, en este caso y como norma general se debe corregir siempre.

- Procedimiento

Si resulta la media y desviación estándar estadísticamente diferentes, entonces se corrige mediante una ecuación que permite mantener los parámetros del período más confiable. Dicha ecuación se expresa como:

Modelo para corregir el primer período:

$$X'_{(t)} = \left[\frac{X_t - \bar{X}_1}{S_1(x)} \right] * S_2(X) + \bar{X}_2 \quad (24)$$

Modelo para corregir el segundo período:

$$X'_{(t)} = \left[\frac{X_t - \bar{X}_2}{S_2(x)} \right] * S_2(x) + \bar{X}_1 \quad (25)$$

Donde:

$X'_{(t)}$: Valor corregido de la información

X_t : Valor a ser corregido

2.9.1.5 Completación y/o extensión de datos hidrometeorológico

La completación y extensión de la información de datos hidrometeorológicos faltantes se efectúa para obtener una serie completa, confiable y de un período uniforme.

Villón, (2001); Señala que la completación es un proceso que consiste en llenar los huecos o vacíos de los datos faltantes de la información, y la estación de la información es el proceso de transferencia de datos desde una estación con “largo” período de registro histórico a otro con “corto” período de registro. La extensión se realiza antes del primer dato o después del último y también en períodos intermedios.

Las técnicas de análisis que se utilizan para la completación son:

- * Regresión lineal simple, entre otras
 - Correlación cruzada entre dos o más estaciones
 - Autocorrelación
- * Relleno con criterios prácticos

Generalmente el modelo más usado para transferir la información hidrometeorológica entre estaciones medias es el modelo de regresión lineal simple.

El procedimiento para la completación y extensión de la información es la siguiente:

- Regresión lineal simple

a) Se tiene la serie

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

$$X_1, X_2, X_3, \dots \dots \dots X_n; X_{n+1}, \dots \dots \dots X_{n1+n2}$$

Donde:

Y_i = serie de riesgo corto

X_i = serie de riesgo largo

n_1 = Tamaño de período común a ambas series o tamaño del registro corto.

n_2 = Tamaño del período no común.

$n = n_1 + n_2$ = Tamaño del registro largo

b) Se obtiene la ecuación de regresión lineal simple

$$Y_t = a + bX_t \quad (26)$$

Donde:

Y_t = variable hidrológica dependiente

X_t = variable hidrológica independiente

a y b = Parámetros del modelo de R.L.S

c) Estimación de parámetros

Los parámetros a , b y r se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{\sum Y_i - b \cdot \sum X_i}{n} = \bar{Y} - b \cdot \bar{X} \quad (27)$$

$$b = \frac{\sum Y_i X_i - \bar{Y} \sum X_i}{\sum X_i^2 - \bar{X} \sum X_i} = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y}) \sum (X_i - \bar{X})}{\sum (X_i - \bar{X})} \quad (28)$$

$$r = b \cdot \left\{ \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2} \right\}^{1/2} = b \frac{S_x}{S_y} \quad (29)$$

Donde:

r : Es el coeficiente de correlación entre X, Y

S_x : Es la desviación estándar de X

S_y : Es la desviación estándar de Y

Ecuación de extensión de datos

Sustituyendo los valores en la Ec. Y_t , se tiene:

$$Y_t = Y_1 + r \left(\frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} \right) (X_i - X_1) \quad (30)$$

d) Criterios de confiabilidad.

La ecuación anterior solo se podrá usar cuando hay una correlación significativa entre las variables Y_t y X_t vale decir si el coeficiente de correlación "r" de la Ec. r estadísticamente significativa con un cierto nivel de confiabilidad dado en términos de probabilidad, usando el estadístico T, para esto se procede de la siguiente forma.

* Cálculo del estadístico T_c según:

$$T_c = r * \frac{(n-2)^{1/2}}{(1-r^2)^{1/2}} \quad (31)$$

Donde:

T_c = T calculado

n = Número total de datos

r = Coeficiente de correlación

* Cálculo de T_t

El valor crítico de T se obtiene de las tablas de T de students (T_t) con 95% de probabilidad, con:

$$\alpha = 0.05$$

$$G.L = n-2$$

* Comparación del T_c con el T_t

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

Si $|T_c| > T_t(95\%) \rightarrow r$ si es significativo, por lo tanto si hay correlación significativa las variables Y_t y X_t ; y se puede hacer uso de la Ec. T_c anterior para la completación y extensión de la información.

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

2.10 Modelo Determinístico y Estocástico de Lutz Scholtz

Lutz Scholtz, (1980); menciona que el 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).

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas. Los procedimientos para la implementación del modelo son:

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

Este modelo fué 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.

Lutz Scholtz, (1980); señala que los conceptos en la que se fundamenta el modelo son los siguientes:

MODELO DE LUTZ SCHOLTZ		
Análisis cartográfico y estadístico de la información	Aplicación de los modelos determinísticos parciales	Generación de caudales para un período extendido
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Cartográfico de la cuenca. • Análisis y regionalización de la información hidrometeorológica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación media. • Coeficiente de escorrentía • E.T.P • Precipitación efectiva • Fundamentos del Balance hídrico • Períodos del ciclo hidrológico • Calculo de la retención en la cuenca • Gastos de la retención y abastecimiento de la retención. • Caudal para el año promedio 	<ul style="list-style-type: none"> • Generación con el Modelo Marcoviano de primer orden. • Validación mediante pruebas estadísticas a la media y desviación estándar y/o aforos.

2.11 Conceptos básicos del Modelo

A continuación, se analiza lo que es el balance hídrico con la finalidad de establecer modelos parciales, sean estos determinísticos o estocásticos, para regionalizar los parámetros que describen el caudal mensual.

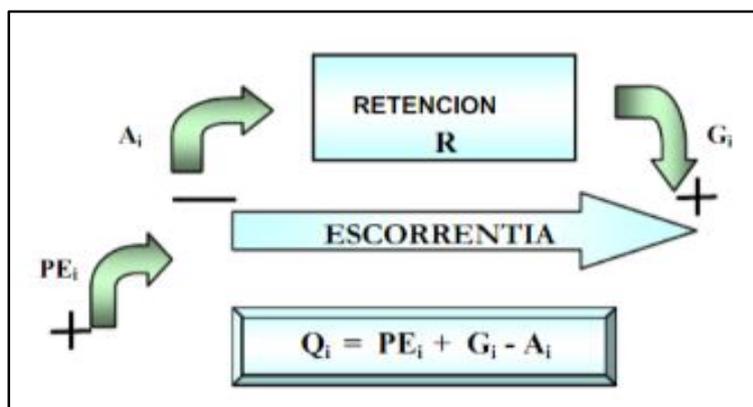


Figura 10. Gasto y abastecimiento de la retención.

Fuente: Lutz Scholtz (1980)

2.11.1 Balance hídrico.

La ecuación fundamental del balance hídrico mensual expresada en mm/mes se puede describir de la siguiente forma: (Aguirre M., 1999).

$$Q_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (32)$$

Donde:

Q_i = Caudal mensual (mm/mes)

P_i = Precipitación total mensual sobre la cuenca (mm/mes)

D_i = Déficit de escurrimiento (mm/mes)

G_i = Gasto de la retención en la cuenca (mm/mes)

A_i = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

Para la aplicación de la ecuación (32) se parte de los siguientes supuestos:

- Que para períodos largos (en este caso 1 año) el gasto y el abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir $G_i = A_i$,
- Que para el año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación, por lo que la expresión (P-D) puede sustituirse por $C \cdot P$, donde “C” es el coeficiente de escorrentía que puede ser medido o estimado y “P” precipitación total y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m^3/s) la ecuación anterior se convierte en:

$$Q = c' * C * P * AR \quad (33)$$

Que es la expresión básica del método racional.

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

c' = coeficiente de conversión del tiempo (mes/s)

C = coeficiente de escurrimiento

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

A = Área de la cuenca (m^2).

2.11.1.1 Coeficiente de escurrimiento (c).

Se denomina coeficiente de escurrimiento al cociente entre el caudal de agua que circula por una sección de una cuenca a consecuencia de un suceso lluvioso y el volumen de agua que ha precipitado sobre la misma (lluvia total). Es decir, se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial. El coeficiente de escorrentía varía a lo largo del

tiempo y es función de las características del terreno (naturaleza, vegetación, permeabilidad, inclinación y humedad inicial del suelo) y de la zona (temperatura, intensidad y duración de la precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, horas de sol y dimensiones de la cuenca). Los factores indicados se influyen mutuamente, siendo complicado el análisis aislado de cada uno de ellos.

Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento (C); se tiene el método que ha sido presentado por L. Turc. (Aguirre M., 1999).

$$C = \frac{P-D}{P} \quad (34)$$

$$D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{0.5}} \quad (35)$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad (36)$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación total anual (mm/año)

L = Coeficiente de temperatura

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

T = Temperatura media anual (centígrados).

El método de Turc falla en la Sierra Sur por el clima con temperaturas bajas de alrededor 7° C, pero si es aplicable para la sierra norte del país (región Cajamarca).

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

$$\bar{C} = 3,16 * 10^{12} * P^{-0,571} * E^{-3,686} \quad r = 0,96 \quad (37)$$

$$\bar{D} = -1380 + 0,872(P) + 1,032(E) \quad r = 0,96 \quad (38)$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

E = Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año)

r = coeficiente de Correlación.

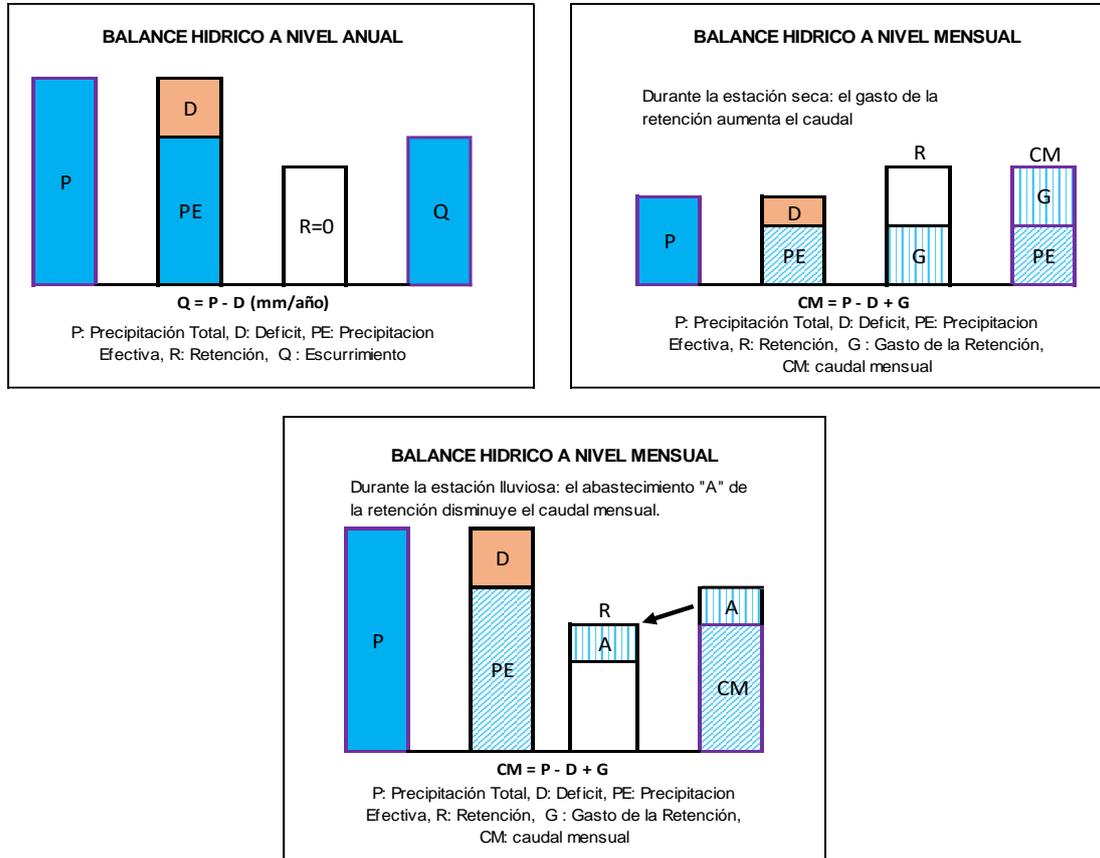


Figura 11. Esquematación del balance hídrico del modelo de Lutz Scholtz.

Fuente: Lutz Scholtz (1980).

2.11.1.2 Evapotranspiración potencial.

Aparicio, (1997); Indica que la evapotranspiración es un factor determinante en el diseño de sistemas de riego, incluyendo las obras de almacenamiento, conducción, distribución y drenaje. Especialmente el volumen útil de una presa para abastecer a una zona de riego depende en gran medida del uso consuntivo.

Guevara, (1973); Señala que todas las especies vegetales necesitan agua en diferentes cantidades para crecer y mantenerse en vida. Sin embargo, sólo una pequeña porción del agua requerida es retenida en la estructura vegetal; la mayor parte pasa del suelo a la planta a través del sistema radicular y es transpirada hacia la atmósfera desde la superficie foliar.

Vásquez, (2000); Menciona que la evapotranspiración potencial, es uno de los factores determinantes para la evaluación de la demanda de agua, el cual constituye como resultado del efecto combinado de la evaporación del agua del suelo y la transpiración de la planta en pleno proceso de crecimiento.

2.11.1.3 Precipitación efectiva.

Desde el punto de vista hidrológico, es aquella precipitación que genera el escurrimiento superficial de las aguas de lluvia a través de cuencas naturales llamados ríos. Para llegar a este tipo de escurrimiento la precipitación total sufre un decremento por evapotranspiración, infiltración, retención en acuíferos o abastecimiento de acuíferos, para finalmente la diferencia llegar al escurrimiento superficial.

Vásquez, (2000); menciona que durante el proceso de almacenamiento hídrico del reservorio "suelo", la precipitación constituye un alto porcentaje (en algunos casos el total) del contenido de agua en el suelo; Pero parte de la lluvia que dispone la planta para su desarrollo es únicamente una fracción de ésta; la otra parte se pierde por escorrentía, percolación profunda o evaporación.

Para el cálculo de la precipitación efectiva se analizan en dos formas dependiendo del requerimiento del estudio como: precipitación efectiva desde el punto de vista para cultivos y la precipitación efectiva desde el punto de vista hidrológico.

Para el estudio es importante la determinación de la precipitación efectiva desde el punto de vista hidrológico, para lo cual se cuenta con un polinomio de quinto grado elaborado por Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones - PLAN MERIS II.

$$PE = a_0 + a_1 * P + a_2 * P^2 + a_3 * P^3 + a_4 * P^4 + a_5 * P^5 \quad (39)$$

Donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

a_i = Coeficiente del polinomio.

El límite superior para la Precipitación Efectiva para las curvas establecidas por el PLAN MERIS son:

$$\text{Curva I: } PE = P - 120,6 \text{ para } P > 177,8 \text{ mm/mes}$$

$$\text{Curva II: } PE = P - 86,4 \text{ para } P > 152,4 \text{ mm/mes}$$

$$\text{Curva III: } PE = P - 59,7 \text{ para } P > 127,0 \text{ mm/mes}$$

En la Tabla 1, se muestran los coeficientes, a_i , que permiten la aplicación del polinomio propuesto por Lutz Scholtz.

Tabla 1
Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.

Coef.	Curva I	Curva II	Curva III
a0	-0.047000	-0.106500	-0.417700
a1	0.009400	0.147700	0.379500
a2	-0.000500	-0.002900	-0.010100
a3	0.000020	0.000050	0.000200
a4	-5.00E-08	-2.00E-07	-9.00E-07
a5	2.00E-10	2.00E-10	1.00E-09

Nota: El rango de aplicación de los coeficientes de la Ecuación polinómica de la PE comprendida para $0 < P < 250 \text{ mm}$

Fuente: Lutz Scholtz (1980).

De este modo, es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva total de manera que el volumen anual de la precipitación efectiva sea igual al caudal generado en la cuenca de estudio.

2.11.1.4 Retención de la cuenca

Aguirre, 1999; Suponiendo que exista un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y además que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según las fórmulas:

$$R_i = CM_i - P_i \quad (40)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (41)$$

Donde:

CM_i = Caudal mensual (mm/mes)

- PE_i = Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)
- R_i = Retención de la cuenca (mm/mes)
- G_i = Gasto de la retención (mm/mes)
- A_i = Abastecimiento de la retención (mm/mes)
- R_i = G_i para valores mayores que cero (mm/mes)
- R_i = A_i para valores menores que cero (mm/mes).

Ambas ecuaciones son contribuciones hídricas al caudal, por tanto sumando los valores de *G* o *A* respectivamente, se halla la retención total *R* de la cuenca para el año promedio, que para el caso de las cuencas de la sierra varía de 43 a 188 (mm/año).

2.11.1.5 Relación entre Descargas y la Retención

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

$$Q_t = Q_0 * e^{-at} \quad (42)$$

Donde:

- Q_t = Descarga en el tiempo t
- Q₀ = Descarga inicial
- a = Coeficiente de agotamiento
- t = tiempo

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real.

2.11.1.6 Coeficiente de Agotamiento

Mediante la ecuación anterior se puede calcular el coeficiente de agotamiento "a", en base a datos hidrométricos. Este coeficiente no es constante durante toda la estación seca, ya que va disminuyendo gradualmente. El coeficiente de agotamiento de la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la cuenca. El análisis de las observaciones disponibles, muestran además

cierta influencia del clima, la geología y la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica para la sierra peruana:

En principio, es posible determinar el coeficiente de agotamiento real mediante aforos sucesivos en el río durante la estación seca; sin embargo cuando no sea posible ello, se puede recurrir a las ecuaciones desarrolladas para la determinación del coeficiente "a" para cuatro clases de cuencas tal como se muestra en el Tabla 2.

Tabla 2
Ecuaciones para el cálculo del coeficiente de agotamiento "a".

Característica de la Cuenca	Relación
Agotamiento muy rápido , por temperatura elevada > 10° C y retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana.	$a = -00,00252 * \ln(AR) + 0,034$
Agotamiento rápido , por retención entre 50 y 80 mm/año	$a = -00,00252 * \ln(AR) + 0,030$
Agotamiento mediano , por retención reducida mediana (alrededor 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).	$a = -00,00252 * \ln(AR) + 0,026$
Agotamiento reducido , por alta retención (arriba 100 mm/año) y vegetación mezclada	$a = -00,00252 * \ln(AR) + 0,023$

Fuente: Lutz Scholtz (1980).

Dónde: "a" es el coeficiente de agotamiento por día, AR es el área de la cuenca (km²).

2.11.1.7 Almacenamiento hídrico.

Se tienen tres tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de la cuenca son considerados:

- * Acuíferos
- * Lagunas y pantanos
- * Nevados

Todos los valores del almacenamiento hídrico producido por el efecto de la retención en la cuenca son recomendados por el modelo. En la Tabla 3 se

muestran las láminas de agua almacenada en los tres tipos de almacenes hídricos.

Tabla 3
Lámina de agua acumulada en los tres tipos de almacén hídrico.

TIPO	LAMINA ACUMULADA (mm/año)		
Napa Freática	Pendiente de la Cuenca		
	2%	8%	15%
	300	250	200
Lagunas – Pantanos	500		
Nevados	500		

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Scholtz 1980.

2.11.1.8 Gasto de la retención

La contribución mensual de la retención durante la estación seca se puede determinar experimentalmente en base a datos históricos de la cuenca en estudio por a través de la siguiente expresión:

$$G_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^m b_i} * R \quad (43)$$

Donde:

b_i : Es la relación entre el caudal del mes actual y anterior (coeficiente del gasto de la retención).

$\sum_{i=1}^m b_i$: Sumatoria de la relación entre el caudal del mes i y el caudal inicial (Coeficiente del gasto de la retención),

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

R : Retención de la cuenca (mm/mes).

2.11.1.9 Restitución

Se utiliza como referencia los valores del Tabla 4, para estimar la cuota del almacenamiento mensual en la zona de interes.

$$R_i = (r_i / \sum r_i) . A \quad (44)$$

$$r_i = r / 100 \quad (45)$$

Donde:

- R_i : Proporción del agua de lluvia que entra en el almacén hídrico para el mes(i)
- A : Almacenamiento hídrico
- r : Almacenamiento hídrico (mm/año)
- r_i : Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias(%)

2.11.1.10 Abastecimiento de la retención

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.

Se determina el abastecimiento de la retención experimentalmente en base a datos históricos de la cuenca en estudio o por similitud con cuencas vecinas

La lámina de agua que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de un déficit mensual de la precipitación efectiva mensual y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) \quad (46)$$

Donde:

- A_i : Abastecimiento mensual deficit de la precipitación efectiva (mm/mes)
- a_i : Coeficiente de abastecimiento (%).
- R : Retención de la cuenca (mm/año)

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

Tabla 4
Almacenamiento hídrico durante la época de lluvia (%)

REGION	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
CUSCO	0	5	35	40	20	0	100
HUANCAVELICA	10	0	35	30	20	5	100
JUNIN	10	0	25	30	30	5	100
CAJAMARACA	25	-5	0	20	25	35	100

Fuente: Lutz Scholtz (1980) – Parámetros de calibración para la sierra peruana.

2.11.2 Determinación del caudal mensual para el año promedio

La lámina de agua que corresponde al caudal mensual se calcula a partir de la ecuación del balance hídrico, tomando en cuenta la precipitación total mensual y el déficit de escurrimiento.

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (47)$$

Donde:

- CM_i = Caudal del mes i (mm/mes)
- PE_i = Precipitación efectiva del mes i (mm/mes)
- G_i = Gasto de la retención del mes i (mm/mes)
- A_i = Abastecimiento del mes i (mm/mes)

2.11.3 Generación de caudales mensuales para períodos extendidos

A fin de generar una serie sintética de caudales para períodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en una combinación de un proceso markoviano de primer orden, según las ecuaciones siguientes I y II, con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva:

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \dots\dots\dots (48)$$

$$Q = g(PE_t) \dots\dots\dots (49)$$

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

$$Z = z(S)\sqrt{(1 - r^2)} \quad (50)$$

$$Q_t = b_1 + b_2(Q_{t-1}) + b_3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2} \quad (51)$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales para periodos extendidos es:

Dónde:

Q_t = Caudal del mes t

Q_{t-1} = Caudal del mes anterior

PE_t = Precipitación efectiva del mes

b_1 = Factor constante o caudal básico

Se calcula los parámetros b_1 , b_2 , b_3 , r y S sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión con Q_t como valor dependiente y Q_{t-1} y PE_t , como valores independientes.

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

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

2.11.4 Restricciones del modelo

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

- a) El uso de los modelos parciales, únicamente dentro del rango de calibración establecido.
- b) Su uso es únicamente para el cálculo de caudales mensuales promedio.
- c) Los registros generados en el período de secas presentan una mayor confiabilidad que los valores generados para la época lluviosa.

Es importante tener en cuenta las mencionadas restricciones del modelo.

III. METODO

3.1 Tipo de la Investigación

El tipo de la investigación corresponde al tipo no experimental, interpretativo y analítico, para lo cual se tendrá en cuenta: La delimitación de la cuenca a partir de información cartográfica georeferenciada y modelo digital de terreno (MDT) y determinación de los parámetros morfológicos de la microcuenca Huancallima, determinación de la precipitación areal de la cuenca, a partir de datos pluviométricos de estaciones vecinas y generar la precipitación media de la microcuenca en estudio, previo análisis de consistencia de la información y determinación del caudal generado en el año promedio a través del modelo determinístico de Lutz Scholds y el caudal generado para el período extendido a través del proceso markoviano - Modelo Estocástico de la microcuenca.

3.2 Población y Muestra

La microcuenca del río Huancallima fue seleccionado para elaborar el estudio de disponibilidad hídrica para uso agrícola de la comunidad de Sacasamarca, pertenece a la Subcuenca Caracha y Cuenca Pampas, de la vertiente del Pacífico, además está ubicado políticamente en el Distrito de Sacsamarca, Provincia de Huancasancos, Región Ayacucho.

3.2.1 Ubicación

3.2.1.1 Ubicación geográfica

La microcuenca del río Huancallima, incluye a la región de Ayacucho, forma parte del sistema hidrográfico de la vertiente del Pacífico, se encuentra ubicada geográficamente entre las coordenadas UTM 8'886,201 - 9'034,985 Norte y 192,946 – 256,217 Este; la cota más baja es de 3,762 m.s.n.m. Datum WGS 84: 18L sur, en la *Figura 12* se presenta la ubicación de la unidad hidrográfica y las cartas nacionales a escala 1/100000 que determinan su ubicación.

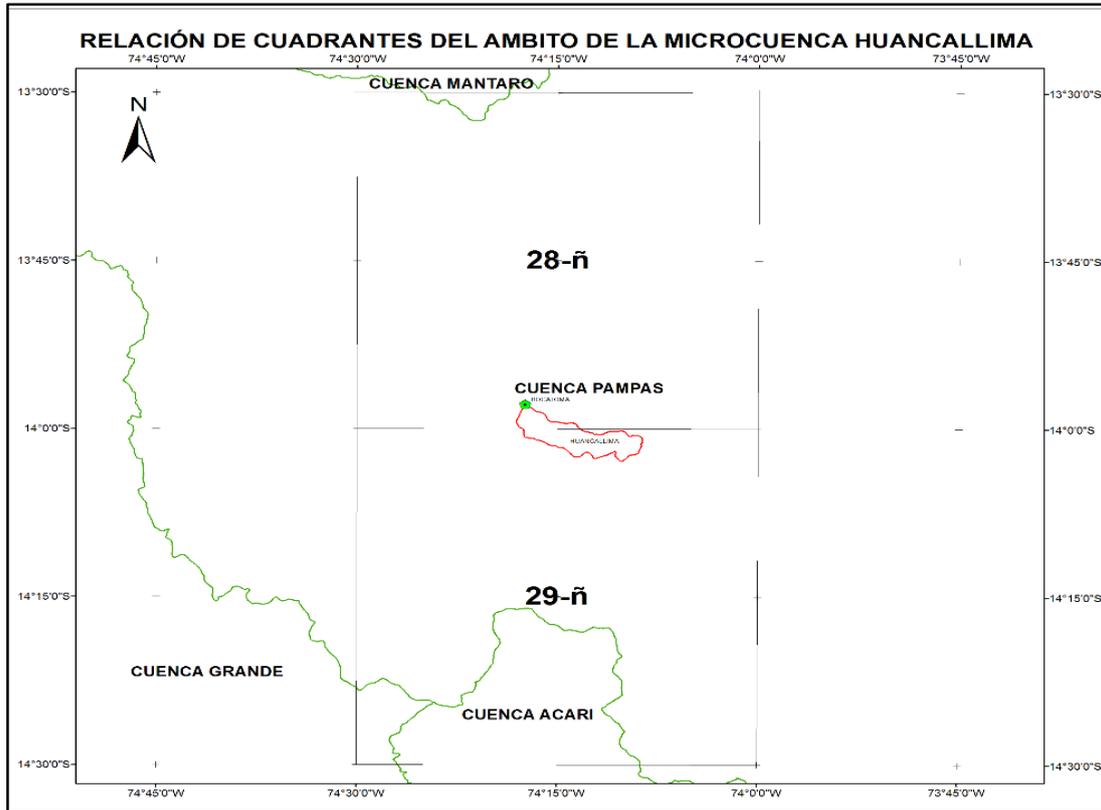


Figura 12. Relación de cuadrantes del ámbito de la microcuenca Huancallima.
Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.2 Ubicación hidrográfica

La microcuenca del río Huancallima forma parte de la vertiente del Océano Atlántico y forma parte de la cuenca Pampas que limita con las siguientes cuencas:

Por el Norte: Mantaro, e Intercuenca Bajo Apurímac.

Por el Este: Intercuenca Alto Apurímac e Intercuenca Bajo Apurímac.

Por el Sur: Yauca, Ocoña e Intercuenca Alto Apurímac.

Por el Oeste: Pisca, Ica, Grande y Acarí.

3.2.1.3 Ubicación política

Políticamente, la microcuenca del río Huancallima, se encuentra ubicada en el distrito de Sacsamarca, Provincia de Huanacasancos de la región Ayacucho, tal como se aprecia en la figura 13.

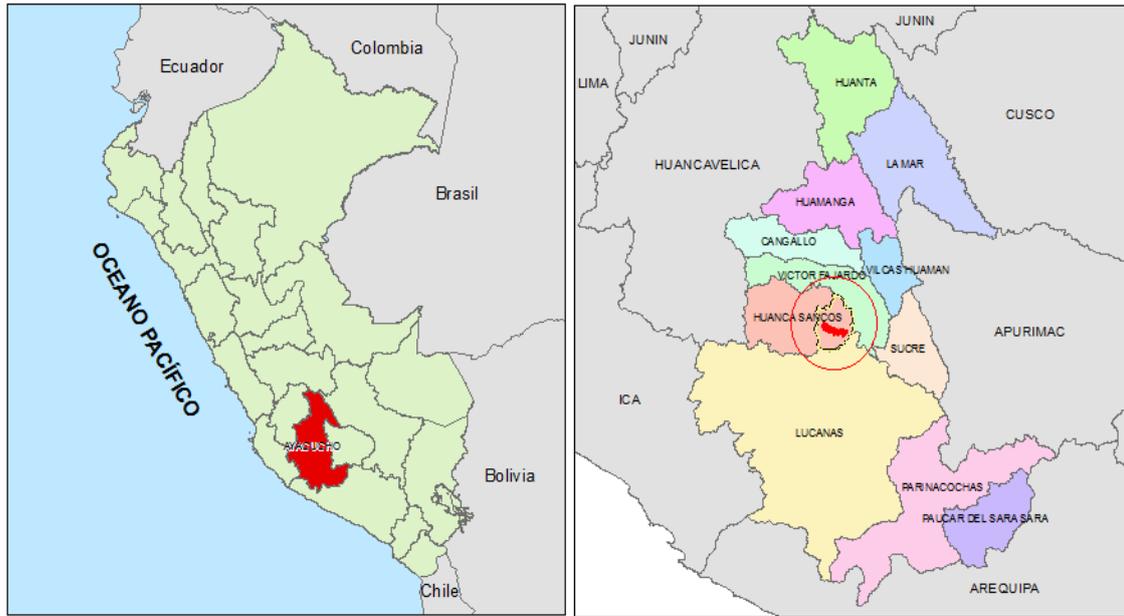


Figura 13. Ubicación Política de la Microcuenca Huancallima.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.4 Ubicación administrativa

La Administración Local de Aguas (ALA), del Río Huancallima, es la encargada de administrar las aguas de uso agrario y no agrario en el ámbito de su jurisdicción, dependen jerárquicamente de la Autoridad Nacional del Agua. Hidrográficamente se encuentra en la cuenca del río Pampas

3.2.1.5 Ubicación geográfica del punto de control y/o aforo

En la Tabla 5 se presenta las coordenadas geográficas y las coordenadas UTM, del punto de salida ubicado en el punto de aforo o ubicación de la bocatoma.

Tabla 5
Ubicación del punto de aforo del río Huancallima.

BOCATOMA			
Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM (m)	
Latitud	13°57'52.19"S	UTM Norte Y	8456085.84
Longitud	13°57'52.19"S	UTM Este X	576557.94

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Operacionalización de Variables

Las variables que deberán ser analizadas para alcanzar los objetivos de la tesis son:

3.3.1 Variables

- Geomorfología de la microcuenca
- Variación espacial y temporal de la precipitación.
- Temperatura
- Humedad relativa
- Evapotranspiración
- Fuentes de almacenamiento (lagunas, nevados, acuíferos (etc))
- Áreas agrícolas y cedula de cultivo
- Coeficiente de los cultivos

3.3.2 Indicadores

Los indicadores que deberán ser motivo de control, medición y evaluación para el cumplimiento de los objetivos del plan son los siguientes:

- Precipitación Efectiva (Pe).
- Coeficiente de Escorrentía (C)
- Retención de la Microcuenca (R)
- Coeficiente de Agotamiento (Ai)
- Déficit de escurrimiento
- Caudal generado en el año promedio
- Caudal generado para un período extendido (Proceso markoviano - Modelo Estocástico).
- Demanda de agua de los cultivos
- Balance hídrico

3.4 Instrumentos

3.4.1 Información básica

En la presente investigación se usó la información cartográfica específicamente las Cartas Nacionales del IGN a escala 1:100,000, 28ñ, 29ñ, para la delimitación de la microcuenca Huancallima, presentada en coordenadas UTM, en el Datum WGS-84, Zona 18 Sur.

Así mismo, se utilizó la información hidrometeorológica constituidos por registros de precipitación, temperatura, humedad relativa, radiación solar, evaporación de las estaciones de las cuencas de los ríos Pampas y Acari y/o

subcuencas vecinas, proporcionados por el SENAMHI, PETACC, ALA, Juntas de Usuarios y obtenidos de estudios anteriores, información utilizado en el análisis del estudio, los mismos se anexan.

3.4.2 Equipo y programas de cómputo para el análisis

- Estación total, GPS y Eclímetro, para levantamiento topográfico de la sección de control del cauce.
- Equipo para la medición de los caudales del río Huancallima.
- Software ArcGis 10,1 para el análisis y generación de los mapas.
- Laptop Toshiba satelital y accesorios.
- Software Hydraccsess para análisis temporal de las estaciones pluviométricas.
- Programa de computo Microsoft office para análisis de información estadística, redacción y presentación de tesis.

3.5 Procedimiento

3.5.1 Recopilación de información básica.

El estudio se inicia con la recopilación de información básica disponible tanto en gabinete como en campo relacionadas a aspectos cartográficos, hidrometeorológicos, topográfico, morfológico y otros, que permitan plantear la metodología de trabajo adecuada con el objeto de determinar los caudales medios mensuales en la microcuenca Huamcallima

3.5.1.1 Recopilación de Información cartográfica.

La información cartográfica básica para la realización del estudio de disponibilidad hídrica con fines agrícolas y la generación de mapas temáticos de la microcuenca del río Huancallima, que consiste en:

- Cartas Nacionales digitalizadas en formato raster que abarca la cuenca del río Huancallima a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) digitalizado bajo el entorno de SIG con equidistancia mínima entre curvas de nivel de 50 m.
- Las hojas de la Carta Nacional del IGN a escala 1:100,000, utilizadas son: 28ñ, 29ñ

- Mapa de Red de Estaciones Meteorológicas administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).
- Los planos de redes hidrográficas y meteorológicas fueron elaborados en función de cartas digitalizadas y presentadas a escala 1:100,000.
- La información cartográfica en formato SIG y PDF será presentada en coordenadas UTM, en el Datum WGS-84, Zona 18 Sur.
- Perfiles técnicos y estudios realizados con el uso de los recursos hídricos.

3.5.1.2 Recopilación de la Información hidrometeorológica

La información hidrometeorológica recopilada y empleada en el trabajo están constituidos por registros de precipitación, temperatura, humedad, radiación solar, evaporación de las estaciones de las cuencas de los ríos Pampas y Acari y/o subcuencas vecinas, proporcionados por el SENAMHI, PETACC, ALA, Juntas de Usuarios y obtenidos de estudios anteriores, inventarios existentes de fuentes hídricas vecinas.

Para la presente tesis se han, Identificado 9 estaciones pluviométricas en el ámbito de la región y se han seleccionado 8 estaciones pluviométricas, los que se encuentran más cercanas a la zona de estudio. En la Tabla 6 se presenta las estaciones identificadas y seleccionadas, a los que se les denominó estaciones pilotos, cuyos registros fueron utilizados para calibrar el modelo matemático de Lutz Scholtz.

Las alturas promedio de las estaciones dentro de la zona de estudio varían desde 3213 msnm (Puquío) y 4150 msnm (Cceccaña).

Tabla 6
Red de estaciones pluviométricas seleccionadas para el estudio.

RED DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO											
ESTACIONES	TIPO	PROPIETARIO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD m.s.n.m.	CUENCA	UBICACIÓN			PERIODO DE REGISTRO	RECORD DE AÑOS
			LATITUD SUR	LONGITUD OESTE			Región	Provincia	Distrito		
1. PUQUIO	CLI	SENAMHI	14°42'00"	74°00'00"	3213.0	ACARI	AYACUCHO	LUCANAS	PUQUIO	1965-2006	42.0
2. LUCANAS	CLI	SENAMHI	14°37'00"	74°14'00"	3400.0	ACARI	AYACUCHO	LUCANAS	LUCANAS	1965-2006	38.0
3. PAUCACORRAL	PLU	SENAMHI	14°40'00"	74°05'00"	4060.0	ACARI	AYACUCHO	LUCANAS	PUQUIO	1965-1996	32.0
4. PAMPAMARCA	PLU	SENAMHI	14°14'00"	74°12'00"	3400.0	PAMPAS	AYACUCHO	LUCANAS	AUCARA	1966-1996	31.0
5. CCECCAÑA	PLU	SENAMHI	14°36'00"	74°12'00"	3400.0	ACARI	AYACUCHO	LUCANAS	AUCARA	1966-1996	31.0
6. ANDAMARCA	PLU	SENAMHI	14°23'00"	73°58'00"	4100.0	PAMPAS	AYACUCHO	LUCANAS	PUQUIO	1965-1980	16.0
7. APACHETA	PLU	SENAMHI	13°20'51"	74°38'44"	4150.0	MANTARO	AYACUCHO	CANGALLO	PARAS	1993 - 2006	14.0
8. PAMPAHUASI	PLU	SENAMHI	14°30'00"	74°15'00"	3650.0	ACARI	AYACUCHO	LUCANAS	AUCARA	1966-1980	15.0

Fuente: Red de estaciones pluviométricas utilizadas en el estudio – SENAMHI

3.5.1.3 Información meteorológica complementaria

En la microcuenca de estudio no se cuenta con un registro extendido de la información meteorológica complementaria de temperatura, humedad, nubosidad, evaporación, viento, horas de sol etc.), por lo que se han identificado las estaciones próximas a la microcuenca tales como Apacheta, Vilcashuaman, Huancapi, Putaja y datos de la Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Pampas para la generación de información meteorológica.

En el Tabla 8 se presenta la información meteorológica complementaria de las estaciones seleccionadas. Las variables meteorológicas registradas por las estaciones son: temperatura, humedad relativa y horas de sol las cuales se presenta en el Anexo VI Tabla 6-1 al 6-3

Tabla 8
Red de estaciones meteorológicas complementarias.

RED DE ESTACIONES COMPLEMETARIAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO									
ESTACIONES	VARIABLE CLIMATICO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD m.s.n.m.	CUENCA/SUB CUENCA/MICR OCUECA	UBICACIÓN			RECORD DE AÑOS
		LATITUD SUR	LONGITUD OESTE			Región	Provincia	Distrito	
APACHETA	TEMPERATURA	13°20'51"	74°38'44"	4150	MANTARO	AYACUCHO	CANGALLO	PARAS	
VILCASHUAMAN	TEMPERATURA	13° 38' 37"	73° 56' 56"	3394	PAMPAS	AYACUCHO	VILCAHUAMAN	VILCAHUAMAN	
HUANCAPI	TEMPERATURA	13° 45' 1.44"	74° 4' 13.8"	3120	PAMPAS	AYACUCHO	VICTOR FAJARDO	HUANCAPI	
PUTACCA	HORAS DE SOL	13° 23' 39"	74°21'13"	3550	PAMPAS	AYACUCHO	HUAMANGA	VINCHOS	
	HUMEDAD RELATIVA				CARACHA	AYACUCHO			

Fuente: SENAMHI

3.5.1.4 Determinación de la oferta hídrica de la microcuenca Huancallima

- Delimitación de la microcuenca y cálculo de los parámetros geomorfológicos.
- Análisis de los parámetros meteorológicos y generación de información meteorológica para al microcuenca en estudio.
- Cálculo del Coeficiente de escurrimiento (c).
- Evapotranspiración potencial de la microcuenca y de la zona de riego
- Determinación de la precipitación efectiva el punto de vista hidrológico y desde el punto de vista agrícola.
- Calculo del abastecimiento de los almacenes hídricos, llamado retención de la cuenca.

- Cálculo del coeficiente de agotamiento "a", en base mediante una ecuación empírica desarrollado por la Misión Alemana para la sierra peruana.
- Cálculo de la contribución mensual de la retención durante la estación seca.
- Cálculo del abastecimiento de la retención que consiste en la lámina de agua que entra en la reserva de la cuenca.
- Determinación del caudal mensual para el año promedio.
- Generación de caudales mensuales para períodos extendidos.
- Cálculo de la demanda del área agrícola de la localidad de Sacsamarca
- Balance hídrico para ajustar la oferta hídrica a la demanda de agua del área potencial de riego.

3.6 Análisis de Datos

Una vez culminada con el acopio de información cartográfica y meteorológica se procedió al análisis de consistencia de la información meteorológica desde el punto de vista gráfico y estadístico utilizando las hojas de cálculo Excel. A continuación, se realizó la generación de datos de precipitación y temperatura en la microcuenca Huancallima a través del proceso de regionalización utilizando la herramienta estadística del coeficiente de regresión simple, luego se procedió al análisis de generación de caudales para el año promedio a partir de la precipitación generado y los parámetros morfológicos de la microcuenca y mediante un análisis de regresión múltiple se procedió a calcular los parámetros estadísticos y se generó los datos aleatorios para una distribución normal para una media igual a cero y variancia uno, datos necesarios para el procesamiento del Modelo de Lutz Scholtz, para generar los caudales los caudales para el periodo extendido, según el diseño de la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1 Aplicación del Modelo Precipitación Escorrentía

El modelo de Lutz Scholtz interactúa una serie de modelos determinísticos y estocásticos parciales con la finalidad de generar un caudal promedio característico en la microcuenca en estudio; para luego extender la serie con un modelo puramente estocástico como es el modelo markoviano de primer orden.

4.1.1 Delimitación de la Microcuenca Huancallima

Gomes & Lobão, (2009); señalan que la delimitación de cuencas es fundamental y va más allá del establecimiento del límite natural del área de drenaje, hasta convertirse en la unidad principal de análisis ambiental, permitiendo identificar y evaluar procesos, así como las interacciones que en ella ocurran, aspectos esenciales para la planificación y toma de decisiones sobre los recursos naturales. Lo anteriormente mencionado aplica también para la definición de microcuenca y es corroborado por Casillas (2006), quien manifiesta que microcuencas son las unidades naturales que sirven como base territorial para articular procesos de gestión, que promueven el desarrollo integral y sustentable.

La delimitación automática de áreas de drenajes, ha remplazado el método tradicional realizado manualmente sobre la carta topográfica, disminuyendo esfuerzos y optimizando recursos. El procedimiento para la obtención de cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas, se ha fortalecido en función al crecimiento vertiginoso que han tenido en los últimos años los Sistemas de Información Geográficos (SIG), que han aportado con nuevas herramientas enfocadas a estudios hidrográficos.

Guevara, (1987); señala que los SIG se han adaptado a los avances tecnológicos, proporcionando nuevos medios para la manipulación y análisis de información en función a la perspectiva del usuario y del problema a resolver.

Para el caso del estudio se pudo identificar al río Huancallima como el afluente principal que contribuye con el caudal ofertante para el beneficio de los productores agrarios del distrito de Sacsamarca.

La delimitación de la microcuenca se realizó con la herramienta “Hydrology” de Spatial Analyst del ArcGis Software que facilitó el cálculo de la geometría de la microcuenca.

Procedimiento para la delimitación de la microcuenca:

- a. Esta operación se realizó sobre las cartas 28ñ y 29ñ en formato Shafile digitalizadas por el IGN a una Escala 1/25000, en coordenadas UTM y Datum WGS84.
- b. Se procedió a unir las cartas para obtener un TIN que nos permite elaborar el Modelo Digital de Elevaciones – MDE de toda la superficie terrestre que contiene las cartas.
- c) Luego procedemos a determinar la dirección de la red hídrica mediante la herramienta ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Direction, dicha herramienta genera un ráster que contendrá la dirección de flujo.
- d) Luego determinamos la acumulación de la red hídrica. Para ello, se utiliza la herramienta Flow Accumulation. Esta herramienta generará un ráster con el flujo acumulado.
- e) El siguiente paso será la delimitación de la Cuenca Hidrográfica. La delimitación automática de la cuenca se realiza con la herramienta Basin. El resultado de la operación será un ráster que delinea todas las cuencas hidrográficas en base a la red de drenaje.
- f) Finalmente, debemos elaborar el shape de la red principal y secundaria respecto a la microcuenca del río Huancallima, tal como se muestra en la *Figura 15*.

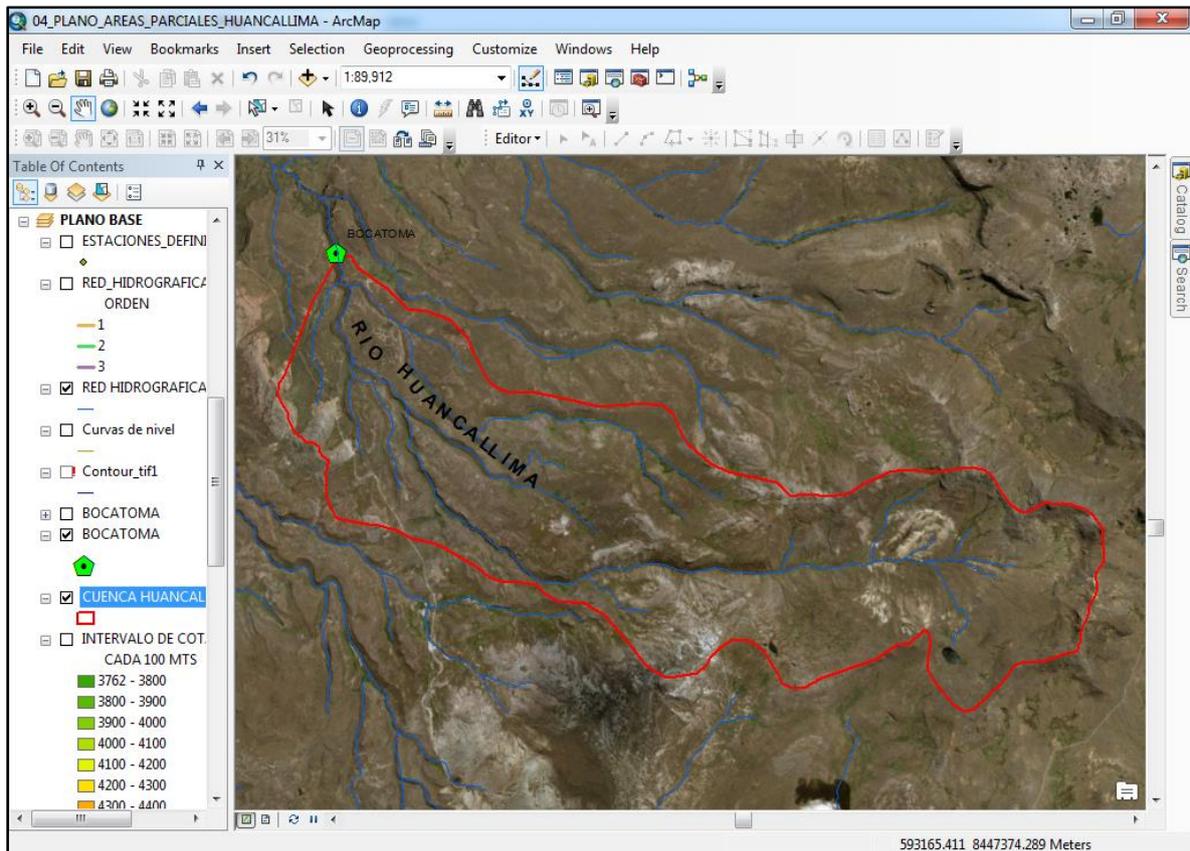


Figura 15. Delimitación de la microcuenca con el Software ArcGis 10.5.

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.1 Características fisiográficas de la cuenca

Henaos, 1988; Señala que el funcionamiento de una cuenca se asemeja al de un colector que recibe la precipitación y la convierte en escurrimiento. Esta transformación depende de las condiciones climáticas y las características físicas de la cuenca.

Desde el punto de vista de su funcionamiento, una cuenca hidrográfica puede caracterizarse por su morfología, por la naturaleza del suelo y por la cobertura vegetal y uso del suelo (Gaspari, 2002; Gaspari et al., 2009)

Las propiedades morfométricas de una cuenca hidrográfica proporcionan una descripción física espacial que permite realizar comparaciones entre distintas cuencas hidrográficas. Al mismo tiempo, pueden proporcionar conclusiones preliminares sobre las características ambientales del territorio a partir de la descripción precisa de la geometría de las formas superficiales

En esta etapa el modelo caracteriza a la microcuenca Huancallima desde su fisiografía, para lo cual adopta los métodos clásicos de la hidrología los cuales son:

- Área (A)

El área de la cuenca es quizá la propiedad más importante, ésta determina el potencial del volumen de escorrentía, proporcionando la tormenta que cubre el área completa. La cuenca es delimitada por la unión de puntos altos que separan las cuencas de drenaje en salidas diferentes. Debido al efecto de flujo sub superficial.

En general a mayor área de cuenca, mayor cantidad de escorrentía superficial y consecuentemente, mayor flujo superficial.

El área de la microcuenca del río Huancallima desde la naciente agua arriba hasta el punto de drenaje (bocatoma), delimitado por su divortium acuarium es

$$\text{Área Total} = 67,618 \text{ km}^2$$

- Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro de la microcuenca del río Huancallima, está definido por la longitud de la línea de divisoria de aguas, que se conoce como el “parte aguas o Divortium Acuarium”, la unidad de medida es en Km.

El perímetro de la microcuenca del río Huancallima delimitado desde la bocatoma es:

$$\text{Perímetro} = 46,37 \text{ km.}$$

- Longitud de cauce principal (L)

Recibe éste nombre, el mayor cauce longitudinal que tiene una cuenca es decir, el recorrido que realiza el río desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades hasta un punto fijo, que puede ser una estación de aforo o desembocadura o punto de interés.

La longitud mayor del río Huancallima, considerando el cauce natural desde sus nacientes hasta la captación o punto de interés es:

$$L = 19,07 \text{ Km.}$$

- Forma de la cuenca

Villodas, R, 2008; Indica que toda cuenca tiene siempre un área y un perímetro perfectamente definido, pero dos cuencas de igual área no necesariamente deben tener igual comportamiento hidrológico, dada la diversidad de formas que pueden adoptar.

Se han efectuado numerosos esfuerzos para tratar de descubrir el efecto de la forma, por medio de un solo valor numérico la mayoría de las cuencas tienden a tener la forma de una pera, sin embargo los condicionantes geomorfológicos conducen a numerosas desviaciones de esta configuración.

La forma de una cuenca puede ser caracterizada por medio de diversos índices y parámetros pasándose a considerar las más usadas:

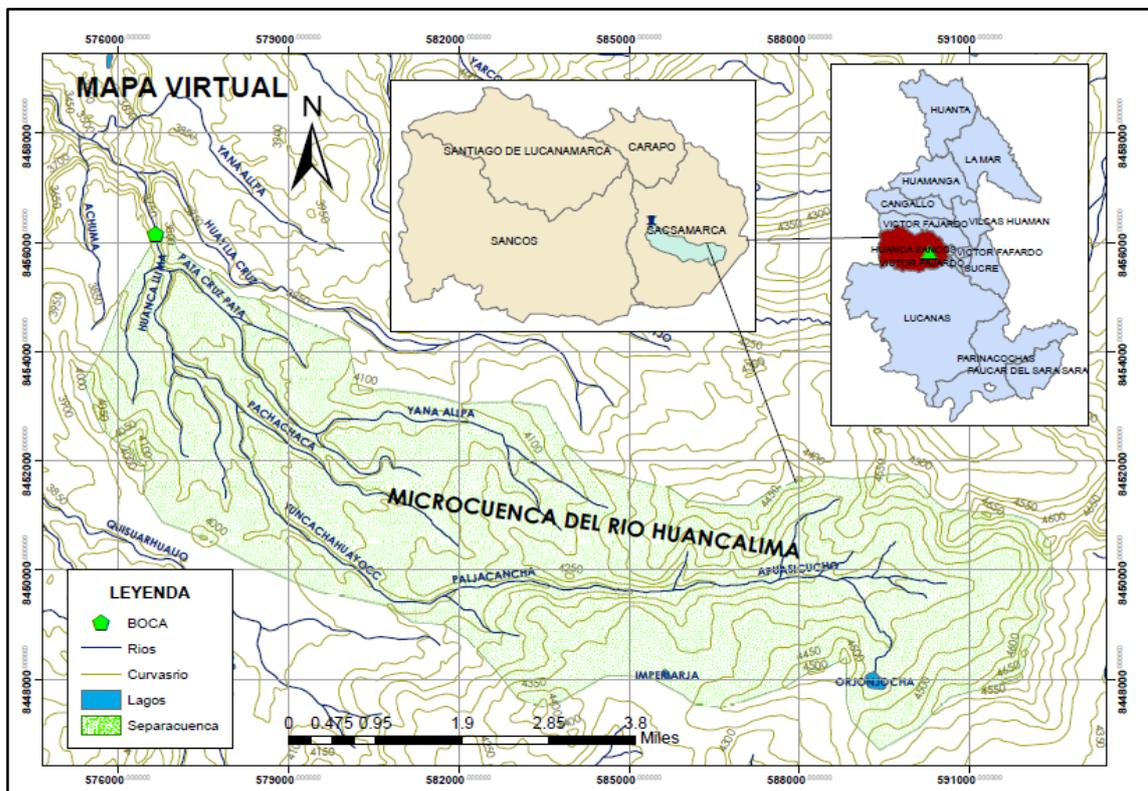


Figura 16. Sistema hidrográfico de la microcuenca Huancallima.

Fuente: Elaboración propia

- Ancho promedio

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud mayor del curso del Río.

La expresión es la siguiente:

$$B = A/L \quad (52)$$

Dónde:

B = Ancho promedio de la cuenca o Unidad Hidrográfica (Km)

A = Área de la cuenca o Unidades Hidrográficas (Km²) = 67,618 km²

L = Longitud mayor del río (Km) = 19,07 km

Entonces, el ancho promedio de la microcuenca del río Huancallima es:

$$B = 3,55 \text{ Km}$$

- Coeficiente de compacidad (K_c)

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$K_c = 0,28 * \frac{P}{A^{\frac{1}{2}}} \quad (53)$$

Dónde:

K_c = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la cuenca (Km) = 46,37 km

A = Área de la cuenca (Km²) = 67,618 km²

El coeficiente de Compacidad define la forma de la cuenca, respecto a la similitud con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación:

Clase K_c1: Rango entre 1 y 1,25 - forma redonda a oval redonda.

Clase K_c2: Rango entre 1,25 y 1,5 - forma oval redonda a oval oblonga.

Clase K_c3: Rango entre 1,5 y 1,75 - forma oval oblonga a rectangular oblonga.

Una cuenca se aproximará a una forma circular cuando el valor K_c se acerque a la unidad. Cuando se aleja de la unidad, presenta una forma más irregular en relación al círculo.

El coeficiente de compacidad de la microcuenca del río Huancallima calculado es: K_c = 1,58

Como el kc de la microcuenca está entre 1,5 y 1,75 se concluye que tiene forma oval oblonga, con menores posibilidades de generar caudales picos en tiempos cortos

- Factor de forma (F_f)

El Factor de Forma, es otro índice numérico adimensional con el que se puede expresar la forma de la cuenca.

El Factor de Forma tiene la siguiente expresión:

$$F_f = \frac{B}{L} = \frac{A}{L^2} \quad (54)$$

L = Longitud mayor del río (km) = 19,07 km

A = Área de la cuenca (km²) = 67,618

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma

El factor de forma de la cuenca de la microcuenca del río Huancallima es:

$$F_f = 0,186$$

El factor de forma tiende a ser un valor bajo, indica que la cuenca tiene la forma alargada y estaría sujeta a crecientes de menor magnitud, ver figura 16.

- Pendiente media de la microcuenca Huancallima

El cálculo de la Pendiente Media de una Cuenca Hidrográfica, es una de las actividades no sólo más laboriosas, sino también más importantes en la realización de cualquier estudio hidrológico, sabemos que la pendiente media controla la velocidad de la escorrentía superficial en dicha cuenca. Algunos de los parámetros de mayor uso en la Hidrología Superficial, como el Coeficiente de Escorrentía, se fundamentan en la estimación de la cantidad del volumen total de agua precipitada sobre la Cuenca Hidrográfica que se convertirá en caudal superficial, a partir de parámetros diversos, entre los que destaca el valor de su Pendiente Media.

El cálculo de la pendiente media de la microcuenca lo trabajamos con el programa de ArcGis 10,5, el programa elabora un Modelo Digital del Terreno de la microcuenca delimitada (mapa digital, con la cota de cada punto), y cuenta con una herramienta para la obtener la pendiente media en forma

inmediata, el valor de la pendiente media de la cuenca obtenido con el programa ArcGis 10,5 es 16,52%.

- Pendiente media del curso principal (S)

Es la relación entre la diferencia de altitudes del cauce principal y la proyección horizontal del mismo. Su influencia en el comportamiento hidrológico se refleja en la velocidad de las aguas en el cauce, lo que a su vez determina la rapidez de respuesta de la cuenca ante eventos pluviales intensos y la capacidad erosiva de las aguas como consecuencia de su energía cinética. Se ha determinado la pendiente del cauce principal del río Huancallima expresado en porcentaje (%).

La pendiente media del río Huancallima calculado mediante un proceso cartográfico, usando un DEM (Modelo digital de elevación) para calcular el temático de pendiente real de la cuenca, luego interpolar el río principal, y tener la media mediante el software ArcGis es:

$$\text{Pendiente media del río} = 5,41\%$$

Otra forma tradicional de determinar la pendiente del cauce principal es mediante la siguiente relación:

$$I_c = \left(\frac{H_{Max} - H_{Min}}{L_c} \right) \quad (59)$$

Siendo:

I_c = Pendiente media del río.

L_c = Longitud del río (Km)

H_{Max} y H_{Min} = Altitud máxima y mínima del lecho del río; referidas al nivel medio de las aguas del mar m.s.n.m.

Datos:

Altitud máxima: 4335 msnm

Altitud Mínima: 3762 msnm

Longitud del río: 19,07 km

La Pendiente media del río principal de la microcuenca Huancallima (I_c) es

$$\text{Pendiente media} = 3,02\%$$

El valor calculado por este método es una pendiente media que no considera la variación del relieve de la microcuenca.

Para los fines del estudio se toma el valor de la pendiente del cauce principal calculado mediante el MDT que nos indica que la microcuenca tiene un relieve suave cuya respuesta a caudales picos en tiempos cortos son casi nulas.

La microcuenca del río Huancallima presenta hoyas bien drenadas, tal como se puede apreciar en el perfil longitudinal del río principal de la figura 17 y la curva hipsométrica.



Figura 17. Perfil longitudinal del río Huancallima.

Fuente: Elaboración propia

- Altitud media de la cuenca (H)

La altitud media (H) de una cuenca es importante por la influencia que ejerce sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación, transpiración y consecuentemente sobre el caudal medio. Se calcula midiendo el área entre los contornos de las diferentes altitudes características consecutivas de la cuenca; en la altitud media, el 50% del área está por encima de ella y el otro 50% por debajo de ella.

Tabla 9
Áreas parciales de la microcuenca del río Huancallima.

ALTITUD msnm	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
	Km2	(%)	POR DEBAJO		POR ENCIMA	
			(KM2)	(%)	KM2	(%)
3762	0.000	0.00	0.000	0.00	67.618	100.00
3800	0.094	0.14	0.094	0.14	67.524	99.86
3900	4.818	7.13	4.912	7.26	62.706	92.74
4000	10.431	15.43	15.343	22.69	52.275	77.31
4100	11.975	17.71	27.317	40.40	40.301	59.60
4200	7.848	11.61	35.165	52.01	32.453	47.99
4300	8.307	12.29	43.472	64.29	24.146	35.71
4400	14.605	21.60	58.077	85.89	9.541	14.11
4500	6.666	9.86	64.744	95.75	2.874	4.25
4600	2.610	3.86	67.354	99.61	0.264	0.39
4656	0.265	0.39	67.618	100.00	0.000	0.00
TOTAL	67.62	100				

Fuente: Elaboración propia

- Curva hipsométrica de la microcuenca

Se define como curva hipsométrica a la representación gráfica del relieve medio de la cuenca, construida llevando en el eje de las abscisas, longitudes proporcionales a las superficies proyectadas en la cuenca, en km² o en porcentaje, comprendidas entre curvas de nivel consecutivas hasta alcanzar la superficie total, llevando al eje de las ordenadas la cota de las curvas de nivel consideradas.

La curva Hipsométricas de la Microcuenca Huancallima se graficó con los datos de la Tabla 9.

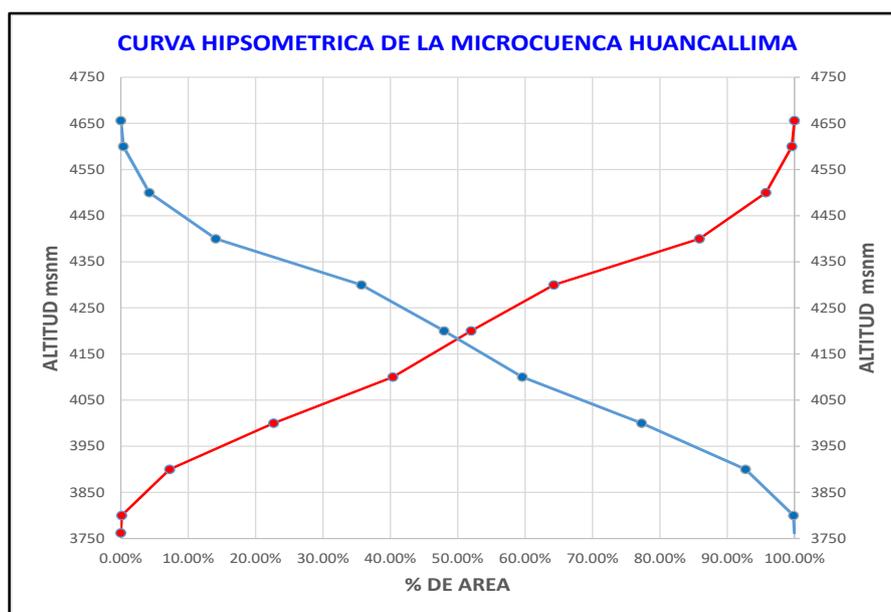


Figura 18. Curva hipsométricas del río Huancallima.

Fuente: Elaboración propia

De la *Figura 18* de la curva hipsométrica se puede afirmar que es una cuenca en equilibrio (fase de madurez), proyectado la intersección de las curvas hipsométricas nos permite proyectar la altitud media de la microcuenca del río Huancallima, aproximadamente es: 4181,9 m.s.n.m.

- Rectángulo equivalente:

Este parámetro de relieve consiste en una transformación geométrica que determina la longitud mayor y menor que tienen los lados de un rectángulo cuya área y perímetro son los correspondientes al área y perímetro de la cuenca.

$$L * l = A \text{ (Km}^2\text{)}$$

$$2(L + l) = P \text{ (Km)}$$

Donde:

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (km.)

l = Longitud del lado menor del rectángulo equivalente (km.)

Para la microcuenca del río Huancallima, los lados del rectángulo equivalente son:

$$\text{Lado Mayor} = L = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right) = 21,356 \text{ km.} \quad (55)$$

$$\text{Lado menor} = l = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right) = 3,166 \text{ km.} \quad (56)$$

En la *Figura 19*, se muestra el rectángulo equivalente de la microcuenca Huancallima graficado con los valores calculados mediante las formulas (55) y (56) y los datos del Tabla 10.

Tabla 10
Áreas parciales y cálculo del rectángulo equivalente

ALTITUD	AREAS PARCIALES	Li
msnm	Km2	Km
3762	0.000	0.000
3800	0.094	0.030
3900	4.818	1.522
4000	10.431	3.294
4100	11.975	3.782
4200	7.848	2.479
4300	8.307	2.624
4400	14.605	4.613
4500	6.666	2.105
4600	2.610	0.824
4656	0.265	0.084
TOTAL	67.62	21.356

Fuente: elaboración propia

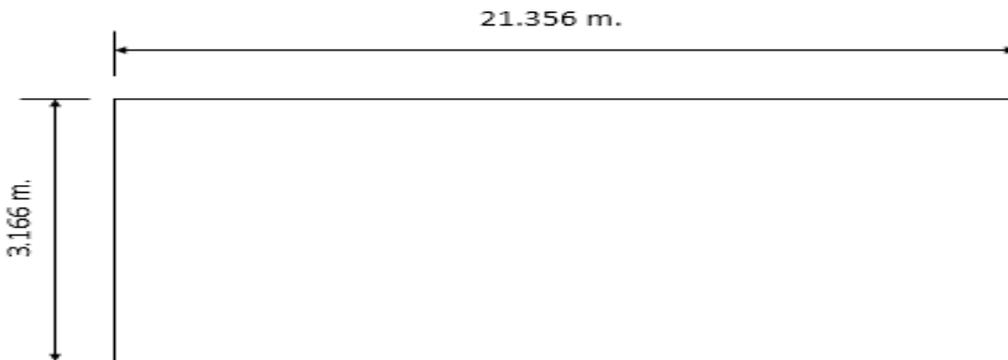


Figura 19 Rectángulo equivalente de la microcuenca Huancallima

Fuente: Elaboración propia

- Densidad de drenaje

La Densidad de Drenaje (D_d), indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua: efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca (L_t) y el área total de la misma (A).

La densidad de drenaje tiende a 1, en ciertas regiones desérticas de topografía plana y terrenos arenosos, y a un valor alto en regiones húmedas, montañosas y de terrenos impermeables. Esta última situación es la más favorable, pues si una cuenca posee una red de drenaje bien desarrollada, la extensión media de los terrenos a través de los cuales se produce el escurrimiento superficial es corto y el tiempo en alcanzar los cursos de agua también será corto; por consiguiente la intensidad de las precipitaciones influirá inmediatamente sobre el volumen de las descargas de los ríos. Se define como:

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \left(\frac{Km}{Km^2} \right) \quad (57)$$

Donde:

D_d = Densidad de Drenaje (Km/Km^2)

$\sum L_i$ = Longitud total de los cursos de agua perennes e intermitentes (Km) = 57,083

A = Área de la cuenca (Km^2). = 67,628 km^2

Monsalve, 1999; refiere que D_d usualmente toma los siguientes valores:

Entre 0,5 Km/Km^2 , para hoyas con drenaje pobre.

Hasta 3,5 Km/Km^2 para, hoyas excepcionalmente bien drenadas.

La densidad de drenaje de la microcuenca del río Huancallima es:

$$D_d = 0,84 \text{ Km/Km}^2$$

La microcuenca del río Huancallima presenta hoyas bien drenadas, tal como se puede apreciar en el perfil longitudinal del río principal y la curva hipsométrica.

- Tiempo de concentración (Tc):

López, 1994; Se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante, al tiempo que máximo; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida.

Para estimar el tiempo de concentración, existen gran variedad de ecuaciones empíricas, algunas de ellas se basan en las características morfométricas.

Para el caso del presente estudio, se ha utilizado la ecuación de Kirpich, por ser la más usada en el país.

Determinación del Tiempo de Concentración (Tc) en la Microcuenca

$$T_c = 0,0003245 \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385} \quad (58)$$

Donde:

L=Longitud del cauce principal (km) = 19,07 km = 19070 m.

S= Pendiente del cauce principal = 5,41%

Tc= Tiempo de concentración horas = 1,97 horas.

4.1.2 Análisis y regionalización de la información pluviométrica

En esta etapa el modelo no es exigente, plantea únicamente la necesidad de poder contar con una información lo más consistente posible, para lo cual existen una serie de métodos y programas de computación que permiten realizar los cálculos de la precipitación mensual regionalizado, como por ejemplo el HMS, HEC 04 entre otros.

Sin embargo, consideramos que dicha etapa de trabajo tiene una singular importancia para el tema de investigación, en tal sentido para la presente tesis

se optó por realizar el tratamiento de datos hidrometeorológicos de forma clásica, es decir de forma secuencial, planteando una secuencia de cálculos los mismos que consideramos parte importante en el trabajo de investigación.

Los datos de precipitación total mensual de las estaciones considerados en el estudio como información básica de la investigación son mostrados en el Anexo I en las Tablas I-1 al I-8 y Figuras I-1 al I-8.

4.1.2.1 Análisis de Consistencia

Para desarrollar el análisis de consistencia de la información básica fue necesario tener las series históricas de precipitación total mensual, estos datos son consideradas series simples e independientes, es decir que se trata de una población de datos con distribución normal.

Este análisis consistió en detectar y eliminar posibles inconsistencias de las series históricas para obtener registros más confiables y de menor riesgo, para ello se realizó el análisis gráfico y el análisis estadístico.

- Análisis Gráfico

Se elaboraron histogramas a nivel mensual y anual con la finalidad de investigar posibles saltos o tendencias durante el período de registro de la información, así como para detectar valores extremadamente altos o bajos que reflejen el comportamiento de la precipitación en el período de registro.

Los histogramas se graficaron con la finalidad de establecer el período de registro más confiable en cada serie, es decir estos fueron comparados simultáneamente con la finalidad de visualizar si tenían un comportamiento similar. Ver anexo I, Tablas I-1 al I-8 y Figuras I-1 al I-8.

- Análisis de doble masa

Se efectuó el análisis de doble masa para las estaciones seleccionadas que se ubican en la cuenca del río Acarí, cuenca del río Pampas y cuenca del río Mantaro con la finalidad de conocer la consistencia de la información de precipitación.

El análisis de doble masa se desarrolló con los datos totales anuales de las 8 estaciones seleccionados para realizar el estudio, el grafico del diagrama de doble masa se elaboró con los valores acumulados de la precipitación de

cada estación, graficados con los valores acumulados de los promedio de la precipitación total de las estaciones para el período considerado (1965 - 1980) según Tabla 17, del análisis visual, en ellas se puede observar que las líneas de doble masa de las estaciones Cceccaña, Pampamarca y Pampahuasi presentan quiebres; en consecuencia se puede afirmar que las estaciones señaladas son inconsistentes y las líneas de doble masa de las Puquio, Lucanas, Paucacorrall, Andamarca y Apacheta son consistentes, sin embargo a fin de verificar la consistencia e inconsistencia de los datos de las estaciones estudiadas se precedió a realizar el análisis estadístico.

En la Figura 20 se muestra el análisis de doble masa elaborado con los valores acumulados de la precipitación de cada estación, graficados con los valores acumulados de los promedios anuales de la precipitación total de las estaciones para el período 1965 - 1980.

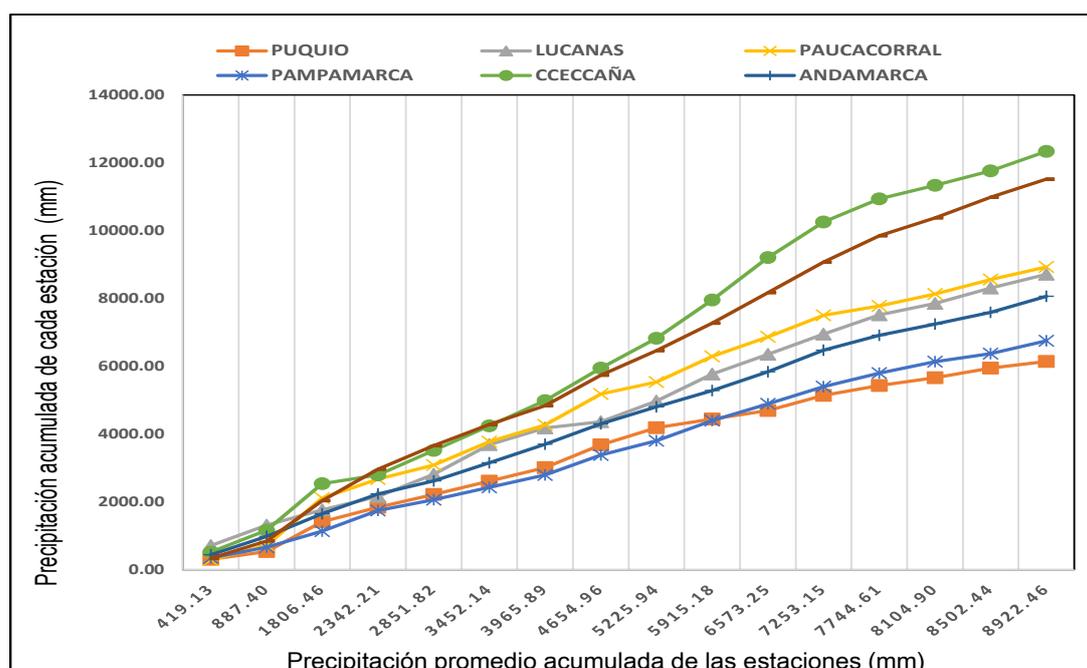


Figura 20. Análisis de doble masa de datos de precipitación anual.

Fuente: Elaboración propia

A fin de confirmar el análisis visual de la consistencia de datos de precipitación de las estaciones se procedió a realizar el análisis estadístico de las series históricas de las estaciones en estudio.

- Análisis estadístico

El Análisis y Tratamiento de la Información Pluviométrica presenta el análisis y tratamiento estadístico completo de las 08 estaciones utilizadas en el estudio

de la Microcuenca Huancallima incluido el análisis de saltos y tendencias, así como las respectivas correcciones.

La estación Pampamarca, observando el gráfico de precipitación anual, no se aprecia salto en la serie histórica, sin embargo revisando la serie estacional en el análisis de salto, se puede observar algunos datos puntuales con posible salto o error sistemático, por lo que se procedió a analizar estadísticamente los períodos de 1966 a 1974 como primer período y segundo período de 1981 a 1996, asumiéndose estos como años húmedos, encontrándose que presenta inconsistencia en la media y desviación estándar, por lo que el primer período fue corregido asumiendo la información más reciente como la más confiable. La serie corregida por salto no presenta tendencia.

Al realizar el análisis de salto de la serie histórica en la estación Pampahuasi, se observa el histograma anual de la precipitación en el que no se observa salto alguno, sin embargo revisando la serie estacional en el análisis de salto se aprecia un salto el año 1973, por lo que se procedió a analizar estadísticamente los períodos de 1965 a 1973 como primer período y segundo período de 1974 a 1980, asumiéndose estos como años húmedos, encontrándose que presenta inconsistencia en la media y desviación estándar, por lo que el primer período fue corregido asumiendo la información más reciente como la más confiable. La serie corregida por salto no presenta tendencia.

La serie histórica de la estación Lucanas y Puquio, de acuerdo al análisis del histograma estacional, no presentan saltos y está libre de tendencias, el cual es verificado con el análisis estadístico.

La serie histórica de la estación Pampamarca, de acuerdo al análisis del histograma estacional y al análisis estadístico, se encuentra libre de saltos y tendencias.

La serie histórica de la estación pluviométrica Paucacorral, presenta un posible salto el año 1967, sin embargo, éste no se procedió a corregir, ya que las demás estaciones vecinas también registran valores altos el mismo año. La serie está libre de tendencia.

La serie histórica de la estación Cceccaña, observando el gráfico de precipitación anual, no se aprecia salto en la serie histórica, sin embargo

revisando la serie estacional en el análisis de salto, se puede observar algunos datos puntuales con posible salto o error sistemático, por lo que se procedió a analizar estadísticamente los períodos de 1965 a 1973 como primer período y segundo período de 1974 a 1980, asumiéndose estos como años húmedos, encontrándose que presenta inconsistencia en la media y desviación estándar, por lo que el segundo período fue corregido asumiendo la información más anterior como la más confiable. La serie corregida por salto no presenta tendencia.

El análisis estadístico de las series histórica de los datos de las estaciones pluviométricos utilizadas en el estudio se muestra en el Anexo II, se presentan los Tablas II-1 al II-8 con sus respectivos Tablas de pruebas estadísticas de la media y desviación estándar siendo necesario corregir los datos del primer período de las estaciones Pampamarca, Cceccaña y Pampahuasi y Figuras II-1 al II-8.

- Completación y extensión de la información pluviométrica

Como se indicó anteriormente, 06 de las 08 estaciones utilizadas en el estudio hidrológico de la microcuenca del río Huancallima, se encuentran paralizadas en el mejor de los casos desde el año 1987, por lo que se utilizó para la completación y extensión de las series históricas de las 6 estaciones, información de las 02 estaciones que actualmente se encuentran en funcionamiento (Lucanas y Puquio), ubicadas dentro de la cuenca Acari.

Para realizar la completación y extensión de datos, se utilizó los modelos de regresión lineal simple mediante una correlación espacial.

Inicialmente, se procedió a la completación de los datos faltantes de la estación consideradas como completas, (puquio y Lucanas), a través del método de los promedios de los extremos.

En el Anexo III: Tabla III-1 al III-8 se presentan la información histórica corregida y extendida de la precipitación total anual de las estaciones Puquio, Lucanas, Paucacorral, Pampamarca, Andamarca, Pamaphuasi, Apacheta y Cceccaña con cuyos datos se graficó el diagrama de doble masa para el período 1965 - 2006 que se presenta en la Figura 21 donde se observa que dichas curvas siguen una tendencia recta, información que es corroborada por

los histogramas mensuales y anuales, lo cual nos indica la consistencia de la información pluviométrica.

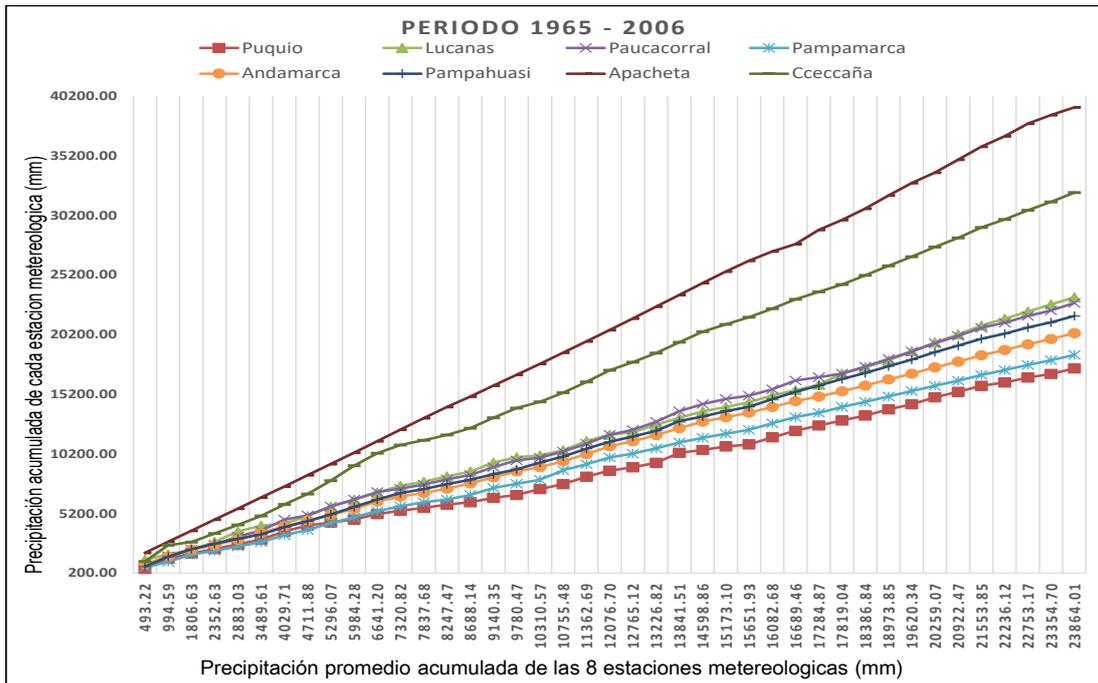


Figura 21. Diagrama corregido de doble masa de precipitación anual

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Relación precipitación – altitud

La precipitación, como variable climática, no solamente tiene una variación estacional, sino que también está influenciada por las condiciones geográficas como altitud, latitud y longitud.

La influencia de los parámetros geográficos de superficie (latitud y longitud) no es significativa para los promedios anuales, considerando además que para la microcuenca del río Huancallima las variaciones de la precipitación respecto a la línea septentrional y meridional está distorsionada por la presencia de la cadena de montañas andinas, en tal sentido se ha considerado únicamente la altitud como parámetro geográfico de influencia en el cálculo de la precipitación promedio anual regionalizado.

Para observar la distribución de la precipitación media anual en función de la altitud, se elaboró la Tabla 11 donde se registran los datos de altitud media y precipitación media anual, estos datos se grafican en el eje de ordenadas los valores de precipitación y en el eje de abscisas las altitudes. Los modelos planteados para explicar el comportamiento de la precipitación anual fueron: Lineal, potencial, exponencial y logarítmico. De los modelos planteados, se

obtuvo que el modelo de regresión lineal simple es el que mejor se ajusta, por tener un coeficiente de regresión significativo, ver *Figura 22*.

Tabla 11.
Relación precipitación - altitud

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD MEDIA	PRECIPITACION MEDIA ANUAL
	msnm	mm
PUQUIO	3213	413
LUCANAS	3400	555
PAUCACORRAL	4060	568
PAMPAMARCA	3400	440
ANDAMARCA	3490	484
PAMPAHUASI	3650	518
APACHETA	4150	935
CCECCAÑA	4100	782

Fuente: Elaboración Propia

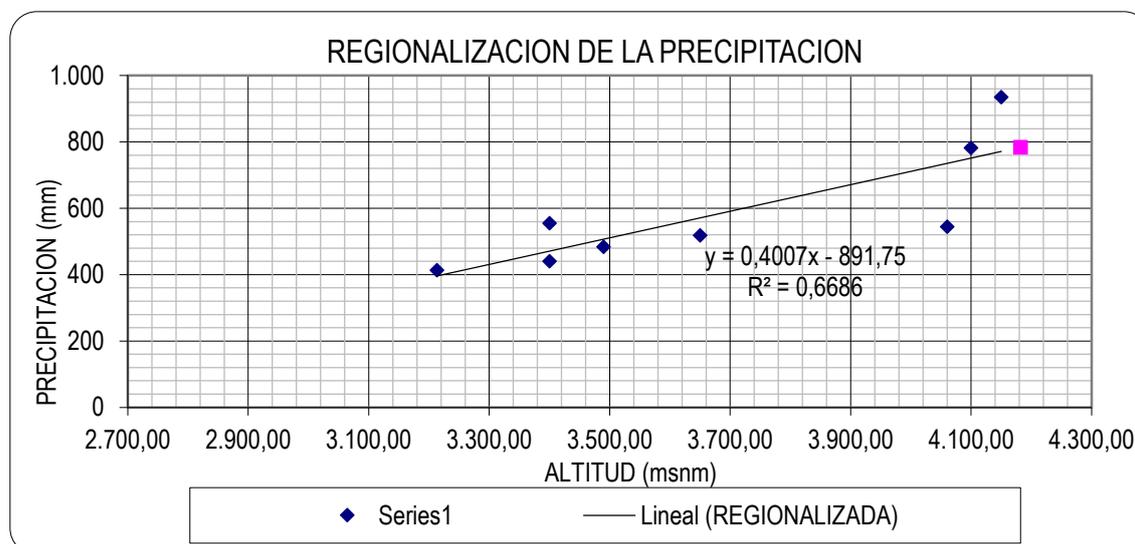


Figura 22. Relación precipitación – altitud.

Fuente: Elaboración Propia

Puede observarse una gradiente pluviométrica aproximada en el área comprendida entre los 3200 y 4200 msnm, con tendencia creciente a mayores altitudes; finalmente, la relación Precipitación – Altitud obtenida es la siguiente:

$$y = 0.4007x - 891.75 \quad (59)$$

$$R^2 = 0.67 \quad ; \quad R = 0.82$$

Dónde:

y = P = precipitación Anual (mm)

X= H = Altitud (msnm)

R = Coeficiente de correlación

La precipitación media anual en la altitud media de la microcuenca del río Huancallima (4,181.92 msnm) es de 783,98 mm, calculado mediante la ecuación (59).

4.2 Modelamiento Hidrológico

4.2.1 Aplicación de los modelos determinísticos parciales

La metodología utilizada para la generación de los caudales medios mensuales se sustenta en la utilización del modelo hidrológico de Lutz Sholtz el cual utiliza como variables de entrada la precipitación media areal y la temperatura media, para la determinación de la Evapotranspiración real mediante el método de Turc.

Estas variables de entrada son procesadas espacialmente. Para el caso de la temperatura solo se necesita la temperatura promedio del período de referencia y para el caso de la precipitación se necesita generar las series de precipitación media areal como insumo para la generación de las series sintéticas de caudal con modelo de Lutz-Sholtz.

A continuación, se describen los principales modelos parciales empleados, los cuales son propuestos por el experto Lutz y algunos propuestos en base a la experiencia y el conocimiento de la zona en estudio.

4.2.1.1 Precipitación areal de la microcuenca

Villón, 2002; Indica, determinar la precipitación areal en una cuenca, a partir de los registros históricos, es de suma importancia para cuantificar la disponibilidad hídrica de la cuenca.

La precipitación representativa de una cuenca hidrográfica es denominada precipitación areal, existen varias metodologías para determinar la precipitación areal de una cuenca entre las que destaca el método de las Isoyetas.

Sin embargo, de acuerdo a las características de la microcuenca del río Huancallima y a falta de estaciones pluviométricas ubicadas en la microcuenca, se optó por usar el método de la regionalización ya que es la de mejor aproximación al incluir el efecto espacial (latitud, longitud y altitud), debido a la buena correlación en la relación precipitación vs altitud.

El procedimiento para el cálculo de los factores de influencia altitudinal y geográfica de las estaciones bases sobre la estación virtual en estudio, ubicada en la altitud media de la microcuenca es a través de las ecuaciones:

$$P_{Huancallima} = EIA_A * \bar{P}_A + EIA_B * \bar{P}_B + EIA_C * \bar{P}_C + \dots \quad (60)$$

Donde:

$P_{Huancallima}$ = Precipitación en la estación virtual de la Microcuenca Huancallima.

$EIA_A, EIB_B, EIC_C, \dots$ = Factores de influencia altitudinal y geográfica de las estaciones A, B, C,etc.

$\bar{P}_A, \bar{P}_B, \bar{P}_C, \dots$ Precipitación de las estaciones bases

$$FIAG = FIA * FIG \quad (61)$$

Donde:

FIAG, factor de influencia altitudinal y geográfica

FIA, factor de influencia altitudinal

FIG: factor de influencia geográfica

En el Tabla 12 se muestra los factores de influencia altitudinal y geográfica de cada estación para la generación de precipitación en la microcuenca Huancallima.

Tabla 12

Cálculo de los Factores de Influencia Altitudinal y Geográfica de la Precipitación Total Mensual de las Estaciones Bases en la Estación en Estudio.

VARIABLE	ESTACION	CUENCA	Latitud				Longitud				Altitud Media	Precipitac. Media	FACTOR INFLUENCIA ALTITUDINAL (ai)	DISTANCIA ENTRE ESTACIONES BASE A ESTACIONES DE TRABAJO	FACTOR INFLUENCIA GEOGRAFICA (bi)	ECUACION DE INFLUENCIA ALTITUDINAL Y GEOGRAFICA (ai)	
			°	'	"	CONVER	°	'	"	CONVER						x E _i +	0.251
E ₁	PUQUIO	Intercuenca Pampas 49983	13	45	12.00	13.75	73	33	1.00	73.55	3,213.00	413.31	1.90	0.32	0.13	x E ₁ +	0.251
E ₂	LUCANAS	Intercuenca Pampas 49983	13	32	1.00	13.53	73	41	1.00	73.68	3,400.00	555.32	1.41	0.49	0.09	x E ₂ +	0.124
E ₃	PAUCA CORRAL	Intercuenca Pampas 49981	13	39	29.00	13.66	73	25	55.00	73.43	4,060.00	544.02	1.44	0.21	0.20	x E ₃ +	0.294
E ₄	PAMPAMARCA	Intercuenca Pampas 49981	13	31	1.00	13.52	73	22	1.00	73.37	3,400.00	440.34	1.78	0.24	0.18	x E ₄ +	0.318
E ₅	ANDAMARCA	Intercuenca Pampas 49981	13	39	25.00	13.66	73	22	15.00	73.37	3,490.00	483.93	1.62	0.15	0.28	x E ₅ +	0.457
E ₆	PAMPAHUASI	Cuenca Pampas 49984	14	11	1.00	14.18	73	33	1.00	73.55	3,650.00	518.34	1.51	0.57	0.08	x E ₆ +	0.114
E ₇	APACHETA	Cuenca del Mantaro	13	20	51.00	13.35	74	38	44.00	74.65	4,150.00	934.63	0.84	1.46	0.03	x E ₇ +	0.025
E ₈	CCECCAÑA	Cuenca Pachachaca 49992	13	56	1.00	13.93	72	10	1.00	72.17	4,100.00	764.52	1.03	1.09	0.04	x E ₈ +	0.040
AREA COLECTORA EN ESTUDIO (E)						14				73			11.52	23.38	1.03		1.62
A1	Quebrada Huancallima		13	42	48.53	13.71	73	13	48.54	73.23	4,181.92	783.78					
		PROMEDIO	13	42	31.65	13.71	73	13	31.90	73.23	4181.92	783.78					

Fuente: elaboración propia

La precipitación media de la microcuenca del río Huancallima fue generada utilizando la ecuación (60).

Tabla 13
Registro de precipitación mensual acumulada generado (mm).

(mm)														
ESTACION	Quebrada		Latitud	: 8°43'41.63"	S	Departamento	: AYACUCHO							
	Huancallima		Longitud	: 73°14'14.94"	W	Provincia	: HUANCASANCOS							
			Altitud	: 4,182	msnm	Distrito	: SACSAMARCA							
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,965	78.08	218.20	131.56	22.32	14.37	4.43	3.65	12.02	30.26	22.55	11.68	68.66	617.78
2	1,966	110.81	122.23	189.79	21.38	39.60	0.70	1.79	0.70	7.50	52.01	49.82	65.29	661.61
3	1,967	260.51	375.81	278.74	101.54	18.49	1.73	12.96	10.46	23.19	15.10	10.94	33.93	1143.41
4	1,968	232.48	108.49	252.71	14.58	30.41	20.34	1.28	10.44	10.22	45.09	45.66	85.26	856.96
5	1,969	54.98	150.95	204.51	57.51	2.53	2.64	1.33	3.77	16.95	18.42	43.82	89.55	646.96
6	1,970	311.56	124.04	171.01	45.50	24.05	1.44	1.48	0.71	39.93	16.98	25.16	56.70	818.56
7	1,971	108.71	195.18	217.88	70.57	2.59	1.24	0.70	1.10	3.05	11.37	4.60	118.73	735.72
8	1,972	207.98	237.30	342.53	27.77	5.14	2.69	2.81	2.45	28.47	56.75	17.13	93.59	1024.61
9	1,973	160.23	153.92	180.21	64.91	7.50	6.98	2.00	8.51	46.31	13.28	29.88	74.93	748.68
10	1,974	305.06	174.20	194.93	67.30	8.45	1.84	1.82	39.32	15.01	6.33	31.39	49.39	895.03
11	1,975	187.33	175.23	249.71	7.72	43.40	3.74	0.26	0.00	9.96	18.00	6.21	120.48	822.02
12	1,976	249.84	266.57	177.07	21.26	19.06	0.00	8.52	20.37	93.83	12.43	10.32	50.11	929.38
13	1,977	22.24	300.85	161.75	15.70	1.53	0.00	7.09	0.00	26.28	13.16	46.52	33.34	628.47
14	1,978	171.51	66.40	110.85	37.14	2.89	0.00	0.04	7.84	10.08	16.13	37.64	47.92	508.44
15	1,979	98.09	112.31	207.91	12.98	3.24	0.80	3.42	5.98	6.63	28.85	12.49	58.66	551.36
16	1,980	139.91	56.58	203.20	19.76	3.10	2.58	18.35	5.35	34.25	64.39	7.53	45.41	600.42
17	1,981	150.48	267.73	128.70	76.47	0.32	0.00	0.20	31.49	9.94	13.83	41.67	159.82	880.66
18	1,982	161.88	169.20	121.02	45.50	0.00	2.93	0.00	2.32	30.66	56.24	66.95	50.75	707.44
19	1,983	79.52	133.41	155.21	38.66	7.87	2.10	0.00	2.16	27.64	20.03	11.14	85.25	563.00
20	1,984	155.71	240.87	189.91	48.91	3.23	13.88	4.28	15.99	16.43	39.81	58.19	84.79	871.98
21	1,985	113.74	223.54	334.24	96.92	39.76	9.22	0.35	0.51	13.20	34.93	18.31	116.05	1000.78
22	1,986	207.58	304.69	270.78	35.29	15.66	0.06	5.50	3.20	11.64	6.81	9.80	126.81	997.82
23	1,987	182.50	129.50	117.66	32.64	11.30	2.02	2.52	9.11	12.18	19.46	20.16	45.84	584.90
24	1,988	202.81	205.75	176.23	65.47	8.37	0.00	0.25	0.00	11.20	27.79	13.24	124.60	835.70
25	1,989	332.44	304.62	258.81	60.17	8.78	1.98	0.74	4.25	6.24	28.73	20.82	66.40	1093.98
26	1,990	144.73	138.63	128.30	18.12	44.85	17.05	0.18	12.82	9.30	17.86	77.17	143.10	752.12
27	1,991	143.85	105.63	233.08	33.81	7.86	6.52	0.00	0.73	9.01	13.26	16.73	32.55	603.03
28	1,992	106.53	128.29	146.76	27.44	5.94	2.95	0.93	8.89	10.34	19.61	21.48	45.41	524.56
29	1,993	209.08	189.87	212.53	54.88	15.63	9.83	1.66	5.89	15.28	26.73	23.99	107.49	872.85
30	1,994	231.22	274.42	242.33	39.20	22.84	11.64	1.11	0.16	10.22	8.15	13.28	45.10	899.68
31	1,995	134.24	94.52	182.24	28.09	1.13	0.16	0.00	1.88	16.61	16.06	66.35	85.94	627.21
32	1,996	139.15	227.43	157.75	92.28	3.45	0.16	0.00	11.89	14.55	9.47	18.83	73.37	748.31
33	1,997	155.36	191.81	182.20	38.78	11.38	2.92	1.98	13.45	28.77	21.94	24.52	118.25	791.35
34	1,998	255.03	194.82	180.85	24.98	3.06	8.31	0.00	5.20	11.67	17.26	54.05	109.01	864.25
35	1,999	149.01	320.07	181.05	43.94	11.43	0.18	0.42	2.55	12.60	40.13	13.36	68.90	843.63
36	2,000	252.76	210.38	224.73	37.09	14.86	0.25	0.00	11.53	13.18	36.65	20.36	110.50	932.28
37	2,001	182.43	224.44	234.66	70.63	4.65	2.74	1.30	3.04	16.47	22.24	18.74	46.85	828.19
38	2,002	182.89	228.39	225.69	53.99	15.30	5.56	23.50	10.00	18.46	22.30	58.63	65.51	910.20
39	2,003	138.18	156.37	180.21	36.99	17.34	2.75	1.30	3.02	12.22	19.45	28.90	82.81	679.52
40	2,004	146.50	173.52	190.68	76.91	1.99	0.15	24.68	13.40	21.62	18.48	21.19	101.45	790.56
41	2,005	135.52	159.58	153.36	45.17	1.98	0.14	0.05	7.39	26.83	21.54	28.97	114.34	694.86
42	2,006	169.30	247.96	211.18	37.64	1.97	0.64	0.05	10.46	12.23	18.54	33.32	86.99	830.28
N° Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		170.52	192.47	197.49	44.47	12.08	3.70	3.30	7.63	19.06	24.00	28.36	80.71	783.78
Desv. Estandar		67.56	72.24	52.86	23.45	12.15	4.82	5.95	8.12	15.25	14.14	18.65	32.42	156.45
Coef. Variacion		39.62	37.53	26.77	52.73	100.63	130.27	180.33	106.44	80.02	58.93	65.76	40.17	19.96
Prec. Max.		332.44	375.81	342.53	101.54	44.85	20.34	24.68	39.32	93.83	64.39	77.17	159.82	1143.41
Prec. Min.		22.24	56.58	110.85	7.72	0.00	0.00	0.00	0.00	3.05	6.33	4.60	32.55	508.44

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento

Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento se ha considerado el uso de la fórmula (34) propuesta por L. Turc:

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

donde:

C = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación Total anual (mm/año)

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación del Déficit de escurrimiento se utilizan las fórmulas (35) y (36):

$$D = \frac{P}{\sqrt{\left(0,9 + \frac{P^2}{L^2}\right)}}$$

donde:

L = Coeficiente de Temperatura

T = Temperatura media anual (°C)

$$L = 300 + 25(T) + 0,05(T)^3$$

También se ha utilizado la fórmula (37) que es válida para la región sur, diseñado por la Misión Alemana para cuencas que no disponen de registro hidrométricos.

$$C = 3,16 * 10^{12} * P^{-0,571} * ETP^{-3,686}$$

donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación total anual (mm/año)

ETP= Evapotranspiración anual (mm/año)

Una variable básica para el cálculo del coeficiente de escurrimiento es la temperatura media de la cuenca, información climatológica no disponible en la microcuenca, por lo que se procedió a la generación de la temperatura media de la microcuenca.

Análisis de temperaturas.

La temperatura es el elemento más ligado en sus variaciones al factor altitudinal. En las cuencas vecinas, se ha podido apreciar que la temperatura varía desde 13,62°C a 4,13°C aproximadamente, quedando comprendida entre estos extremos una serie de variaciones térmicas que caracterizan a cada uno de los pisos altitudinales apreciados en las cuencas vecinas.

Dentro del ámbito del proyecto, no existen estaciones meteorológicas para la generación de los datos de temperatura media mensual de la microcuenca Huancallima, para la determinación de esta variable meteorológica se ha recurrido a datos de temperatura de cuencas vecinas. Las estaciones vecinas tomadas para el estudio son: Vilcashuaman y Huancapi y Apacheta, se optó por usar el método de la regionalización de la temperatura ya que es la de mejor aproximación debido a la buena correlación encontrada en la relación temperatura vs altitud mostrada en el Tabla 14 y la *Figura 23*.

Tabla 14
Análisis regional de temperatura - altitud

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD MEDIA msnm	T° MEDIA ANUAL °C
APACHETA	4,150	6.54
VILCASHUAMAN	3,394	10.58
HUANCAPI	3,120	12.14

Fuente: Elaboración Propia

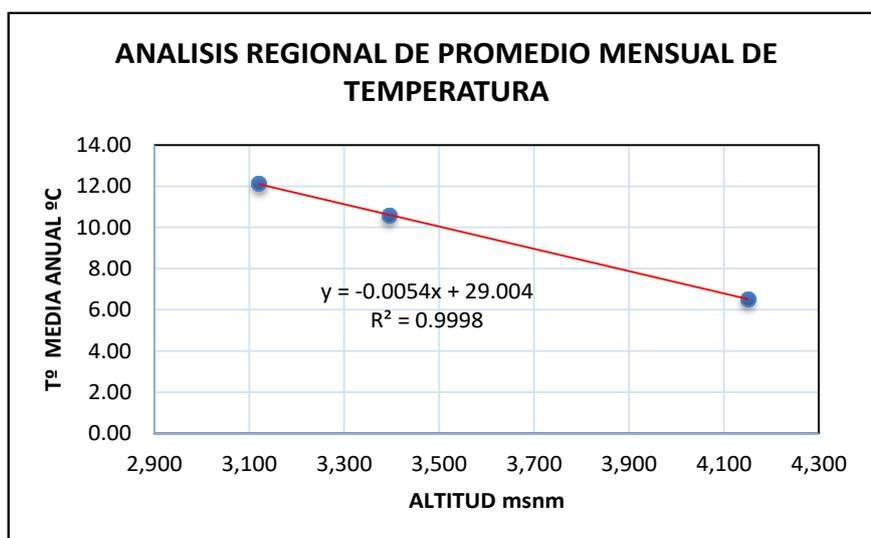


Figura 23. Relación temperatura – altitud.

Fuente: Elaboración Propia

Puede observarse una gradiente de temperatura aproximada en el área comprendida entre los 3000 y 4200 msnm, con tendencia decreciente a mayores altitudes; finalmente, la relación Temperatura – Altitud obtenida es la siguiente:

$$Y = -0,0054X + 29,004 \quad (75)$$

$$R^2 = 0,9998 \quad y \quad r = 0,9998$$

Dónde: $y = T^{\circ}$ = Temperatura Promedio Anual (mm)

$X = H$ = Altitud (msnm)

La Temperatura media anual en el punto de interés, específicamente en la altitud media de la microcuenca del río Huancallima (4181,92 msnm) es de 6,35 °C.

En el Tabla 15 se muestra el cálculo de los factores de influencia altitudinal y geográfica de las estaciones bases y la estación virtual en estudio, ubicada en la altitud media de la microcuenca.

Tabla 15
Factores de Influencia Altitudinal y Geográfica de las Temperaturas Medias Mensuales

ESTACION	CUENCA	Latitud				Longitud				Altitud	T°	Factor de influencia altitudinal (ai)	Distancia entre estaciones de trabajo	Factor de influencia geográfica	Ecuación de influencia	
		°	'	"	CONVER	°	'	"	CONVER							
APACHETA	Cuenca mantaro	13	20	51	13.3475	74	38	44	74.64555556	4,150.00	6.54	0.972	0.79	0.19	$x E_{\uparrow}$	0.184
VILCASHUAMAN	Intercuenca Pampas	13	38	37	13.64361	73	56	56	73.94888889	3,394.00	10.58	0.601	0.46	0.32	$x E_{\uparrow}$	0.194
HUANCAPI	Intercuenca Pampas	13	45	1	13.7504	74	4	14	74.0705	3,120.00	12.14	0.524	0.30	0.49	$x E_{\uparrow}$	0.256
AREA COLECTORA EN ESTUDIO (E)												2.10	6.73	1.00		0.63
HUANCALLIMA		14	0	44	14.01	74	13	32	74.22565194	4,181.92	6.35					

Fuente: Elaboración Propia

Para la generación de los datos de temperatura promedio mensual se determinó la Ecuación de Influencia altitudinal y geografía (latitud y longitud) que se muestra

$$F.I. A.G = F. I. A. * F.I. G.$$

Donde:

E.I.A.G = ecuación de Influencia Altitudinal y Geográfica

F.I.A. = Factor de influencia altitudinal

F.I.G. = Factor de influencia geográfica

Con los factores de influencia altitudinal y geográfico se procedió a la generación de la temperatura promedio mensual y anual de la microcuenca utilizando la siguiente expresión matemática.

Para la generación de los datos de temperatura mensual se determinó mediante la Ecuación de Influencia Altitudinal que se muestra

$$T_{Huancallima} = EIA_A * \bar{T}_A + EIA_B * \bar{T}_B + EIA_C * \bar{T}_C \quad (76)$$

Donde:

$T_{Huancallima}$ = Temperatura en la estación virtual de la Microcuenca Huancallima.

$EIA_A, EIB_B, EIC_C, \dots$ = Factor de influencia altitudinal y geográfica de las estaciones A, B, C,etc.

$\bar{T}_A, \bar{T}_B, \bar{T}_C$: Temperaturas de las estaciones bases

$$EIA_A, EIA_B, EIA_C = F.I.A * F.I.G \quad (77)$$

Temperaturas medias mensuales generados (°C)

En el Tabla 16 se muestran los datos de los promedios mensuales de las temperaturas medias generadas en la estación virtual (altitud media de la microcuenca), con la ecuación (76) que considera a los factores de influencia altitudinal y geográfica y los datos de temperatura mensual de las estaciones Huancapi, Vilcashuaman y apacheta.

Tabla 16
Temperaturas medias mensuales generado (°C)

Estacion HUANCALLIMA													
		Latitud : 14°00'43.83" S		Departamento : AYACUCHO						Provincia : HUANCASANCOS			
		Longitud : 73°41'32.35" W		Provincia : HUANCASANCOS						Distrito : SACSAMARCA			
		Altitud : 4,182 msnm											
AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	MEDIA
2,000	4.94	4.70	4.53	4.31	3.91	3.32	3.13	3.19	4.17	4.59	4.41	4.69	4.2
2,001	4.80	4.92	4.88	4.23	3.85	3.31	3.11	2.86	4.19	4.74	4.78	4.59	4.2
2,002	7.61	7.40	7.14	7.00	6.30	6.05	5.71	5.96	7.00	7.37	7.71	7.76	6.9
2,003	7.48	7.28	7.08	6.79	6.17	6.01	5.47	6.02	6.63	7.48	7.68	7.87	6.8
2,004	7.59	7.27	7.15	6.80	6.25	5.59	5.30	5.73	6.84	7.49	7.87	7.73	6.8
2,005	7.64	7.68	7.53	7.02	6.31	5.72	5.58	6.44	6.50	7.33	7.57	7.50	6.9
2,006	7.26	7.38	7.47	6.98	5.66	5.98	5.37	6.37	6.75	7.49	7.71	7.93	6.9
2,007	7.80	7.40	7.41	6.84	6.48	6.09	5.46	6.43	6.52	7.45	7.54	7.60	6.9
2,008	7.19	7.25	7.07	6.91	6.15	5.89	5.44	6.48	6.99	7.36	8.11	7.96	6.9
2,009	7.63	7.27	7.31	7.20	6.30	6.27	5.81	6.31	7.24	7.79	7.76	8.00	7.1
Nº Datos	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Media	6.99	6.85	6.76	6.41	5.74	5.42	5.04	5.58	6.28	6.91	7.12	7.16	6.35
Desv. Est.	1.13	1.09	1.10	1.13	1.00	1.13	1.02	1.37	1.13	1.19	1.34	1.34	1.15
Coef. Var.	0.16	0.16	0.16	0.18	0.17	0.21	0.20	0.25	0.18	0.17	0.19	0.19	0.18
Prec. Max	7.80	7.68	7.53	7.20	6.48	6.27	5.81	6.48	7.24	7.79	8.11	8.00	7.07
Prec. Mín.	4.80	4.70	4.53	4.23	3.85	3.31	3.11	2.86	4.17	4.59	4.41	4.59	4.16

Fuente: Elaboración Propia

En el Tabla 17 se muestra los valores de la temperatura media mensual para un año promedio histórico de las estaciones de referencia, mostrándose en la última fila los valores de la temperatura media anual resultado de la aplicación de la ecuación de regionalización calculado tal como se muestra en el Tabla 16. En la *Figura 24* se puede comparar la variación de la temperatura media anual y media mensual, según las estaciones de registro.

Tabla 17

Registro de temperatura media mensual de las estaciones referenciales y la estación virtual de la microcuenca Huancallima

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
HUANACAPI	12.99	12.72	12.45	12.03	11.01	10.54	10.21	10.92	12.19	13.42	13.62	13.56	12.14
VILCASHUAMAN	11.62	11.49	11.48	10.83	9.61	8.91	8.61	9.42	10.38	11.20	11.73	11.70	10.58
APACHETA	7.74	7.50	7.35	6.72	5.77	5.45	4.13	5.23	6.28	7.13	7.41	7.77	6.54
HUANCALLIMA	6.99	6.85	6.76	6.41	5.74	5.42	5.04	5.58	6.28	6.91	7.12	7.16	6.35

Fuente: elaboración propia

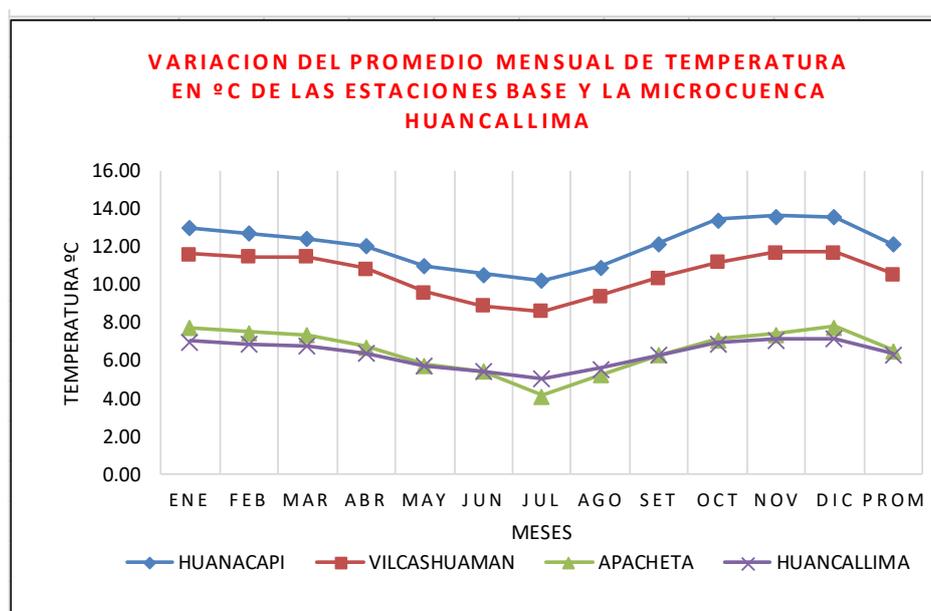


Figura 24. Variación de la T° media mensual generada en la microcuenca Huancallima y T° media de las estaciones de referencia.

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.3 Cálculo de la evapotranspiración potencial (Etp)

Evapotranspiración potencial (ETP)

Vásquez, 2000; indica, la evapotranspiración potencial (ETP), es la cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto (generalmente pastos), que cubre toda la superficie en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua.

Olarte, 1987; según Thorntwaite, la ETP viene significar la necesidad real de agua de los cultivos, planteamiento que fue apoyado posteriormente por Papadakis; en cambio Blaney y Criddle, lo denomina uso consuntivo potencial (UCP), a diferencia del uso consultivo (UC) que sería la cantidad de agua gastada en un área de cultivo por unidad de tiempo, tanto para la evaporación del suelo, transpiración de las plantas como la formación de los tejidos vegetales en las condiciones que fija el medio.

Existen varios métodos para el cálculo de la evapotranspiración potencial, entre ellos puede mencionarse: los métodos de Blaney-Criddle Modificado por FAO, Penman-FAO, Hargreaves (recomendado por Lutz Scholtz), Thornthwaite, Penman para las condiciones del Perú (García, J. 1984),

Sin embargo, de acuerdo a las características de la microcuenca del río Huancallima y la falta de estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la microcuenca, se optó por usar el método de Hargreaves.

- ETP En Base a la Radiación Solar Equivalente

$$ETP = 0.0075 * RSM * TMF \quad (78)$$

$$RSM = 0.075 * RMM * (S)^{\frac{1}{2}} \quad (79)$$

Donde :

ETP = Evapotranspiración Potencial en (mm/mes)

RSM = Radiación solar equivalente en mm de evaporación mensual (mm/mes)

RMM= Radiación extraterrestre equivalente en mm de evaporación mensual (mm/mes)

$$RMM = Ra * DM \quad (80)$$

Ra = Radiación extraterrestre equivalente en mm/día de evaporación mensual mm/día. Se obtiene de acuerdo a la latitud del lugar (Manual 24 FAO)

DM = Número de días del mes

S = Porcentaje de horas de sol $S = n/N \times 100$

n = Horas de sol promedio del lugar

N = Horas de sol posible según la Latitud (Manual FAO 24)

TMF= Temperatura media mensual en °F

• **ETP En base a la Temperatura**

$$ETP = MF * TMF * CH * CE \quad (81)$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración Potencial en (mm/mes)

MF = Factor mensual de Latitud (Manual 24 FAO)

TMF = Temperatura media mensual en °F

CH = Factor de corrección para la humedad relativa.

CH = 0.166 (100 – HR) si HR > 64%

CH = 1 si HR < 64

HR = Humedad relativa media mensual (%)

CE = Factor de Corrección para la altitud del lugar

CE = 1.0 – 0.04 E/2000 donde: E = altitud msnm.

Los resultados de los cálculos realizados por el método de Hargreaves se presentan en los Tabla 18 y Tabla 19.

Tabla 18
Evapotranspiración potencial generada (mm/mes), en la microcuenca Huancallima, método de Hargreaves en base a la radiación solar.

MES	DM días	T °C	TMF °F	Ra mm/día	N horas/día	n horas/día	S %	RMM mm/mes	RSM mm/mes	ETP mm/mes
Enero	31	7.0	44.6	16.7	12.88	6.2	48.2	517.7	269.6	90.1
Febrero	28	6.9	44.3	16.4	12.59	5.6	44.2	459.2	228.9	76.1
Marzo	31	6.8	44.2	15.3	12.19	5.8	47.3	474.3	244.6	81.0
Abril	30	6.4	43.5	13.7	11.80	7.7	65.3	411.0	249.1	81.3
Mayo	31	5.7	42.3	12.1	11.41	10.2	89.7	375.1	266.4	84.6
Junio	30	5.4	41.8	11.2	11.22	9.7	86.2	336.0	234.0	73.3
Julio	31	5.0	41.1	11.6	11.32	10.2	90.5	359.6	256.6	79.0
Agosto	31	5.6	42.0	12.9	11.61	10.2	88.2	399.9	281.7	88.8
Setiembre	30	6.3	43.3	14.5	12.00	8.6	71.7	435.0	276.3	89.7
Octubre	31	6.9	44.4	15.8	12.68	8.3	65.6	489.8	297.5	99.1
Noviembre	30	7.1	44.8	16.5	12.79	8.1	63.3	495.0	295.3	99.2
Diciembre	31	7.2	44.9	16.6	12.98	6.6	50.6	514.6	274.6	92.5
TOTAL/Año	365							5267.2	3174.4	1034.9
MEDIA	30.4	6.35	43.4	14.4	12.1		67.6	438.9	264.5	86.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19
Evapotranspiración potencial generada (mm/mm) en la microcuenca
Huancallima, método de Hargreaves en base a la temperatura (°C).

MES	DM días	T °C	TMF °F	HR %	CH factor: HR	CE factor: E	MF mm/mes	ETP mm/mes Temperat.	ETP mm/mes Radiación	ETP mm/mes Promedio
ENE.	31	7.0	44.6	72.5	0.87	1.08	2.680	112.7	90.1	101.4
FEB.	28	6.9	44.3	68.5	0.93	1.08	2.317	103.7	76.1	89.9
MAR.	31	6.8	44.2	73.5	0.85	1.08	2.340	95.7	81.0	88.3
ABR.	30	6.4	43.5	64.0	1.00	1.08	1.959	92.0	81.3	86.7
MAY.	31	5.7	42.3	60.0	1.05	1.08	1.733	83.5	84.6	84.0
JUN.	30	5.4	41.8	53.0	1.14	1.08	1.536	79.1	73.3	76.2
JUL.	31	5.0	41.1	50.0	1.17	1.08	1.648	86.1	79.0	82.6
AGO.	31	5.6	42.0	57.5	1.08	1.08	1.895	93.4	88.8	91.1
SET.	30	6.3	43.3	60.5	1.04	1.08	2.144	105.0	89.7	97.4
OCT.	31	6.9	44.4	58.5	1.07	1.08	2.490	128.2	99.1	113.7
NOV.	30	7.1	44.8	59.5	1.06	1.08	2.566	131.6	99.2	115.4
DIC.	31	7.2	44.9	65.5	0.98	1.08	2.706	128.4	92.5	110.4
TOTAL/Año	365							1,239.4	1,034.9	1,137.1
MEDIA	30.4	6.35	43.4	61.9	1.0	1.1	2.2	103.3	86.2	94.8

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4 Cálculo del coeficiente de escurrentía

Para el cálculo del coeficiente de escurrentía de la microcuenca se utilizó el método de L. Turc mediante las ecuaciones (34), (35) y (36)

datos:

C = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación Total anual (mm/año) = 783,78 mm/año

T = Temperatura Promedio anual = 6,35 °C

ETP = Evapotranspiración potencial = 1034,9 mm/año

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

$$D = \frac{P}{\sqrt{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)}} = \frac{783.78}{\sqrt{\left(0.9 + \frac{783.78^2}{471.7^2}\right)}} = 409,6$$

donde:

L = Coeficiente de Temperatura

$$L = 300 + 25(T) + 0,05(T)^3 = 300 + 25(6,35) + 0,05(6,35)^3$$

$$L = 471,7$$

Luego:

$$C = \frac{P - D}{P} = \frac{783,78 - 409,6}{783,78} = 0,48$$

Así mismo, para cuencas que no disponen de registro hidrométricos para toda la sierra, como es el caso, el coeficiente de escorrentía se calculó por el método diseñado por la Misión Alemana, ecuación 38, validado por Lutz Scholtz para la región sur.

$$C = 3.16 * 10^{12} * P^{-0,571} * ETP^{-3,686}$$

donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

P = Precipitación total anual (mm/año) = 783.78 mm/año

ETP= Evapotranspiración anual (mm/año) = 1034.9 mm/año

$$C = 3,16 * 10^{12} * 783,78^{-0,571} * 1034,9^{-3,686} = 0,54$$

Tabla 20
Resumen del cálculo del coeficiente de escorrentía.

Método de la Misión Alemana			Método de L - Turc		
Precipitación Media Anual: P	783.78	mm	Temperatura Media Anual: T	6.355	°C
Evaporación Total Anual: ETP	1034.9	mm	Coeficiente de Temperatura: L	471.7	
			Déficit de Escurrimiento: D	409.6	mm/año
Coeficiente de Escorrentía: C	0.54		Coeficiente de Escorrentía: C	0.48	

Fuente: Elaboración Propia

En el Tabla 20 se muestra los resultados de los coeficientes de escorrentía calculados mediante el método de L-Turc y con el método propuesto por la Misión Alemana.

4.2.1.5 Cálculo de la precipitación efectiva

La precipitación efectiva se calculó para el coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al coeficiente de escorrentía. Para este cálculo se adoptó el método del United States Bureau of Reclamation (USBR), propuesto por Lutz Shultd.

A fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se consideró el polinomio de quinto grado propuesto por el método, ecuación 39.

$$PE = a_0 + a_1 * P + a_2 * P^2 + a_3 * P^3 + a_4 * P^4 + a_5 * P^5$$

donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

ai = Coeficiente del polinomio

En el Tabla 21 y la Figura 23, se presenta la relación precipitación efectiva versus la precipitación total, dependiendo del coeficiente de escurrimiento, propuesto por el USBR.

Tabla 21
Relación de precipitación total vs precipitación efectiva, según USBR

P mm	P. Efectiva: PE (mm)		
	Curva I	Curva II	Curva III
0.0	0.0	0.0	0.0
10.0	0.0	1.0	2.0
20.0	0.0	2.0	4.0
30.0	0.0	3.0	6.0
40.0	0.5	4.0	8.0
50.0	1.0	6.0	11.0
60.0	1.5	8.0	14.0
70.0	3.0	10.0	18.0
80.0	4.0	14.0	24.0
90.0	5.5	18.0	30.0
100.0	8.0	23.0	39.0
110.0	11.0	29.0	48.0
120.0	15.0	36.0	58.0
130.0	19.0	43.0	68.0
140.0	24.0	52.0	78.0
150.0	30.0	60.0	88.0
160.0	37.0	69.0	98.0
170.0	45.0	79.0	108.0
180.0	55.0	89.0	118.0
C	0.15	0.30	0.45

Fuente: United States Bureau of Reclamation (USBR).

En la figura 25, se puede observar la relación precipitación efectiva versus la total, dependiendo del coeficiente de escurrimiento, según el USBR.

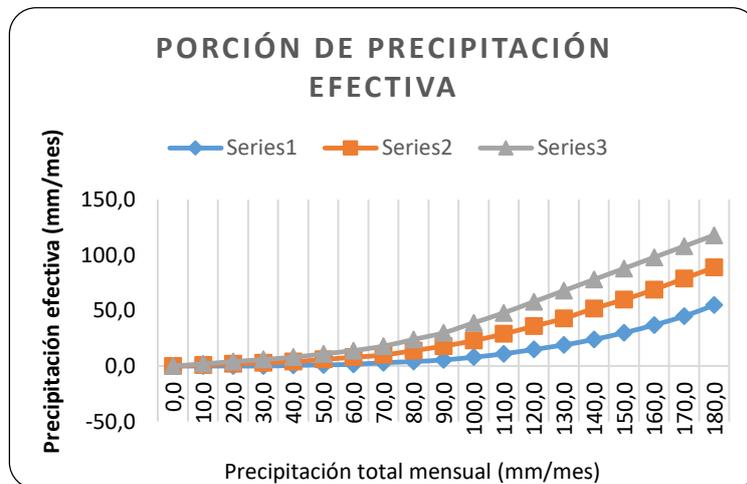


Figura 25. Porción de precipitación efectiva que produce escurrimiento

Fuente: United States Bureau of Reclamation (USBR).

Con la ecuación que gobierna el coeficiente de escurrimiento es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total:

$$C = \frac{Q}{P} = \frac{[\sum_{i=1}^{12} PE_i]}{P} \quad (82)$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

Q = Caudal anual

P = Precipitación Total anual

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

Por ejemplo: si “C” promedio es igual 0,54, para calcular la precipitación efectiva media mensual de la cuenca, correspondiente al coeficiente de escurrimiento promedio, se calcula de tal manera que la relación entre la precipitación efectiva “PE” y precipitación total “P” sea igual al coeficiente de escurrimiento, 0,54. El rango del coeficiente de escurrimiento debe estar entre 0,30 a 0,60.

$$\sum_{12}^1 PE = C * P \quad mm/año \quad (82)$$

Para el estudio, las combinaciones pueden ser: I y II ó II y III; la decisión de optar por una de las combinaciones lo dará el cálculo de los coeficientes de ponderación, que debe ser un numero positivo entre cero y uno.

Para el estudio, asumiendo que la segunda combinación es la que cumple los requisitos, entonces se calcula la “PE” con los polinomios de las curvas II y III:

Luego los coeficientes de ponderación son:

$$C_{II} = \frac{C * P - PE_{III}}{PE_{II} - PE_{III}} \quad (83) \quad y \quad C_{III} = \frac{C * P - PE_{II}}{PE_{III} - PE_{II}} \quad (84)$$

Condición: $0 < C_{II}$ y $C_{III} > 1$ y $C_{II} + C_{III} = 1$, si no se cumplen estas dos condiciones, probar con la siguiente combinación, es decir: I y II

Así, la precipitación efectiva “PE” característica mensual para el ejemplo, se calcula de la siguiente manera:

$$PE = C_{II} * PE_{II} + C_{III} * PE_{III} \quad (85)$$

Dónde:

- C_{II} , C_{III} : Coeficientes de ponderación de las curvas II y III
 PE_{II} , PE_{III} : Precipitación efectiva calculada por la curva II y III
 PE : Precipitación efectiva característica media mensual (mm)
 C : Coeficiente de escorrentía "C" promedio
 P : Precipitación mensual total (mm).

Tabla 22
Precipitación efectiva mensual (mm/mes) calculado para la curva II y III

MES	Dias del Mes	PRECIPITACIÓN MENSUAL			
		P Total	Precipitación Efectiva		
			PE II	PE III	PE
mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes		
1	2	3	4	5	6
Enero	31	170.5	48.4	145.5	110.5
Febrero	28	192.5	55.8	153.5	118.3
Marzo	31	197.5	56.9	152.5	118.0
Abril	30	44.5	4.4	10.7	8.4
Mayo	31	12.1	1.3	3.0	2.4
Junio	30	3.7	0.4	0.9	0.7
Julio	31	3.3	0.4	0.7	0.6
Agosto	31	7.6	0.9	2.0	1.6
Setiem.	30	19.1	2.0	4.4	3.5
Octubre	31	24.0	2.4	5.3	4.3
Noviem.	30	28.4	2.8	6.2	5.0
Diciem.	31	80.7	11.4	34.8	26.4
AÑO	365	783.78	187.0	519.6	399.7
Coeficientes		0.51	0.360	0.640	1.000

Fuente: Elaboración Propia

En el Tabla 22, columna 6 se muestra la precipitación efectiva mensual en mm/mes, calculada para un coeficiente de escorrentía igual 0,51, lo que indica que más del 50% de la precipitación que cae sobre la microcuenca se convierte en escorrentía.

4.2.1.6 Cálculo de la retención en la microcuenca

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

$$R_i = CM_i - P_i \quad (86)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (87)$$

Donde:

CM_i =	Caudal mensual	(mm/mes)
PE_i =	Precipitación Efectiva Mensual	(mm/mes)
R_i =	Retención de la cuenca	(mm/mes)
G_i =	Gasto de la retención	(mm/mes)
A_i =	Abastecimiento de la retención	(mm/mes)
R_i =	G_i para valores mayores que cero	(mm/mes)
R_i =	A_i para valores menores que cero	(mm/mes)

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

Siguiendo el mismo criterio del experto Lutz se calculó le retención de la cuenca considerando los almacenamientos naturales que se señalan.

Almacenamiento Hídrico

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

- Acuíferos
- Lagunas y pantanos
- Nevados

La determinación de la lámina "L" que almacena cada tipo de estos almacenamientos naturales está en función a los Coeficientes anuales y mensuales que se muestran en el Tabla 23.

Tabla 23
Coeficientes anuales y mensuales para el cálculo de la contribución de la retención

TIPO	LAMINA ACUMULADA (mm/año)		
	Pendiente de la Cuenca		
Napa Freática	2%	8%	15%
	300	250	200
Lagunas – Pantanos	500		
Nevados	500		

Fuente: Plan Meris II

Para el cálculo de la retención del recurso hídrico por los almacenes naturales de la microcuenca en estudio se procedió a determinar las áreas de las lagunas existentes, los nevados y área de acuíferos asumidos en la zona baja de la microcuenca.



Figura 26. Microcuenca Huancallima con lagunas y nevados.

Fuente: Elaboración propia

Retención total de la microcuenca Huancallima

La lámina de agua retenida por la microcuenca en los tres tipos de almacenes naturales es de 44.46 mm/año, el cálculo se muestra en el Tabla 26

Tabla 24.
Retención de lagunas, nevados y acuíferos de la microcuenca Huancallima

Descripción	Area	Lámina Específica	Volumen Total
	(Km ²)	mm/año	Mm ³
Napa freática	6.76	250	1.69
Lagunas y pantanos	0.867	500	0.4335
Nevados	1.764	500	0.882
	9.391		3.0055

Fuente: Elaboración propia

$$R = \text{Volumen total acumulado (m}^3\text{)}/\text{area de la microcuenca (m}^2\text{)}$$

$$\text{Acuenca} = \text{Área de la cuenca} = 67,68 \text{ Km}^2$$

$$R = \text{Retención de la cuenca} = 44,46 \text{ mm/año}$$

4.2.1.7 Cálculo del coeficiente de agotamiento "a"

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

El coeficiente de agotamiento de la microcuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la microcuenca.

$$a = f(\ln AR)$$

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

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

$$a = -0,00252(\ln AR) + 0,034 \quad (88)$$

Dónde:

a : Coeficiente de agotamiento por día
 A : Área de la cuenca (km²)

- b) Cuencas con agotamiento rápido. Retención entre 40 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna):

$$a = -0,00252(\ln A) + 0,030 \quad (89)$$

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

$$a = -0,00252(\ln A) + 0,026$$

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

$$a = -0,00252(\ln A) + 0,023 \quad (90)$$

Dónde:

a : Coeficiente de agotamiento por día
 A : Área de la cuenca (km²)

La microcuenca Huancallima es considerada como una cuenca con agotamiento rápido cuya retención varía entre 40 y 80 mm/año, con vegetación poco desarrollada (puna). La ecuación considerada para cuencas con estas características es:

$$a = -0,00252(\ln AR) + 0,030 \quad (89)$$

$$a = -0,00252 (\ln 67,618) + 0,03 = 0,0194$$

$$a = 0,0194$$

4.2.1.8 Abastecimiento de la Retención

El abastecimiento durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. En la región del Cuzco el abastecimiento comienza en el mes de noviembre con 5%, alcanzando hasta enero el valor del 80% del volumen final. Las precipitaciones altas del mes de febrero completan el 20% restante, y las precipitaciones efectivas del mes de marzo escurren directamente sin contribuir a la retención. Los coeficientes mensuales expresados en porcentaje del almacenamiento total anual en la sierra según Lutz Scholtz se muestran en el Tabla 25.

Tabla 25
Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias
en la sierra (%)

Mes	Cuzco	Ayacucho	Junin	Cajamarca
	1	2	3	4
Enero	40	65	30	20
Febrero	20	15	30	25
Marzo	–	10	5	35
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Setiembre				
Octubre	–		10	25
Noviembre	5	–	–	5
Diciembre	35	10	25	–

Fuente: Plan Meris II, 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:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) \quad (91)$$

Siendo:

A_i = abastecimiento mensual (mm/mes)

a_i = coeficiente de abastecimiento (%)

R = retención de la cuenca (mm/año)

El proceso de estimación de los coeficientes de aporte y retención se presenta en el Tabla 26 Se recuerda nuevamente que estos coeficientes son regionalizados y empíricos y se generaron siguiendo los mismos criterios del experto Lutz Scholtz.

Tabla 26
Coeficientes de aportes y retención

CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN			
Gasto		Abastecimiento	
bi	Gi	ai	Ai
	mm/mes		mm/mes
7	8	9	10
		0.28	12.29
		0.30	13.16
		0.30	13.13
0.559	19.8	0.02	0.94
0.313	11.1	0.01	0.27
0.175	6.2	0.00	0.08
0.098	3.5	0.00	0.07
0.055	1.9	0.00	0.18
0.031	1.1	0.01	0.39
0.017	0.6	0.01	0.48
0.010	0.3	0.01	0.55
		0.07	2.93
1.256	44.46	1.000	44.46

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.9 Determinación del Caudal Mensual para el año Promedio

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

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (87)$$

Donde:

CM_i = Caudal del mes i (mm/mes)

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

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

A_i = abastecimiento del mes i (mm/mes)

Los resultados del caudal mensual para el año promedio se puede apreciar en la Tabla 27, donde el caudal máximo para el año promedio es de 2,94 m³/s correspondiente al mes de febrero y el mínimo caudal corresponde al mes de agosto con un valor de 0,08 m³/s.

Tabla 27

Determinación del caudal mensual para el año promedio de la microcuenca Huancallima

MES	Dias del Mes	PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES GENERADOS		
		P Total	Precipitación Efectiva			Gasto		Abastecimiento		mm/mes	m ³ /s	L/s
			PE II	PE III	PE	bi	Gi	ai	Ai			
		mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes		mm/mes		mm/mes			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	31	170.5	48.4	145.5	110.5			0.28	12.29	98.2	2.48	2479.55
Febrero	28	192.5	55.8	153.5	118.3			0.30	13.16	105.1	2.94	2938.45
Marzo	31	197.5	56.9	152.5	118.0			0.30	13.13	104.9	2.65	2648.60
Abril	30	44.5	4.4	10.7	8.4	0.559	19.8	0.02	0.94	27.3	0.71	711.99
Mayo	31	12.1	1.3	3.0	2.4	0.313	11.1	0.01	0.27	13.2	0.33	333.60
Junio	30	3.7	0.4	0.9	0.7	0.175	6.2	0.00	0.08	6.8	0.18	177.46
Julio	31	3.3	0.4	0.7	0.6	0.098	3.5	0.00	0.07	4.0	0.10	100.65
Agosto	31	7.6	0.9	2.0	1.6	0.055	1.9	0.00	0.18	3.3	0.08	84.23
Setiem.	30	19.1	2.0	4.4	3.5	0.031	1.1	0.01	0.39	4.2	0.11	110.18
Octubre	31	24.0	2.4	5.3	4.3	0.017	0.6	0.01	0.48	4.4	0.11	111.37
Noviem.	30	28.4	2.8	6.2	5.0	0.010	0.3	0.01	0.55	4.8	0.12	124.14
Diciem.	31	80.7	11.4	34.8	26.4			0.07	2.93	23.4	0.59	591.76
AÑO	365	783.78	187.0	519.6	399.7	1.256	44.46	1.000	44.46	399.7	0.87	867.66
Coeficientes		0.51	0.360	0.640	1.000							

4.2.1.10 Generación y validación de caudales mensuales para períodos extendidos.

El modelo hidrológico de Lutz Scholtz permite estimar los caudales del año promedio para la microcuencas sin información hidrométrica.

Un método apropiado para la generación de caudales consiste en una combinación de un proceso markoviano de primer orden con una variable de impulso, que vendría a ser la precipitación efectiva.

Ecuación general del modelo markoviano.

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad (91)$$

La variable de impulso considerada es la Precipitación efectiva

$$Q = g(PE_t) \quad (92)$$

Con la finalidad de aumentar el rango de los valores generados y obtener una aproximación cercana a la realidad, se utiliza además una variable aleatoria, obtenido mediante la generación de variables aleatorias para una distribución normal con media igual a cero y desviación estándar igual a 1.

$$Z = z * S * (1 - r^2)^{0.5} \quad (93)$$

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

$$Q_t = b_1 + b_2 * Q_{t-1} + b_3 * PE_t + z * S * (1 - r^2)^{0.5} \quad (94)$$

Dónde:

- Q_t : Caudal del mes t
- Q_{t-1} : Caudal del mes anterior
- PE_t : Precipitación efectiva del mes t
- B_i : Coeficientes de la regresión lineal múltiple
- S : Error estándar de la regresión múltiple

r : Coeficiente de correlación múltiple

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

El valor inicial de Q_{t-1} puede ser del caudal promedio del mes, o el caudal aforado del mes, o empezar con cero.

El cálculo de la precipitación efectiva PE_t para el período extendido se procedió tomando como promedio anual la precipitación efectiva calculada para el año promedio, de la Tabla 22, los datos de la precipitación mensual acumulada de la microcuenca Huancallima Tabla N°13 y la ecuación siguiente:

$$PE_{i,j} = \frac{\overline{PE}_{i,j}}{\overline{P}_{i,j}} * P_{i,j} \quad (95)$$

En el Tabla 28 se aprecia la precipitación efectiva generada para el período extendido desde el año 1965 al 2006, en la microcuenca Huancallima, donde la precipitación efectiva máxima corresponde al mes de febrero.

Los valores de la variable aleatorios (z) se calculó utilizando la opción análisis estadístico del Excel para generar una serie de datos aleatorios para un período de 42 años, para una distribución normal con media cero y variancia uno, el resultados de las variables aleatorias generadas se presenta en la Tabla 29

Tabla 28
Precipitación efectiva generada en la Microcuenca Huancallima (mm/mes)

PERIODO: 1965 - 2015													
ESTACION	Huancallima			Latitud	: 3°43'41.63 S	Departamento	: AYACUCHO						
				Longitud	: 73°44'14.94 W	Provincia	: HUANCASANCOS						
				Altitud	: 4,182 msnm	Distrito	: SACSAMARCA						
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Tot.
1965	50.60	134.10	78.64	4.24	2.88	0.83	0.66	2.49	5.61	4.02	2.05	22.43	308.5
1966	71.81	75.12	113.44	4.06	7.93	0.13	0.32	0.14	1.39	9.28	8.74	21.33	313.7
1967	168.83	230.96	166.61	19.27	3.70	0.33	2.33	2.16	4.30	2.69	1.92	11.09	614.2
1968	150.66	66.68	151.05	2.77	6.09	3.81	0.23	2.16	1.90	8.05	8.01	27.86	429.3
1969	35.63	92.77	122.24	10.91	0.51	0.49	0.24	0.78	3.14	3.29	7.69	29.26	307.0
1970	201.91	76.23	102.21	8.64	4.81	0.27	0.27	0.15	7.41	3.03	4.41	18.53	427.9
1971	70.45	119.95	130.23	13.39	0.52	0.23	0.13	0.23	0.57	2.03	0.81	38.80	377.3
1972	134.79	145.84	204.74	5.27	1.03	0.50	0.51	0.51	5.28	10.13	3.00	30.58	542.2
1973	103.84	94.60	107.71	12.32	1.50	1.31	0.36	1.76	8.59	2.37	5.24	24.49	364.1
1974	197.70	107.06	116.51	12.77	1.69	0.34	0.33	8.13	2.78	1.13	5.51	16.14	470.1
1975	121.40	107.69	149.25	1.46	8.69	0.70	0.05	0.00	1.85	3.21	1.09	39.37	434.8
1976	161.91	163.83	105.84	4.04	3.81	0.00	1.53	4.21	17.41	2.22	1.81	16.38	483.0
1977	14.41	184.90	96.68	2.98	0.31	0.00	1.28	0.00	4.88	2.35	8.16	10.89	326.8
1978	111.15	40.81	66.26	7.05	0.58	0.00	0.01	1.62	1.87	2.88	6.60	15.66	254.5
1979	63.57	69.02	124.27	2.46	0.65	0.15	0.62	1.24	1.23	5.15	2.19	19.17	289.7
1980	90.67	34.77	121.46	3.75	0.62	0.48	3.31	1.11	6.35	11.49	1.32	14.84	290.2
1981	97.52	164.54	76.93	14.51	0.06	0.00	0.04	6.51	1.84	2.47	7.31	52.22	424.0
1982	104.91	103.99	72.34	8.63	0.00	0.55	0.00	0.48	5.69	10.04	11.74	16.58	334.9
1983	51.53	81.99	92.77	7.34	1.58	0.39	0.00	0.45	5.13	3.57	1.95	27.86	274.6
1984	100.91	148.03	113.51	9.28	0.65	2.60	0.77	3.31	3.05	7.10	10.21	27.71	427.1
1985	73.71	137.38	199.78	18.39	7.96	1.73	0.06	0.11	2.45	6.23	3.21	37.92	488.9
1986	134.52	187.25	161.85	6.70	3.13	0.01	0.99	0.66	2.16	1.22	1.72	41.44	541.7
1987	118.27	79.59	70.33	6.19	2.26	0.38	0.45	1.89	2.26	3.47	3.54	14.98	303.6
1988	131.43	126.45	105.33	12.42	1.67	0.00	0.05	0.00	2.08	4.96	2.32	40.72	427.4
1989	215.45	187.21	154.70	11.42	1.76	0.37	0.13	0.88	1.16	5.13	3.65	21.70	603.5
1990	93.80	85.20	76.69	3.44	8.98	3.20	0.03	2.65	1.72	3.19	13.54	46.76	339.2
1991	93.23	64.92	139.32	6.42	1.57	1.22	0.00	0.15	1.67	2.37	2.93	10.64	324.4
1992	69.04	78.84	87.72	5.21	1.19	0.55	0.17	1.84	1.92	3.50	3.77	14.84	268.6
1993	135.50	116.69	127.03	10.41	3.13	1.84	0.30	1.22	2.83	4.77	4.21	35.12	443.1
1994	149.85	168.65	144.85	7.44	4.57	2.18	0.20	0.03	1.90	1.46	2.33	14.74	498.2
1995	87.00	58.09	108.93	5.33	0.23	0.03	0.00	0.39	3.08	2.87	11.64	28.08	305.7
1996	90.18	139.77	94.29	17.51	0.69	0.03	0.00	2.46	2.70	1.69	3.30	23.98	376.6
1997	100.68	117.88	108.90	7.36	2.28	0.55	0.36	2.78	5.34	3.92	4.30	38.64	393.0
1998	165.28	119.73	108.10	4.74	0.61	1.56	0.00	1.08	2.16	3.08	9.48	35.62	451.4
1999	96.57	196.71	108.22	8.34	2.29	0.03	0.08	0.53	2.34	7.16	2.34	22.51	447.1
2000	163.81	129.29	134.33	7.04	2.97	0.05	0.00	2.39	2.44	6.54	3.57	36.11	488.5
2001	118.23	137.94	140.26	13.40	0.93	0.51	0.23	0.63	3.06	3.97	3.29	15.31	437.8
2002	118.52	140.36	134.90	10.25	3.06	1.04	4.23	2.07	3.42	3.98	10.28	21.41	453.5
2003	89.55	96.10	107.71	7.02	3.47	0.51	0.23	0.62	2.27	3.47	5.07	27.06	343.1
2004	94.94	106.64	113.97	14.60	0.40	0.03	4.45	2.77	4.01	3.30	3.72	33.15	382.0
2005	87.83	98.07	91.66	8.57	0.40	0.03	0.01	1.53	4.98	3.84	5.08	37.36	339.4
2006	109.72	152.39	126.22	7.14	0.39	0.12	0.01	2.16	2.27	3.31	5.84	28.42	438.0
MED.	110.51	118.29	118.04	8.44	2.42	0.69	0.59	1.58	3.54	4.28	4.97	26.37	399.73
MIN.	14.4	34.8	66.3	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.1	0.8	10.6	254.5
D. EST	43.3	44.4	31.6	4.5	2.4	0.9	1.1	1.7	2.8	2.5	3.3	10.6	90.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29
Números aleatorios generados con distribución normal

PERIODO: 1965 - 2006

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1965	0.92	1.00	0.45	0.74	0.36	0.89	0.24	0.96	0.73	0.59	0.27	0.51
1966	0.43	0.98	0.04	0.01	0.27	0.14	0.09	0.99	0.60	0.01	0.84	0.73
1967	0.18	0.09	0.43	0.93	0.90	0.17	0.73	0.52	0.16	0.20	0.32	0.05
1968	0.36	0.97	0.23	0.59	0.41	0.58	0.50	0.52	0.84	0.84	0.44	0.04
1969	0.42	0.42	0.26	0.89	0.12	0.69	0.64	0.81	0.80	0.34	0.50	0.61
1970	0.06	0.47	0.45	0.04	0.21	0.84	0.48	0.49	0.76	0.11	0.36	0.77
1971	0.09	0.70	0.75	0.82	0.78	0.31	0.85	0.53	0.31	0.88	0.68	0.37
1972	0.71	0.35	0.95	0.53	0.12	0.64	0.56	0.35	0.31	0.21	0.57	0.73
1973	0.07	0.02	0.85	0.55	0.09	0.95	0.89	0.02	0.81	0.89	0.42	0.43
1974	0.02	0.63	0.55	0.50	0.39	0.34	0.54	0.99	0.26	0.58	0.24	0.32
1975	0.13	0.29	0.57	0.38	0.31	0.59	0.78	0.75	0.14	0.65	0.03	0.00
1976	0.44	0.70	0.96	0.73	0.71	0.78	0.07	0.46	0.58	0.24	0.57	0.14
1977	0.95	0.63	0.97	0.37	0.18	0.43	0.72	0.51	0.48	0.94	0.24	0.95
1978	0.01	0.89	0.36	0.96	0.52	0.51	0.52	0.42	0.22	0.18	0.41	0.85
1979	0.35	0.12	0.97	0.38	0.02	0.17	0.11	0.27	0.43	0.46	0.48	0.99
1980	0.18	0.99	0.05	0.20	0.75	0.13	0.22	0.68	0.31	0.80	0.19	0.83
1981	0.41	0.36	0.61	0.37	0.75	0.72	0.54	0.02	0.01	0.59	0.57	0.80
1982	0.12	0.37	0.51	0.71	0.37	0.67	0.65	0.65	0.71	0.10	0.83	0.70
1983	0.32	0.47	0.19	0.01	0.86	0.26	0.94	0.93	0.93	0.69	0.18	0.04
1984	0.50	0.36	0.94	0.43	0.99	0.83	0.45	0.74	0.48	0.52	0.51	0.69
1985	0.64	0.68	0.35	0.78	0.55	0.92	0.59	0.21	0.54	0.66	0.33	0.32
1986	0.54	0.54	0.91	0.38	0.07	0.70	0.18	0.79	0.40	0.88	0.47	0.67
1987	0.81	0.74	0.86	0.46	0.30	0.57	0.65	0.36	0.66	0.04	0.55	0.46
1988	0.64	0.96	0.70	0.39	0.80	0.47	0.53	0.10	0.72	0.88	0.56	0.72
1989	0.89	0.08	0.07	0.75	0.25	0.64	0.99	0.27	0.68	0.67	0.25	0.19
1990	0.84	0.86	0.71	0.48	0.26	0.75	0.69	0.85	0.32	0.38	0.25	0.51
1991	0.44	0.00	0.40	0.56	0.51	0.24	0.81	0.06	0.40	0.89	0.94	0.05
1992	0.60	0.10	0.46	0.50	0.24	0.28	0.35	0.91	0.17	0.97	0.29	0.13
1993	0.65	0.12	0.20	0.10	0.06	0.43	0.17	0.60	0.41	0.51	0.38	0.18
1994	0.39	0.81	0.04	0.66	0.05	0.06	0.57	0.71	0.21	0.60	0.21	0.42
1995	0.78	0.04	0.66	0.28	0.96	0.91	0.85	0.07	0.35	0.38	0.49	0.99
1996	0.09	0.22	0.52	0.35	0.03	0.62	0.79	0.00	0.29	0.17	0.04	0.37
1997	0.65	0.26	0.68	0.47	0.23	0.67	0.31	0.09	0.07	0.70	0.78	0.95
1998	0.97	0.06	0.50	0.23	0.91	0.09	1.00	0.23	0.54	0.40	0.20	0.51
1999	0.66	0.61	0.86	0.90	0.28	1.00	0.14	0.99	0.67	0.21	0.30	0.37
2000	0.69	1.00	0.71	0.94	0.20	0.20	0.36	0.40	0.94	0.80	0.97	0.87
2001	0.14	0.09	0.54	0.77	0.74	0.44	0.07	0.91	0.62	0.44	0.96	0.37
2002	0.71	0.62	0.91	0.07	0.80	0.50	0.58	0.52	0.97	0.26	0.72	0.08
2003	0.94	0.80	0.29	0.68	0.33	0.02	0.70	0.56	0.65	0.72	0.74	0.74
2004	0.19	0.39	0.36	0.65	0.82	0.84	0.24	0.29	0.09	0.47	0.09	0.87
2005	0.30	0.56	0.36	0.05	0.81	0.41	0.66	0.17	0.46	0.75	0.60	0.28
2006	0.34	0.01	0.49	0.70	0.58	0.50	0.44	0.42	0.14	0.94	0.49	0.18
MAX	0.97	1.00	0.97	0.96	0.99	1.00	1.00	0.99	0.97	0.97	0.97	0.99
MED.	0.47	0.49	0.54	0.51	0.45	0.52	0.53	0.50	0.48	0.54	0.46	0.49
MIN.	0.01	0.00	0.04	0.01	0.02	0.02	0.07	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00
D. EST	0.29	0.33	0.28	0.27	0.30	0.27	0.27	0.31	0.26	0.28	0.25	0.31

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de los Coeficientes b_0 , b_1 , b_2 , r y S

Los valores de los coeficientes b_0 , b_1 , b_2 , r y S se determinó utilizando el método de la regresión múltiple.

Regresión múltiple

Sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio de la Tabla 27, se tomaron los valores de los caudales del año promedio Q_t como valor dependiente y la precipitación efectiva del año promedio PE_t como valor independiente, se acomodó los datos tal como se aprecia en el Tabla 30.

Tabla 30
Datos de Q_t , Q_{t-1} y PE_t para la regresión múltiple

Q_t	Q_{t-1}	PE_t
Y	X1	X2
98.2	23.4	110.51
105.1	98.2	118.3
104.9	105.1	118.0
27.3	104.9	8.4
13.2	27.3	2.4
6.8	13.2	0.7
4.0	6.8	0.6
3.3	4.0	1.6
4.2	3.3	3.5
4.4	4.2	4.3
4.8	4.4	5.0
23.4	4.8	26.4

Fuente: Elaboración propia

Luego utilizando la Ecuación de regresión lineal múltiple para dos variables, puede obtenerse los resultados esperados.

$$Y = b_1X_{0i} + b_2X_{1i} + b_3X_{2i} + E_i \quad (95)$$

Se define:

$$\hat{Y} = Y - \bar{Y}$$

$$\hat{X}_1 = X_1 - \bar{X}_1$$

$$\hat{X}_2 = X_2 - \bar{X}_2$$

Los coeficientes de calcular.

$$b_1 = \bar{Y} - b_2 \bar{X}_1 - b_3 \bar{X}_2 \quad (96)$$

$$b_2 = \frac{\Sigma(\hat{Y}\hat{X}_1) * \Sigma(\hat{X}_2^2) - \Sigma(\hat{Y}\hat{X}_2) * \Sigma(\hat{X}_1\hat{X}_2)}{\Sigma(\hat{X}_1^2) * \Sigma(\hat{X}_2^2) - (\Sigma(\hat{X}_1\hat{X}_2))^2} \quad (97)$$

$$b_3 = \frac{\Sigma(\hat{Y}\hat{X}_2) * \Sigma(\hat{X}_1^2) - \Sigma(\hat{Y}\hat{X}_1) * \Sigma(\hat{X}_1\hat{X}_2)}{\Sigma(\hat{X}_1^2) * \Sigma(\hat{X}_2^2) - (\Sigma(\hat{X}_1\hat{X}_2))^2} \quad (98)$$

Se define:

$$SPX_1Y = \sum (X_1 - \bar{X}_1) (Y - \bar{Y})$$

$$SPX_2Y = \sum (X_2 - \bar{X}_2) (Y - \bar{Y})$$

$$SCY = \sum (Y - \bar{Y})^2$$

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

$$r = \frac{b_1(SPX_1Y) + b_2(SPX_2Y)}{SCY} \quad (99)$$

Definimos:

Y : Valores muestrales (Q_i'), de la variable dependiente.

Y' : Valores estimados de la variable dependiente con la ecuación de regresión múltiple

$e = Y - Y'$: Error entre los valores observados y estimados de la variable dependiente.

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

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

Luego el error estándar de la regresión múltiple “S” se calculan:

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - Y')^2}{n-p}} = \sqrt{\frac{\Sigma e^2}{n-p}} \quad (100)$$

Sin embargo, para obtener los parámetros b_1 , b_2 , b_3 , r y S su utilizo el software Excel que mediante la regresión múltiple se obtuvo los resultados que se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31
Resultado de la regresión múltiple Q_t , Q_{t-1} y PE_t .

Resumen						
<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coeficiente de correlación múltiple	0.997007573					
Coeficiente de determinación R^2	0.994024101					
R^2 ajustado	0.992696123					
Error típico Valor de S	3.643481807					
Observaciones	12					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
		<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión		2	19873.27179	9936.635896	748.5247518	9.8586E-11
Residuos		9	119.4746371	13.27495967		
Total		11	19992.74643			
		<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	b1	3.084861618	1.381580241	2.232850127	0.052452131	-0.04049
Variable X 1	b2	0.135159621	0.032665256	4.137718096	0.002530222	0.06126568
Variable X 2	b3	0.772231074	0.027774157	27.80394306	4.89043E-10	0.70940157

Fuente: Elaboración Propia

Los valores b_1 , b_2 , b_3 , S y R^2 obtenidos mediante la regresión múltiple se muestran en la Tabla 32, tal como se detalla.

Tabla 32
Parámetros de la regresión múltiple

b_1	3,08	b_2	0,14	b_3	0,77
S	3,64	R^2	0,99		

Fuente: Elaboración Propia

Con los parámetros de la regresión múltiple remplazados en la ecuación integral (ecuación 95) para la generación de caudales mensuales en mm/mes se obtiene los valores de caudales generados para un período extendido, en este caso para el período 1965-2006 tal como se muestra en la Tabla 33

$$Q_t = b_1 + b_2 * Q_{t-1} + b_3 * PE_t + z * S * (1 - r^2)^{0.5}$$

Tabla 33

Descargas medias mensuales generadas (mm/mes) Período 1965 – 2006

ESTACION **Bocatoma** Latitud : 3°43'41.63 S Departamento : AYACUCHO
 Longitud : 73°44'44.94 W Provincia : HUANCASANCOS
 Altitud : 4,182 msnm Distrito : SACSAMARCA

Modelo Matemático: $Q_t = b_1 + b_2 \cdot Q_{t-1} + b_3 \cdot P_{Et} + Z \cdot S^*(1 - R^2)^{0.5}$

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Tot.
Prom.	110.5	118.3	118.0	8.4	2.4	0.7	0.6	1.6	3.5	4.3	5.0	26.4	399.7
1965	46.0	121.9	79.9	22.5	6.5	4.3	3.8	5.4	7.8	6.8	5.3	21.2	331.5
1966	62.2	76.3	106.7	22.2	10.4	3.6	3.5	3.6	4.5	10.7	10.7	20.4	334.7
1967	137.1	196.4	147.9	34.2	7.3	3.7	5.2	5.0	6.7	5.7	5.2	12.3	566.7
1968	123.1	69.8	135.8	21.3	9.0	6.5	3.5	5.0	5.0	10.0	10.0	25.3	424.3
1969	34.3	89.8	113.5	27.7	4.7	4.0	3.5	4.0	6.0	6.2	9.7	26.5	329.9
1970	162.6	77.0	98.1	25.7	8.0	3.9	3.5	3.4	9.2	5.9	7.2	18.3	422.9
1971	61.1	110.9	119.9	29.6	4.8	3.7	3.5	3.5	3.8	5.4	4.5	33.8	384.4
1972	110.9	130.7	177.4	23.3	5.1	4.0	3.7	3.7	7.5	11.4	6.1	27.6	511.4
1973	86.9	91.1	102.5	28.7	5.4	4.7	3.7	4.5	10.2	5.6	7.8	22.8	373.9
1974	159.3	100.9	109.2	29.0	5.6	3.8	3.6	9.7	5.5	4.6	8.0	16.3	455.6
1975	100.4	101.3	134.5	20.3	11.0	4.1	3.4	3.4	4.8	6.2	4.5	34.2	428.1
1976	131.8	144.7	101.1	22.4	7.4	3.6	4.4	6.5	16.9	5.3	5.2	16.4	465.8
1977	18.0	161.0	94.0	21.4	4.5	3.5	4.4	3.3	7.2	5.6	10.0	12.4	345.5
1978	92.5	49.8	70.3	24.8	4.8	3.6	3.3	4.5	4.8	5.8	8.9	16.1	289.2
1979	55.8	71.4	115.3	21.0	4.7	3.6	3.7	4.2	4.4	7.7	5.5	18.8	316.1
1980	76.7	45.2	112.9	22.0	4.9	3.8	5.8	4.2	8.3	12.7	4.7	15.4	316.6
1981	82.1	145.2	78.7	30.3	4.5	3.6	3.4	8.2	4.7	5.6	9.5	44.3	420.1
1982	87.7	98.4	75.1	25.9	4.3	4.0	3.4	3.7	7.9	11.3	13.0	16.8	351.5
1983	46.5	81.5	90.8	24.7	5.7	3.8	3.4	3.8	7.5	6.5	5.2	25.3	304.7
1984	84.7	132.4	107.0	26.3	5.0	5.7	3.9	5.9	5.8	9.2	11.7	25.3	423.0
1985	63.8	124.3	173.4	33.5	10.5	5.0	3.4	3.3	5.3	8.6	6.2	33.1	470.5
1986	110.7	162.8	144.3	24.3	6.7	3.6	4.0	3.9	5.1	4.8	5.1	35.9	511.2
1987	98.2	79.7	73.6	24.0	6.1	3.9	3.7	4.7	5.2	6.3	6.5	15.5	327.3
1988	108.3	115.9	100.6	28.7	5.7	3.5	3.4	3.2	5.1	7.6	5.6	35.4	423.2
1989	173.3	162.6	138.6	28.1	5.7	3.9	3.6	3.9	4.4	7.7	6.6	20.6	558.7
1990	79.3	84.1	78.5	21.8	11.2	6.1	3.4	5.5	4.7	6.1	14.2	40.0	354.9
1991	78.8	68.2	126.8	24.2	5.6	4.4	3.4	3.3	4.7	5.6	6.2	12.0	343.1
1992	60.1	78.9	86.9	23.2	5.2	3.9	3.4	4.8	4.8	6.5	6.7	15.3	299.9
1993	111.5	108.2	117.2	27.1	6.7	5.0	3.5	4.3	5.6	7.4	7.0	30.9	434.3
1994	122.5	148.5	130.9	25.0	7.8	5.1	3.5	3.4	4.8	4.9	5.5	15.3	477.1
1995	74.1	62.9	103.4	23.2	4.7	3.7	3.4	3.5	5.8	5.9	12.8	25.7	329.0
1996	76.3	126.0	92.0	32.7	4.8	3.6	3.4	5.1	5.5	4.9	6.2	22.4	382.9
1997	84.6	109.1	103.4	24.9	6.0	4.0	3.5	5.3	7.4	6.8	7.2	33.9	396.2
1998	134.6	110.5	102.7	22.8	5.0	4.6	3.5	4.1	5.1	6.1	11.0	31.4	441.3
1999	81.4	170.1	102.9	25.7	6.1	3.7	3.3	3.9	5.3	9.2	5.6	21.2	438.3
2000	133.3	118.1	123.0	24.7	6.6	3.5	3.3	5.1	5.5	8.8	6.7	31.9	470.6
2001	98.0	124.6	127.5	29.6	5.2	3.9	3.4	3.9	5.8	6.8	6.5	15.7	430.8
2002	98.4	126.6	123.5	27.0	6.8	4.4	6.6	4.9	6.2	6.7	11.8	20.3	443.2
2003	76.1	92.5	102.3	24.7	7.0	3.8	3.6	3.8	5.2	6.4	7.8	24.9	358.0
2004	80.0	100.5	107.2	30.5	4.8	3.7	6.7	5.4	6.4	6.2	6.6	29.6	387.5
2005	74.6	93.9	90.0	25.7	4.8	3.5	3.4	4.4	7.3	6.7	7.8	32.7	354.6
2006	91.5	135.7	116.7	24.8	4.7	3.6	3.3	5.0	5.1	6.4	8.3	25.8	430.8
MED.	92.12	109.50	110.38	25.70	6.22	4.09	3.79	4.53	6.16	7.02	7.63	24.26	401.41
MIN.	18.05	45.15	70.34	20.28	4.33	3.50	3.28	3.19	3.82	4.60	4.48	11.98	289.20
D. EST	33.80	34.27	24.40	3.46	1.86	0.71	0.81	1.30	2.20	1.94	2.54	8.19	69.46

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 34 se muestran los caudales generados para el período extendido en m³/s.

Tabla 34
Descargas medias mensuales generadas en la microcuenca Huancallima (m³/s)

PERIODO: 1965 - 2015

ESTACION	Bocatoma	Latitud	: 3°43'41.63 S	Departamento	: AYACUCHO
		Longitud	: 73°14'14.94 W	Provincia	: HUANCASANCOS
		Altitud	: 4,182 msnm	Distrito	: SACSAMARCA
Area	67.62	Km2			

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	(m3/s)
1965	1.20	3.41	2.02	0.59	0.17	0.11	0.09	0.14	0.20	0.17	0.14	0.54	0.731
1966	1.62	2.13	2.69	0.58	0.26	0.09	0.09	0.09	0.12	0.27	0.28	0.52	0.729
1967	3.58	5.49	3.73	0.89	0.19	0.10	0.13	0.13	0.17	0.14	0.14	0.31	1.250
1968	3.21	1.95	3.43	0.56	0.23	0.17	0.09	0.13	0.13	0.25	0.26	0.64	0.920
1969	0.89	2.51	2.87	0.72	0.12	0.10	0.09	0.10	0.16	0.16	0.25	0.67	0.720
1970	4.24	2.15	2.48	0.67	0.20	0.10	0.09	0.09	0.24	0.15	0.19	0.46	0.922
1971	1.59	3.10	3.03	0.77	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.14	0.12	0.85	0.841
1972	2.89	3.65	4.48	0.61	0.13	0.10	0.09	0.09	0.19	0.29	0.16	0.70	1.116
1973	2.27	2.55	2.59	0.75	0.14	0.12	0.09	0.11	0.27	0.14	0.20	0.58	0.817
1974	4.16	2.82	2.76	0.76	0.14	0.10	0.09	0.25	0.14	0.12	0.21	0.41	0.996
1975	2.62	2.83	3.40	0.53	0.28	0.11	0.09	0.09	0.12	0.16	0.12	0.86	0.933
1976	3.44	4.05	2.55	0.58	0.19	0.09	0.11	0.17	0.44	0.13	0.14	0.42	1.025
1977	0.47	4.50	2.37	0.56	0.11	0.09	0.11	0.08	0.19	0.14	0.26	0.31	0.767
1978	2.41	1.39	1.78	0.65	0.12	0.09	0.08	0.11	0.13	0.15	0.23	0.41	0.629
1979	1.46	1.99	2.91	0.55	0.12	0.09	0.09	0.11	0.11	0.19	0.14	0.48	0.687
1980	2.00	1.26	2.85	0.57	0.12	0.10	0.15	0.11	0.22	0.32	0.12	0.39	0.684
1981	2.14	4.06	1.99	0.79	0.11	0.09	0.08	0.21	0.12	0.14	0.25	1.12	0.926
1982	2.29	2.75	1.90	0.68	0.11	0.10	0.08	0.09	0.21	0.29	0.34	0.42	0.771
1983	1.21	2.28	2.29	0.64	0.14	0.10	0.09	0.10	0.20	0.16	0.14	0.64	0.666
1984	2.21	3.70	2.70	0.69	0.13	0.15	0.10	0.15	0.15	0.23	0.30	0.64	0.929
1985	1.66	3.47	4.38	0.87	0.27	0.13	0.09	0.08	0.14	0.22	0.16	0.84	1.026
1986	2.89	4.55	3.64	0.63	0.17	0.09	0.10	0.10	0.13	0.12	0.13	0.91	1.123
1987	2.56	2.23	1.86	0.62	0.15	0.10	0.09	0.12	0.14	0.16	0.17	0.39	0.716
1988	2.83	3.24	2.54	0.75	0.14	0.09	0.08	0.08	0.13	0.19	0.15	0.89	0.927
1989	4.52	4.55	3.50	0.73	0.14	0.10	0.09	0.10	0.11	0.19	0.17	0.52	1.227
1990	2.07	2.35	1.98	0.57	0.28	0.16	0.09	0.14	0.12	0.15	0.37	1.01	0.774
1991	2.05	1.90	3.20	0.63	0.14	0.12	0.09	0.08	0.12	0.14	0.16	0.30	0.745
1992	1.57	2.21	2.19	0.61	0.13	0.10	0.09	0.12	0.13	0.17	0.17	0.39	0.656
1993	2.91	3.02	2.96	0.71	0.17	0.13	0.09	0.11	0.15	0.19	0.18	0.78	0.949
1994	3.20	4.15	3.31	0.65	0.20	0.13	0.09	0.09	0.13	0.12	0.14	0.39	1.049
1995	1.93	1.76	2.61	0.61	0.12	0.10	0.09	0.09	0.15	0.15	0.33	0.65	0.715
1996	1.99	3.52	2.32	0.85	0.12	0.09	0.09	0.13	0.14	0.12	0.16	0.56	0.843
1997	2.21	3.05	2.61	0.65	0.15	0.10	0.09	0.13	0.19	0.17	0.19	0.85	0.867
1998	3.51	3.09	2.59	0.59	0.13	0.12	0.09	0.10	0.13	0.15	0.29	0.79	0.966
1999	2.12	4.75	2.60	0.67	0.15	0.10	0.08	0.10	0.14	0.23	0.14	0.54	0.969
2000	3.48	3.30	3.11	0.65	0.17	0.09	0.08	0.13	0.14	0.22	0.17	0.80	1.029
2001	2.56	3.48	3.22	0.77	0.13	0.10	0.09	0.10	0.15	0.17	0.17	0.40	0.945
2002	2.57	3.54	3.12	0.70	0.17	0.11	0.17	0.12	0.16	0.17	0.31	0.51	0.971
2003	1.98	2.58	2.58	0.64	0.18	0.10	0.09	0.10	0.14	0.16	0.20	0.63	0.782
2004	2.09	2.81	2.71	0.80	0.12	0.10	0.17	0.14	0.17	0.16	0.17	0.75	0.847
2005	1.95	2.62	2.27	0.67	0.12	0.09	0.09	0.11	0.19	0.17	0.20	0.83	0.776
2006	2.39	3.79	2.95	0.65	0.12	0.10	0.08	0.13	0.13	0.16	0.22	0.65	0.946
MED.	2.40	3.06	2.79	0.67	0.16	0.11	0.10	0.11	0.16	0.18	0.20	0.61	0.88
MIN.	0.47	1.26	1.78	0.53	0.11	0.09	0.08	0.08	0.10	0.12	0.12	0.30	0.63
D.EST	0.88	0.96	0.62	0.09	0.05	0.02	0.02	0.03	0.06	0.05	0.07	0.21	0.15

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.11 Cálculo de la oferta hídrica al 75% de persistencia

Es el caudal calculado para la estimación en un 75% de persistencia de los caudales en el punto de interés, para el presente estudio el caudal al 75% de persistencia se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35
Caudales medios mensuales generados al 75% de persistencia en la microcuenca Huancallima (m³/s)

Q Promedio	2.40	3.06	2.79	0.67	0.16	0.11	0.10	0.11	0.16	0.18	0.20	0.61	0.88
Q 50%	2.238	3.037	2.697	0.647	0.143	0.100	0.088	0.106	0.142	0.162	0.174	0.601	0.894
Q 75%	1.955	2.295	2.399	0.605	0.122	0.095	0.086	0.093	0.127	0.145	0.145	0.417	0.751
Q 80%	1.717	2.211	2.298	0.589	0.120	0.094	0.085	0.088	0.125	0.142	0.143	0.407	0.729
Q 90%	1.468	1.955	1.989	0.570	0.118	0.093	0.085	0.085	0.123	0.135	0.136	0.386	0.690

Fuente: Elaboración Propia

Por concepto de sostenibilidad de la fauna ictiológica de los ríos el estudio considera importante determinar el caudal ecológico señalado en el Ley N° 39338, Ley de Recursos Hídricos que en su Capítulo VIII: Caudales Ecológicos, Artículo N° 153 señala que se entenderá como caudal ecológico al volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural.

En tal sentido en atención a lo señalado en la Ley de Recurso Hídricos y su Reglamento, la oferta hídrica para el uso agrario calculado se muestra en la Tabla 36

Tabla 36
Caudal mensual disponible para uso agrícola en la microcuenca Huancallima

MESES	AREA DE LA CUENCA EN ESTUDIO (Km ²)	CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTIMADO AL 75% DE PERSISTENCIA (M3/Seg)	CAUDAL ECOLOGICO (10%*CAUDAL ESTIMADO)	CAUDAL DISPONIBLE EN LA FUENTE (M3/Seg)	CAUDAL DISPONIBLE EN LA FUENTE (Its/Seg)
Enero	67.618	1.955	0.195	1.76	1759.36
Febrero	67.618	2.295	0.230	2.07	2065.72
Marzo	67.618	2.399	0.240	2.16	2159.39
Abril	67.618	0.605	0.061	0.54	544.92
Mayo	67.618	0.122	0.012	0.11	109.64
Junio	67.618	0.095	0.009	0.09	85.33
Julio	67.618	0.086	0.009	0.08	77.24
Agosto	67.618	0.093	0.009	0.08	83.40
Septiembre	67.618	0.127	0.013	0.11	114.34
Octubre	67.618	0.145	0.014	0.13	130.27
Noviembre	67.618	0.145	0.015	0.13	130.81
Diciembre	67.618	0.417	0.042	0.38	375.40

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.12 Calibración del modelo

Para validar los caudales calculados el autor del modelo recomienda calibrar los datos obtenidos con datos obtenidos mediante Aforos de Caudales en el Punto de Interés, en este caso en la cota mínima de la microcuenca Huancallima.

Con fecha 20 de agosto del 2018 se realizó un aforo en el punto de interés, ubicación de la bocatoma propuesta, tal como se muestra en las *Figuras 27 y 28*. El aforo del río Huancallima se realizó mediante el método del flotador obteniendo un caudal de 107 l/s. el caudal aforado difiere con el caudal generado (110 l/s) en una proporción de 2.72%. Valor aceptable, Lutz Sholtz advierte una variación de +/- de 3% para validar los datos generados.



Figura 27. Aforo del Río Huancallima en la Captación Propyectado.



Figura 28. Aforo del Río Huancallima.

Fuente: Elaboración propia

- Restricciones del modelo

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

- El uso de los modelos parciales, es únicamente dentro del rango de calibración establecido.
- 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 de la sierra donde se han calibrado sus parámetros (Cusco, Huancavelica, Junín, Cajamarca).

Es importante tener en cuenta las mencionadas restricciones a fin de garantizar una buena performance del modelo.

4.2.2 Demanda de agua en la zona de agrícola

Sagarpa, 2009; sostiene que la estimación de la demanda de agua, a través de cualquier sistema de riego, depende en gran medida del conocimiento de la cantidad de agua que consumen los cultivos y del momento oportuno para aplicarla, con el objetivo de no perjudicar su rendimiento

La cantidad de agua que las plantas transpiran es mucho mayor que la que retienen (la que usan para crecimiento y fotosíntesis).

Por lo tanto, el agua evapotranspirada debe reponerse periódicamente al suelo para no dañar el potencial productivo de la planta por estrés hídrico. Diversas metodologías se han propuesto para su determinación, debiendo considerarse siempre que la evapotranspiración depende, entre otros aspectos, de las condiciones climáticas, tipo de suelo y estado de desarrollo del cultivo, así como de la disponibilidad de agua en el suelo

El derecho de Uso de Agua de la quebrada de Huancallima está dada desde hace muchos años, con la intervención de los mismos usuarios, en forma tradicional han venido aprovechando el recurso hídrico mediante el Canal de riego rústico de Qatun Yarcca, que beneficia a la parte alta de la comunidad de Sacsamarca,

El Comité de riego está en proceso de formalización ante la Autoridad Local de Agua, de acuerdo a la normatividad vigente.

4.2.2.1 Área agrícola de Sacsamarca

Para determinar la demanda de agua para uso agrícola se delimito el área potencial agrícola del distrito de Sacsamarca, con influencia de un canal de riego proyectado, tal como se muestra en la *Figura 29*, el área agrícola delimitada es 121 hectáreas, muy superior al área agrícola con riego actual que es 45 has.



Figura 29. Canal de riego proyectado y área agrícola del distrito de Sacsamarca.

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento para determinar la demanda de agua del área agrícola del distrito Sacsamarca es el siguiente:

4.2.2.2 Requerimiento de agua de los cultivos

La demanda de agua de los cultivos se determina multiplicando la evapotranspiración potencial por el coeficiente de cultivo.

$$ETC = Kc * ETP \quad (101)$$

Donde:

ETC = Evapotranspiración de los cultivos (mm)

ETP = Evapotranspiración potencial (mm)

- Cálculo de la evapotranspiración en la zona de riego

Evapotranspiración mensual se determinó a través del método empírico de G. H. Hargreaves, modelo que parte de la premisa y supuesto de que la energía disponible para la evaporación es proporcional a la temperatura, el cálculo de la evapotranspiración para la zona de riego se determinó en función a la humedad relativa y temperatura, para una latitud sur de 13.95 y a la altitud de la zona de riego de 3,407 msnm.

En base a la Temperatura y humedad relativa:

$$ETP = MF * TMF * CH * CE$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración Potencial mm/mes

MF = Factor mensual de latitud (Manual 24 FAO)

TM = Temperatura media mensual en °F

CH = Factor de Corrección para la humedad relativa

CH = 0.166 (100 – HR) si HR > 64%

CH = 1 si HR < 64%

CE = Factor de corrección para la altitud del lugar

CE = 1.0 – 0.04 E/2000 donde E = altitud en msnm

Tabla 37
Evapotranspiración potencial en la zona de riego del distrito de Sacsamarca

Latitud: S 13.95		Longitud: W 74°18'58.45"										Altitud 3407 msnm	
PARÁMETRO DE CÁLCULO	UNID.	MESES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Días/Mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
TF - Temperatura Media Mensual	°F	52.9	52.5	52.2	51.2	49.1	48.2	47.1	48.7	50.8	52.7	53.3	53.4
HR - Humedad Relativa	%	72.5	68.5	73.5	64.0	60.0	53.0	50.0	57.5	60.5	58.5	59.5	65.5
CH - Factor de Corrección Humedad		0.871	0.932	0.855	0.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.975
CE - Factor de Corrección Altitud		1.068	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068	1.068
MF: Factor Mensual de Evapotransp.		2.679	2.316	2.340	1.960	1.735	1.538	1.650	1.896	2.145	2.490	2.565	2.704
ETo - Evapotransp. Potencial Mensual	mm	125.2	114.9	105.9	101.3	86.5	75.2	78.8	93.7	110.5	133.0	138.6	142.9
ETo - Evapotransp. Potencial Diario	mm	4.04	4.11	3.42	3.38	2.79	2.51	2.54	3.02	3.68	4.29	4.62	4.61

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 37 se muestra los resultados del cálculo de la evapotranspiración potencial para la zona de riego calculado a través del método de G. H. Hargreaves en función a la humedad relativa y temperatura.

4.2.2.3 Ce

4.2.2.4 Cédula de cultivo

Para determinar la cédula de cultivo, en un área de riego, se debe tener las consideraciones siguientes:

- Especies y períodos de sus cultivos.
- Áreas de cobertura de estas especies.
- Número de campañas agrícolas al año.

Para elegir una cédula de cultivo con riego, deberá antes que nada tener en cuenta la cédula actual, las opiniones de los campesinos y poder observar cédulas de cultivo de proyectos de riego próximos, para poder apreciar límites de posibles cambios. En general es poco probable, que ocurra cambios radicales, sobre todo en lo referente a las especies cultivados por años.

En la Tabla 38 se presenta la cedula de cultivo recogido en la zona en función a las áreas disponibles y los cultivos tradicionales de la zona de riego.

Tabla 38
Cedula de cultivo de la zona de agrícola del distrito de Sacsamarca

CULTIVOS BASE	ÁREA		CULTIVOS ROTACION	ÁREA		MESES											
	Há	%		Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Papa	40.00	33.06%	Maiz	30.00	33.33%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Maiz	30.00	24.79%	Papa	25.00	27.78%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Habas	10.00	8.26%	Arveja	10.00	11.11%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Arvejas	10.00	8.26%	Habas	10.00	11.11%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cebada	11.00	9.09%	Trigo	10.00	11.11%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trigo	10.00	8.26%	Cebada	5.00	5.56%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Alfalfa	10.00	8.26%				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cultivado (há)	121	100%	Cultivado (há)	90	100%	121	121	121	121	100	100	100	100	100	100	121	121

CULTIVO BASE  CULTIVO ROTACIÓN 

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.5 Coeficiente de cultivo K_c

Leroy, (1980); define el coeficiente de uso consuntivo (K_c) de un cultivo como la relación entre la demanda de agua del cultivo mantenido a niveles óptimos (ETA) y la demanda del cultivo de referencia (ETP) es decir:

$$K_c = \frac{ETA}{ATP}$$

Donde ETA es la evapotranspiración potencial del cultivo y ETP es la evapotranspiración potencial del cultivo en referencia.

El K_c es conocido también como coeficiente de uso consuntivo del cultivo por la American Society of Civil Engineers (ASCE), y generalmente se presenta como función del desarrollo vegetativo o etapa de maduración.

Garay Canales, Oscar, 2007, presenta el Manual de uso consuntivo para la cedula de cultivo de los Andes Centrales, publicado por el INIA en el año 2007, con este manual se determinó los datos de los K_c de los cultivos que generalmente se cultiva en el distrito de Sacsamarca tal como se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39
Coeficiente de uso consuntivo para la cedula de cultivo (K_c)

CULTIVOS	ÁREA		CULTIVOS ROTATIVOS	ÁREA		Kc de los cultivos													
	Há	%		Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Papa	40.00	33.06%	Maiz	30.00	33.33%	0.75	1.05	0.95	0.75	0.40	0.60	0.80	1.15	1.05	0.85	0.45	0.55		
Maiz	30.00	24.79%	Papa	25.00	27.78%	0.80	1.15	1.05	0.85	0.45	0.55	0.75	1.05	0.95	0.75	0.40	0.60		
Habas	10.00	8.26%	Arveja	10.00	11.11%	0.85	0.92	0.75	0.65	0.45	0.65	1.05	1.02	0.75	0.65	0.35	0.55		
Arvejas	10.00	8.26%	Habas	10.00	11.11%	0.95	1.01	0.85	0.65	0.35	0.55	0.85	0.92	0.75	0.65	0.35	0.75		
Cebada	11.00	9.09%	Trigo	10.00	11.11%	0.65	0.85	0.62	0.41	0.35	0.55	0.75	0.95	0.75	0.45	0.32	0.51		
Trigo	10.00	8.26%	Cebada	5.00	5.56%	0.75	0.95	0.75	0.45	0.32	0.51	0.65	0.85	0.62	0.41	0.35	0.55		
Alfalfa	10.00	8.26%				0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90		
Kc ponderado						0.65	0.86	0.767	0.624	0.358	0.483	0.653	0.85	0.748	0.598	0.38	0.497		
CULTIVO BASE				CULTIVO ROTACIÓN															

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.6 Precipitación efectiva agrícola

Desde el punto de vista agrícola la precipitación efectiva es la parte de la lluvia aprovechada por las plantas, se calcula por medio de métodos empíricos a partir de los datos de precipitación mensual generada en la zona de agrícola del distrito de Sacsamarca, Tabla 40.

Tabla 40
Precipitación mensual generada en la zona de riego (mm/mes)

PRECIPITACION MENSUAL GENERADA (mm) EN ZONA DE RIEGO													
Estación		Latitud		: 13°57'06.44 S		Departamento		: AYACUCHO					
Estación: ZONA DE RIEGO		Longitud		: 74°18'58.45 W		Provincia		: HUAMCASANCOS					
		Altitud		: 3,407 msnm		Distrito		: SACSAMARCA					
AÑO	MESES												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1965	57.0	130.1	96.8	16.7	10.5	3.5	3.2	8.1	12.7	11.1	7.5	36.4	
1966	69.4	75.4	103.2	18.6	18.2	0.3	0.6	0.3	4.5	29.2	28.1	33.4	
1967	168.2	275.5	173.0	59.1	14.6	0.8	5.0	3.9	10.4	8.2	8.3	23.9	
1968	148.7	56.5	139.2	11.9	13.7	7.4	0.6	3.8	4.9	25.7	26.2	43.9	
1969	31.7	96.0	145.0	50.9	0.8	1.2	0.6	1.3	8.7	10.3	25.3	48.2	
1970	180.9	83.8	124.3	24.8	15.8	0.8	0.7	0.3	21.4	11.1	12.0	27.0	
1971	64.4	115.0	126.4	42.4	1.5	0.5	0.3	0.5	1.0	6.5	4.1	60.8	
1972	119.6	129.6	187.4	13.2	1.8	1.6	1.5	0.9	15.9	28.0	9.9	58.3	
1973	107.1	100.8	114.0	50.4	3.2	4.0	0.9	4.5	25.6	5.7	17.8	36.6	
1974	201.2	107.4	105.6	46.6	3.0	0.9	0.8	19.6	6.6	4.8	18.2	28.8	
1975	119.7	104.7	144.9	5.1	28.8	4.0	0.3	-	4.3	12.1	4.0	66.8	
1976	168.5	155.5	109.9	11.1	7.8	-	5.4	7.7	40.1	5.9	8.3	29.7	
1977	12.7	184.0	123.7	5.9	0.8	-	3.4	-	17.1	7.0	24.5	20.6	
1978	95.9	40.8	63.7	24.9	3.2	-	0.0	3.3	4.0	11.1	25.5	26.9	
1979	75.4	63.7	130.5	5.7	1.6	0.5	1.7	3.4	2.5	17.1	6.3	29.7	
1980	86.3	31.6	116.8	6.3	3.1	1.0	9.8	3.2	16.5	31.6	6.2	27.6	
1981	90.3	149.6	95.1	44.9	0.1	-	0.2	15.8	4.1	7.4	23.1	92.7	
1982	97.0	97.4	68.8	27.0	-	1.3	-	1.0	14.5	26.5	35.4	30.7	
1983	52.2	85.1	105.8	23.4	5.3	0.9	-	1.0	12.8	9.7	6.3	48.1	
1984	92.5	127.7	117.2	27.7	3.3	8.5	2.0	7.5	8.1	20.1	33.2	50.0	
1985	61.3	141.0	247.0	66.9	18.0	4.1	0.2	0.2	5.2	14.9	12.0	70.5	
1986	142.6	182.5	164.9	22.4	6.2	0.0	2.4	1.6	4.6	2.4	6.9	68.5	
1987	121.1	71.8	61.0	16.8	6.2	1.1	1.3	4.1	4.8	9.6	10.7	20.7	
1988	123.6	124.5	108.2	38.2	7.9	-	0.2	-	5.2	12.5	9.9	63.8	
1989	231.5	186.3	150.9	28.1	5.7	1.5	0.6	2.0	2.2	13.1	11.4	36.0	
1990	85.4	74.7	85.8	13.2	21.9	8.7	0.2	6.0	5.7	9.1	37.0	78.4	
1991	85.2	57.1	142.5	20.8	4.0	2.9	-	0.3	3.4	7.2	10.2	25.9	
1992	66.9	73.0	94.4	19.3	3.1	1.3	0.4	3.7	4.1	10.3	10.4	23.0	
1993	136.6	119.0	133.5	38.7	8.4	4.4	0.7	2.8	6.1	14.1	14.2	61.2	
1994	141.2	167.8	133.1	24.3	11.5	5.8	0.5	0.1	4.1	3.4	8.6	29.9	
1995	86.7	60.6	125.7	17.5	1.5	0.1	-	0.9	8.3	7.8	40.7	52.7	
1996	96.1	160.3	96.8	67.7	4.3	0.1	-	7.2	8.3	4.4	10.4	39.9	
1997	96.7	116.5	104.3	25.3	6.4	1.3	1.3	6.8	14.6	11.0	16.4	71.5	
1998	167.3	116.1	106.2	14.1	1.5	5.0	-	2.0	4.5	8.2	31.8	64.8	
1999	93.5	201.7	107.7	29.4	6.4	0.1	0.5	1.1	5.6	27.6	6.8	41.8	
2000	166.5	126.9	134.7	21.4	8.7	0.2	-	6.8	6.4	25.5	12.4	67.6	
2001	115.7	134.3	149.3	49.2	3.6	1.3	0.6	1.7	8.7	11.4	9.8	22.5	
2002	120.2	141.3	139.9	33.8	10.5	3.2	10.9	5.8	8.4	10.4	34.3	37.2	
2003	88.4	95.3	108.2	23.3	10.1	1.3	0.6	1.7	5.2	10.3	17.1	48.1	
2004	93.8	105.6	114.4	49.3	1.3	0.2	11.4	6.8	10.9	9.7	12.9	59.7	
2005	86.9	97.4	91.6	28.6	1.3	0.2	0.1	3.6	13.6	11.6	17.2	67.8	
2006	108.3	150.1	126.7	23.7	1.3	0.5	0.1	5.3	5.2	9.8	19.6	50.9	
Precipitación Mensuales generado (mm)													
Precipitación Promedio	PP	108.4	117.0	121.9	28.3	6.8	1.9	1.6	3.7	9.1	12.7	16.5	45.8

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la precipitación efectiva con fines agrícolas se ha utilizado el método elaborado por el **Servicio de Conservación de Suelos del Ministerio de Agricultura de Estados Unidos - SCS**, en el que los valores de la precipitación efectiva mensual (mm) se obtiene mediante las expresiones siguientes:

Porcentaje Fijo

$$Pe = a \cdot Pt \quad a = (0,7 - 0,9)$$

Precipitación Fiable

$$Pe = 0.6 Pt - 10 \quad \text{para } Pt < 70 \text{ mm} \quad Pe = 0.8 Pt - 24 \quad \text{para } Pt > 70 \text{ mm}$$

Fórmula Empírica

$$Pe = a Pt + b \quad \text{para } Pt < z \text{ mm} \quad Pe = c Pt + d \quad \text{para } Pt > z \text{ mm}$$

USDA SCS (P)

$$Pe = Pt (125 - 0.2 Pt / 125) \quad \text{para } Pt < 250 \text{ mm}$$

$$Pe = 125 + 0.1 Pt \quad \text{para } Pt > 250 \text{ mm}$$

En la Tabla 41 se presenta la precipitación efectiva por cuatro métodos elaborados por el Servicio de Conservación de Suelos del Ministerio de Agricultura de Estados Unidos

Tabla 41
Precipitación efectiva generada en la zona agrícola al 75% de persistencia en (mm/mes)

Precipitación al 75% de probabilidad	PP 75%	85.63	84.09	104.63	16.95	1.60	0.17	0.16	0.93	4.54	7.91	8.88	29.68
Precipitación Efectiva al 75% (METODO % FIJO DE PP)	PE 75%	68.5	67.3	83.7	13.6	1.3	0.1	0.1	0.7	3.6	6.3	7.1	23.7
Precipitación Efectiva al 75% (METODO PP FIABLE)	PE 75%	44.5	43.3	59.7	0.2	-9.0	-9.9	-9.9	-9.4	-7.3	-5.3	-4.7	7.8
Precipitación Efectiva al 75% (METODO U.S.A.)	PE 75%	70.4	69.4	82.8	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	3.7	23.4
Precipitación Efectiva al 75% (METODO USDA)	PE 75%	73.9	72.8	87.1	16.5	1.6	0.2	0.2	0.9	4.5	7.8	8.7	28.3

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.7 Eficiencia de riego.

La eficiencia de riego del proyecto se determina con la siguiente relación:

$$E_r = E_c * E_d * E_a \quad (102)$$

Dónde:

E_r = Eficiencia de riego

E_c = Eficiencia de conducción

E_d = Eficiencia de distribución

E_a = Eficiencia de aplicación

Si el canal es entubado, la eficiencia de conducción varía del 95 a 99%, cuando el canal es de concreto la eficiencia varía de 90 a 95% y cuando el canal es de tierra la eficiencia varía de 50 a 75%. El mismo autor menciona que la eficiencia de aplicación utilizando el método de riego por gravedad es en promedio de 30 al 60% y cuando se utiliza el método de riego por aspersión móvil varía del 65 al 80%.

Eficiencia de conducción. - La eficiencia de la conducción, considerando que será un canal de concreto con una buena instalación durante la etapa de construcción, será: $E_c= 0,90$.

Eficiencia de distribución. - En el proyecto se considera que la distribución será utilizando sus mismos canales de riego. Después de realizar una inspección a dichos canales se constató que la mayor parte de dichos canales está construida en material permeable, por lo que se consideró una $E_d=0,65$.

Eficiencia de aplicación. - La eficiencia de aplicación del agua al riego de la parcela, depende del método de riego que se utiliza y la habilidad del regador. Considerando la topografía poco inclinada del terreno, se asume que la eficiencia de aplicación será: $E_a=0,60$ para riego por surcos en suelo franco, según tabla 42.

Tabla 42
Eficiencia de aplicación en el riego superficial.

Nº	Textura del suelo y topografía	Melgas	Surcos	Surcos en contorno	Pozas
1	Arenoso				
	a) Bien nivelado	60	40 - 50	45	70
	b) Nivelación insuficiente	40 - 50	35	30	-
	c) Quebrado o pendiente	-	20 - 30	20	-
2	Franco Profundo				
	a) Bien nivelado	70 - 75	65	55	70
	b) Nivelación insuficiente	50 - 60	55	45	-
	c) Quebrado o pendiente	-	35	35	-
3	Franco poco profundo				
	a) Bien nivelado	60	50	45	60
	b) Nivelación insuficiente	40 - 50	35	35	-
	c) Quebrado o pendiente	-	30	30	-
4	Pesado				
	a) Bien nivelado	60	65	50	60
	b) Nivelación insuficiente	40 - 50	55	45	-
	c) Quebrado o pendiente	-	35 - 45	30	-

Fuente: Manual de Ames (1962)

La eficiencia de riego calculado para el área de riego propuesto será:

$$E_r = 0,90 * 0,65 * 0,60 = 0,35$$

4.2.2.8 Horas de riego.

Se estima que el tiempo de riego será de 16 horas (horas de operación del sistema), considerando la ubicación de la zona de riego y los tiempos de descanso de los operadores de riego.

4.2.2.9 Cálculo de demanda de agua en la zona agrícola de Sacsamarca

Para el cálculo de la demanda de agua para el área de riego del distrito de Sacsamarca, se ha utilizado la ecuación 103 el mismo que corresponde a lo propuesto en el Manual N° 24 de la FAO (Requerimiento de Agua por los Cultivos). En la Tabla 42 se presenta la demanda de agua mensual de los cultivos del área potencial de riego del Distrito de Sacsamarca.

$$DMA_i = \frac{A_i(ET_{om} * Kc_i - PE_m)}{100 * E_r} \quad (103)$$

$$Mr = \frac{Q}{A_m} \quad (104)$$

Donde:

A = Área de cultivo (ha)

ETo = Evapotranspiración Potencial (mm)

Kc = Coeficiente de Cultivo

PE = Precipitación Efectiva al 75% (mm)

Er = Eficiencia de (%)

Mr = Módulo de riego (lts/ha)

Tabla 43
Demanda de agua de los cultivos con precipitación efectiva al 75% de persistencia.

DEMANDA DE AGUA CON PRECIPITACIÓN EFECTIVA AL 75%													
FACTORES	UNID.	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
días/mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Area cult/ mes	Has	121.00	121.00	121.00	121.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	121.00	121.00
Kc Ponderado		0.65	0.86	0.77	0.62	0.36	0.48	0.65	0.85	0.75	0.60	0.38	0.50
ETo - Evapotransp. Potencial Diario	mm	4.04	4.11	3.42	3.38	2.79	2.51	2.54	3.02	3.68	4.29	4.62	4.61
ETr - Evapotransp. Potencial Real o U.C.	mm/día	2.63	3.53	2.62	2.11	1.00	1.21	1.66	2.57	2.75	2.56	1.76	2.29
Precip. Efectiva	mm/mes	73.90	72.78	87.12	16.49	1.60	0.17	0.16	0.93	4.51	7.81	8.75	28.27
Lámina Neta (Ln)	mm/mes	7.50	26.06	0.00	46.74	29.33	36.13	51.24	78.64	78.10	71.66	43.98	42.71
Efic. Riego	%	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Lámina Bruta (Lb)	mm/mes	21.43	74.46	0.00	133.54	83.80	103.21	146.39	224.67	223.13	204.75	125.65	122.04
Demanda (Db)	m3/Ha	214.35	744.62	0.00	1335.44	838.02	1032.15	1463.88	2246.74	2231.29	2047.52	1256.48	1220.41
Demanda Total*1000	m3	25.94	90.10	0.00	161.59	83.80	103.21	146.39	224.67	223.13	204.75	152.03	147.67
NºHoras de riego/día	Hr	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Demanda Q para 16 Horas	l/seg.	14.53	55.86	0.00	93.51	46.93	59.73	81.98	125.83	129.13	114.67	87.98	82.70
Módulo de Riego.	l/s/Ha	0.12	0.46	0.00	0.77	0.47	0.60	0.82	1.26	1.29	1.15	0.73	0.68
Caudal diseño	m3/seg.									0.129			
	l/seg.									129.13			

Fuente: Elaboración propia

La máxima demanda de agua para la zona agrícola del distrito de Sacsamarca es en el mes de setiembre que requiere 129,13. L/s para cubrir la necesidad de agua de los cultivos del mes.

4.2.3 Balance hídrico.

Se ha generado las caudales medios mensuales en la microcuenca de río Huancallima, para el período 1965 – 2006, a partir de esta información se ha obtenido la disponibilidad hídrica al 75%, también se ha estimado la demanda hídrica para riego para la situación actual y con proyecto para el área agrícola del distrito de Sacsamarca, con esta información ha sido posible hacer el balance hídrico para cada situación a fin de establecer la existencia de un superávit o déficit hídrico.

En la Tabla 43 se ha realizado el balance hídrico en función a los caudales ofertados y demandas, en la Tabla 44 se presenta el balance hídrico en función a los volúmenes mensuales de demanda y oferta.

Tabla 44
Balance hídrico en zona de agrícola del distrito de Sacsamarca (l/s)

OFERTA MENSUAL DE AGUA DE RIEGO												
DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
(a) Nº DE DIAS POR MES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
(b) CAUDAL CONTINUO (l/s)	1759.36	2065.72	2159.39	544.92	109.64	85.33	77.24	83.40	114.34	130.27	130.81	375.40
VOL. MENSUAL PARA TR 16 Hrs (m ³ /mes) (a x b x 86.4)	3141515.4	3331589.3	3855813.5	941621.9	195768.9	147449.4	137920.5	148925.9	197571.6	232612.2	226035.7	670316.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45
Balance hídrico en zona agrícola del distrito de Sacsamarca (m³/mes)

BALANCE HIDRICO DE OFERTA - DEMANDA (SITUACION CON PROYECTO - RIEGO POR GRAVEDAD)												
DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
VOL. MENSUAL DEMAND. (m ³ /mes)	25935.8	90099.0	0.0	161588.3	83802.4	103215.0	146388.0	224674.2	223128.8	204752.1	152034.6	147669.8
VOL. MENSUAL OFERT. (m ³ /mes)	3141515.4	3331589.3	3855813.5	941621.9	195768.9	147449.4	137920.5	148925.9	197571.6	232612.2	226035.7	670316.0
BALANCE OFER - DEM (m ³ /mes)	3115579.6	3241490.3	3855813.5	780033.6	111966.5	44234.4	-8467.5	-75748.3	-25557.2	27860.1	74001.1	522646.2

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del balance hídrico, se observa déficits de agua para cubrir la demanda de agua del proyecto en los meses de julio, agosto y setiembre, sin embargo, los déficits pueden ser cubiertos con volúmenes de agua almacenado en un reservorio nocturno de 1,500 m³, que puede ser llenado durante las 8 horas de flujo que quedan para completar las 24 horas del día.

También se observa que el caudal máximo de demanda se presenta en el mes de setiembre, lo que indica que el caudal de diseño del canal propuesto, el mismo que debe alimentar a la zona de riego es 129,13 l/s.

V. DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Discusión

- Los criterios para la generación de los caudales se mencionan en los Ítem 2.10.1.1. al 2.10.2.11.
- El periodo de registro de datos de precipitación considerado para generar los caudales es de 42 años como máximo, de 8 estaciones pluviométricas con datos variables entre el año 1965 hasta 2006, los mismos que fueron completados, extendidos y consistenciados.
- Debido a que las estaciones Apacheta, Huancapi, Putaja y Vilcashuaman no registran información de precipitación fueron excluidos para la generación de precipitación, sin embargo fueron utilizados para la generación de temperatura, horas de sol y humedad relativa.
- En forma general, los caudales generados para el periodo extendido tiene una total correspondencia con los datos de precipitación generados para la microcuenca Huancallima, con un coeficiente de correlación de 0.98, situación confiable para utilizar los caudales generados en la determinación de la oferta hídrica para uso agrario de la localidad de Sacsamarca.
- El modelo matemático precipitación-escorrentía de Lutz Scholtz puede ser empleado para la generación de caudales en la zona en estudio, tomando en cuenta que el régimen de aporte y almacenamiento que se produce dentro de la microcuenca tiene un comportamiento particular debido a la presencia de acuíferos en la parte baja, lagunas y nevados en las partes altas.

VI. Conclusiones

1. De la evaluación morfométrica realizada a la microcuenca delimitada con ArcGis, se ha determinado que el área de la microcuenca es de 67,62 km², la longitud del río principal es de 19,07 km. Los rangos altitudinales de la microcuenca Huancallima se encuentran entre 3762,0 y 4656,0 msnm. El 50% de la superficie de esta microcuenca se encuentra sobre los 4181.92 msnm, el área agrícola beneficiaria del estudio que corresponde al distrito de Sacsamarca está fuera de la microcuenca Huancallima a una altitud de 3,407 msnm, en la provincia de Vilcashuaman, de la Región Ayacucho.
2. Para el modelamiento Precipitación – Escorrentía de la microcuenca se analizó las variables meteorológicas de 8 estaciones ubicadas en el contorno exterior de la microcuenca del río Huancallima. El registro de los datos de precipitación disponible corresponde a períodos variables entre 1965 - 2006. El resultado de dicho análisis es:
 - En base al método de la regionalización de la precipitación se ha calculado la precipitación media anual en la microcuenca Huancallima es de 783,78 mm/año.
 - De la precipitación mensual generada en la microcuenca se observa que precipitación máxima se presenta en marzo con 197.49 mm y la mínima en julio con 3,3 mm.
 - También se ha determinado que el 71,50% de la precipitación anual de la microcuenca Huancallima se concentra en el trimestre EFM del año hidrológico.
3. A través de la estructura determinística del modelo hidrológico de Lutz Sholtz se calculó los parámetros determinísticos del modelo para generar los caudales mensuales del año promedio de la Microcuenca Huancallima, Tabla N° 50, en el Tabla resumen se presentan los parámetros determinísticos calculados, del cual se concluye que el gasto de retención anual es 44.46 mm/año.

**Resumen de los Parámetros Determinísticos
del Modelo Lutz Sholtz**

Area de la cuenca: A	67.618	Km²
Altitud Media de la Microcuenca: H	4181.92	msnm
Pendiente Media de la Microcuenca	0.165	m/m
Precipitación Media Anual: P	783.78	mm
Evaporación Total Anual: ETP	1034.87	mm
Temperatura Media Anual: T	6.36	°C
Déficit de Escurrimiento: D	409.64	mm/año
Coeficiente de Escorrentía: C	0.51	
Coeficiente de Agotamiento: a	0.0194	
Relación de Caudales (30 días): bo	0.559	
Area de lagunas y acuíferos	9.39	Km²
Gasto Mensual de Retención: R	44.46	mm/año

4. Con los datos de la precipitación promedio mensual generada mediante la ecuación de influencia geográfica y con los parámetros determinísticos obtenidos, se han generado los caudales para el año promedio utilizando el modelo determinístico de Lutz Sholtz, el mismo que ha sido calibrado con datos puntuales correspondiente al mes de agosto del año 2018, el mismo que tiene una diferencia de 2.72%, aceptable en función a lo recomendado por el modelo.
5. Con respecto a la generación y validación de las descargas medias mensuales para un período extendido, se utilizó la estructura estocástica de Lutz Scholtz. Los caudales generados han sido calibrados mediante el análisis de regresión lineal de los caudales generados para un período de 42 años con respecto a la precipitación generado en la microcuenca, obteniendo un coeficiente de correlación de $R = 0.98$.
6. La estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico), desarrollado por el experto Lutz Scholtz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II, es una herramienta vigente para el cálculo de caudales en microcuencas altoandinas que no cuentan con registros de caudales, a partir de parámetros geomorfológicos e hidrológicos que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficos y datos meteorológicos de estaciones vecinas y datos de campo.

7. Con respecto a la necesidad hídrica de los cultivos de la zona de riego, se concluye que del resultado del balance hídrico entre la oferta y la demanda hídrica de los cultivos, se observó déficits de agua para cubrir la demanda de agua de la cedula de cultivo del área de riego del distrito Sacsamarca en los meses de julio, agosto y setiembre.

VII. Recomendaciones

1. Para cubrir el déficit de agua en los meses de julio, agosto y setiembre se debe elaborar un proyecto de riego, donde los componentes del sistema de riego tengan las características hidráulicas siguientes:
 - Caudal de diseño del canal de conducción igual a 130 l/s.
 - Construcción de un reservorio nocturno, con capacidad de almacenamiento de 1,500 m³, para cubrir el déficit de los meses de julio, agosto y setiembre.
 - Construir una estructura de captación ubicado en las coordenadas

Latitud	13°57'52.19"S	UTM Norte Y	8456085.84
Longitud	13°57'52.19"S	UTM Este X	576557.94

2. Se recomienda realizar campañas de aforo constante en el punto de interés de la microcuenca en estudio (bocatoma), para mejorar la validación del modelo hidrológico.
3. Se recomienda al SENAMHI, instituciones públicas y privadas, incrementar sus esfuerzos para la implementación y mantenimiento de estaciones hidrometeorológicas dentro del ámbito de estudio, de tal forma se tenga información confiable para la evaluación de los recursos hídricos en las microcuencas de región de Ayacucho.
4. El estudio realizado constituye una aproximación al conocimiento de la hidroclimatología regional y de la microcuenca del río Huancallima. Por las características microclimáticas de la región andina, es probable que esta microcuenca tenga cierta singularidad climática que la diferencie del clima regional, se recomienda iniciar el monitoreo sistemático del escurrimiento de la microcuenca a través de la instalación de una estación hidrométrica en el punto de interés, ante las señales detectadas en la variabilidad del clima y los posibles impactos del Cambio Climático.
5. Se recomienda realizar un estudio hidrogeológico en el ámbito de la microcuenca Huancallima, con la finalidad de conocer el potencial hídrico del acuífero e incluir en el balance hídrico de la microcuenca.

6. Se recomienda utilizar este modelo hidrológico como una herramienta esencial para la elaboración de un ordenamiento en lo que se refiere a recursos hídricos en las zonas altoandinas.

VIII. REFERENCIAS

- Aguirre, N. M. (1992). Análisis y Aplicación de Modelos Matemáticos para la Generación de caudales en cuencas de la región: Modelos matemáticos en hidrología. Cusco.
- Aliaga, V. (1985). Tratamiento de datos: Hidrología. Lima-Perú: MacGrawill. 330 p.
- Aliaga, V. (1985). Hidrología estadística. Lima-Perú: MacGrawill. 330 p.
- Allen, B. (2007). Hidrología básica y aplicada: Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos de la UPC. 70 p.
- Aparicio, F.J. (1997). Fundamentos de hidrología de superficie, México, Editorial Limusa
- Breña, P. y Jacobo, V. (2006). Principios y fundamentos de la hidrología superficial. Universidad Autónoma Metropolitana. 289 p.
- Campos, A. (1998). Procesos del ciclo hidrológico; Universidad Autónoma de Potosí. 30 p.
- Casas, L. (2002). Evaluación hidrológica de la microcuenca Muylo –Tarma: FIA-UNALM. Lima – Perú. 300 p.
- Castro, A. (2013). El derecho frente a la crisis del agua en el Perú: Centro de Investigación, Capacitación y Asesoría Jurídica Departamento Académico de Derecho Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chavarri V. E. (2005). Apuntes del curso de modelos matemáticos en hidrología: Maestría en recursos hídrico, EPG UNALM, Lima – Perú.
- Chow V. T. (2000). Hidrología Aplicada: Normas S.A. Colombia. 584 p.
- Chow, Maidment Y Mays. (1994). Hidrología Aplicada: Mc Graw-Hill Interamericana. Santafé de Bogotá. Colombia.
- FAO, (1977). Requerimiento de agua por los cultivos: Manual N° 24. Serie de Riego y Drenaje de la FAO.
- Garay, O. (2007). Manual de uso consuntivo para la cédula de cultivo de los Andes Centrales: publicado por el INIA, Lima Perú.

- Gómez M. W. (2009). Texto básico de hidrología: Dirección de Investigación Extensión y Posgrado de la Universidad Nacional Agraria. Managua – Nicaragua. 152 p.
- Gomes, T. & Lobão, J. (2009). Delimitação de sub-bacias a partir do uso de imagem SRTM/NASA: um estudo da Bacia do Ríó Jacuípe-BA: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 3841-3848.
- Guevara, E. & Cartaya, H. (1991). Una introducción a la ciencia hidrológica aplicada: Hidrología. Gueca Ediciones. Valencia, Venezuela, 358 p.
- Guevara, J. (1987). Guía para la implementación de un sistema de información geográfica para la planificación regional y nacional: I Conferencia latinoamericana sobre informática en Geografía. pp. 301-322.
- Guevara, E. (1991). Una Introducción a la Ciencia: Hidrología. EGN Comunicaciones. Valencia Venezuela. 357 p.
- Henaos, J.E. (1988). Introducción al manejo de cuencas hidrográficas: Universidad Santo Tomás. Bogotá: 396 p.
- Ibarra, G. (1990). Procesos de Transformación de Precipitación en Descargas Evaluación de un Modelo Matemático: Tesis FIA – UNALM. Lima–Perú, 270 p.
- Leroy, S. (1980). Guía para estudios de evapotranspiración e instalación de parcelas demostrativas con riego por superficie: Internacional Irrigation Center. UTA State University. Logan, UTA.
- López, F. (1994). Restauración hidrológico-forestal de cuencas: Mundi Prensa –Tragsa, 902 p.
- Lutz Scholtz. (1980). Generación de Caudales Mensuales en la Sierra del Perú: Plan Meris II. Cuzco–Perú. 50 p.
- Mejía, A. (1991). Hidrología Estadística: Centro de Impresiones y Publicaciones FIA. Lima–Perú.
- Mejía, A. (2001). Hidrología Aplicada Volumen I, II: Centro de Impresiones y Publicaciones FIA. Lima–Perú. 394 p. y 186 p.

- Monsalve, G. (1994). Hidrología en la Ingeniería: Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia. 359 p.
- Olarte, W. (1987). Manual de Riego por Gravedad: Cusco Perú. Serie Manuales técnico N° 1 CCTA - Perú.
- Pérez & Rodríguez, (2009). Apuntes de Hidrología Superficial: Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Mayor de San N.H. (UMSNH), 115 p.
- Pizarro, R. (1996). Análisis comparativo de modelos matemáticos precipitación – escorrentía en cuencas de España peninsular: Departamento de Ingeniería Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, universidad Politécnica de Madrid. España. 320 p.
- PHI-LAC, (2016). Ciclo hidrológico: Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe. UNESCO.
- Ponce V. M. (1989). Engineering Hydrology – Principles and Practices: Prentice Hall. San Diego State University. EE. UU.
- Proaño, M., Gavilanes, M., Valenzuela, P., & Cisneros, C. (2006). Aplicación del modelo Swat en la Subcuenca del río Ambato: Proyecto Cuencas Andinas – CODESAN – GTZ. Quito, Ecuador, 44 p.
- Remenieras, G. (1971). Tratado de hidrologia aplicada: Editores Asociados. España. 515 p.
- SAGARPA, (2009). Estimación de las demandas de consumo de agua: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 33 p.
- Source: http://www.eoearth.org/article/Hydrologic_cycle, (2013). Hydrologic cycle.
- Vásquez, A. (2000). Manejo de cuencas altoandinas” tomo I, II: Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- UNESCO (1981). Métodos de cálculo del balance hídrico: Guía internacional de investigación y métodos. Instituto de hidrología de España /UNESCO
- Villodas, R. (2008). Guía para el estudio de las cátedras de hidrología I e hidrología II: Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de ingeniería Civil. 240 p.
- Villón, M. (2002). Hidrología: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Lima– Perú. 436 p.

Villón. M (2002). Hidrología estadística. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Lima-Perú.
380 p.

www. Google.com/imgresciclohidrol.

www.monografias.com/trabajos96/cuencas-hidrograficas/cuencas-hidrograficas.shtml

www. Google.com/imgresciclohidrol

IX. ANEXOS

- ANEXO I: Serie Histórica de Precipitación de las Estaciones en Estudio: Tablas I-1 al I-8 y *Figuras* I-1 al I-8
- ANEXO II: Análisis Estadístico de las Series Históricas de precipitación de las estaciones en estudio: Tablas II-1 al II-8 y *Figuras* II-1 al II-8.
- ANEXO III: Completación y extensión de datos de precipitación de las estaciones en estudio: Tablas III-1 al III-8 y *Figuras* III-1-al III-8.
- ANEXO IV: Generación de caudales del año promedio y del período extendido: Tablas IV – 1 al IV – 13.
- ANEXO V: Demanda de agua de los cultivos en el área agrícola del distrito de Sacsamarca: Tabla V – 1 al V – 11.
- ANEXO VI: PLANOS
- Plano 1 : Ubicación de la Microcuenca Huancallima
 - Plano 2 : Microcuenca Hidrográfica del Río Huancallima
 - Plano 3 : Orden de Ríos
 - Plano 4 : Áreas parciales cada 100 m. de Altitud
 - Plano 5 : Curva Hipsométrica
 - Plano 6 : Estaciones meteorológicas y pluviométricas

ANEXO I

SERIE HISTÓRICA DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES EN ESTUDIO: TABLAS I-1 AL I-8 Y FIGURAS I-1 AL I-8

Tabla I - 1

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL

(mm)

Estacion : PUQUIO Latitud : 14° 42' 00" S Departamento : AYACUCHO
 Tipo : 157230 Longitud : 74° 00' 00" W Provincia : LUCANAS
 Altitud : 3213 msnm Distrito : PUQUIO

N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,965	48.80	129.20	53.20	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	4.40	12.13	45.29	305.52
2	1,966	42.90	53.90	47.70	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.60	23.20	29.50	229.30
3	1,967	204.40	374.40	147.10	59.40	35.00	0.00	5.70	0.00	7.60	7.27	12.13	27.40	880.40
4	1,968	115.60	57.10	120.60	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.50	44.70	50.90	425.20
5	1,969	28.60	81.60	146.50	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	7.27	12.80	56.40	377.67
6	1,970	189.80	69.40	67.60	7.00	10.80	0.00	0.00	0.00	18.60	3.80	1.80	24.60	393.40
7	1,971	62.00	95.40	152.80	36.40	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	1.60	44.20	399.40
8	1,972	156.40	191.60	167.00	7.60	0.00	3.80	3.80	0.00	21.80	24.60	12.13	80.80	669.53
9	1,973	124.40	104.40	138.80	58.20	0.00	5.80	0.00	1.60	35.00	7.27	4.60	22.80	502.87
10	1,974	105.00	64.80	31.60	17.40	0.00	1.40	0.00	19.40	5.40	7.27	4.20	3.00	259.47
11	1,975	45.80	61.10	77.90	2.80	7.80	0.00	0.00	0.00	2.40	3.60	12.13	36.90	250.43
12	1,976	160.40	152.80	69.60	4.00	6.10	0.00	0.00	0.00	12.10	7.27	12.13	22.50	446.90
13	1,977	1.40	174.90	68.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.90	7.27	3.40	15.40	290.67
14	1,978	69.40	28.00	53.20	14.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.27	12.13	45.29	229.39
15	1,979	19.90	70.70	124.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.40	12.13	45.29	285.72
16	1,980	45.80	8.10	82.40	0.00	0.00	0.00	7.10	0.00	20.50	18.00	12.13	3.40	197.43
17	1,981	32.50	106.70	78.00	32.50	0.00	0.00	0.00	17.50	0.00	0.00	15.60	76.10	358.90
18	1,982	78.90	54.40	32.20	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.10	45.29	253.39
19	1,983	34.20	131.30	205.60	29.80	6.80	0.00	0.00	0.00	7.90	2.90	4.70	65.10	488.30
20	1,984	96.15	114.80	102.49	20.89	4.19	1.30	1.18	1.87	5.75	7.27	12.13	45.29	413.31
25	1,989	394.50	252.80	102.49	7.20	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	9.60	12.13	45.29	828.41
26	1,990	33.80	15.40	50.30	3.80	17.20	10.60	0.00	0.00	12.00	2.40	12.13	89.70	247.33
27	1,991	72.80	29.80	107.40	21.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.60	4.40	45.29	292.69
28	1,992	5.86	73.99	61.24	12.81	0.64	0.42	0.00	0.65	0.84	2.17	2.40	16.94	177.96
29	1,993	150.18	135.02	146.25	46.68	2.46	0.42	0.00	2.44	0.84	17.35	12.80	83.35	597.79
30	1,994	160.24	197.95	104.43	12.81	11.58	9.31	0.00	0.65	0.84	2.17	2.40	43.31	545.69
31	1,995	111.82	84.25	131.98	12.81	0.64	0.42	0.00	0.65	1.48	2.17	39.98	58.34	444.54
32	1,996	84.55	176.37	78.04	47.99	0.64	0.42	0.00	1.47	2.55	2.17	4.82	16.94	415.96
33	1,997	74.68	108.62	94.06	12.81	0.64	0.42	0.00	7.02	16.13	5.62	6.06	90.18	416.24
34	1,998	191.80	115.30	86.60	1.30	0.00	10.30	0.00	0.00	0.00	0.00	33.40	79.80	518.50
35	1,999	64.40	229.10	84.00	17.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	16.80	0.60	22.20	436.10
36	2,000	187.20	129.20	140.90	16.50	7.20	0.00	0.00	4.00	0.00	12.60	4.60	77.80	580.00
37	2,001	107.00	145.60	136.10	43.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	5.70	5.40	5.10	449.20
38	2,002	98.30	142.20	132.50	33.40	3.80	5.50	13.80	2.80	5.20	7.60	37.50	23.10	505.70
39	2,003	46.00	71.50	80.80	12.50	12.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	12.13	45.80	282.33
40	2,004	57.00	89.40	94.90	58.70	0.00	0.00	14.60	6.90	14.30	0.00	5.20	70.60	411.60
41	2,005	42.00	74.60	45.70	22.00	0.00	0.00	0.00	1.40	13.90	3.60	12.13	87.70	303.03
42	2,006	87.30	167.40	122.50	13.30	0.00	1.30	0.00	4.20	0.00	0.00	16.00	51.00	463.00
N° Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		96.15	114.80	102.49	20.89	4.19	1.30	1.18	1.87	5.75	7.27	12.13	45.29	413.31
Desv. Estandar		72.07	69.08	54.08	17.63	7.24	2.83	3.32	4.17	8.16	7.74	10.39	25.81	157.67
Coef. Variacion		74.95	60.17	52.77	84.40	172.84	218.39	280.33	223.10	141.95	106.42	85.65	56.99	38.15
Prec. Max.		394.50	374.40	318.30	59.40	35.00	10.60	14.60	19.40	35.00	34.50	44.70	90.18	880.40
Prec. Mn.		1.40	8.10	22.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	3.00	177.96

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS : 08/06/2019 15:03

Figura I - 1

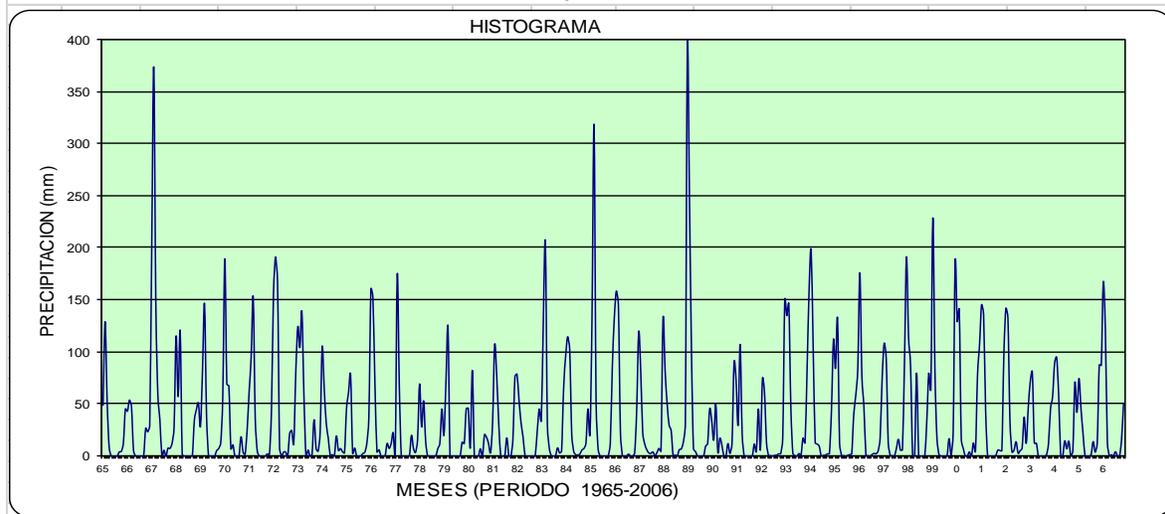


Tabla I - 3

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL

(mm)

Estacion : PAUCACORRAL Latitud : 14°40'00" S Departamento : AYACUCHO
 Codigo : 157210/DRE-05 Longitud : 74°05'00" W Provincia : LUCANAS
 Altitud : 4060 msnm Distrito : PUQUIO

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,965	27.50	144.30	76.20	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.50	283.90
2	1,966	55.50	68.40	161.10	0.00	10.50	0.00	0.00	0.00	3.40	26.00	37.10	67.60	429.60
3	1,967	153.00	363.00	230.60	140.60	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	5.20	896.40
4	1,968	215.90	78.30	193.90	0.00	14.40	0.00	0.00	0.00	8.70	5.40	10.90	30.20	557.70
5	1,969	30.00	128.80	138.60	49.70	0.00	0.00	0.00	0.00	5.30	0.00	17.60	43.00	413.00
6	1,970	465.80	52.00	115.30	6.80	5.40	0.00	0.00	0.00	33.40	5.80	0.00	5.80	690.30
7	1,971	58.60	145.10	174.40	45.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.90	493.60
8	1,972	202.50	137.10	404.80	27.20	0.00	0.00	3.40	0.00	12.00	30.60	16.10	77.90	911.60
9	1,973	105.60	75.00	73.80	36.60	0.00	0.00	0.00	6.90	20.80	0.00	6.40	31.90	357.00
10	1,974	196.10	140.70	268.30	62.30	0.00	0.00	0.00	54.20	5.40	0.00	17.00	14.30	758.30
11	1,975	111.90	133.60	232.70	8.50	19.90	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	0.00	60.20	571.40
12	1,976	133.60	214.00	172.50	7.50	12.70	0.00	0.00	0.00	87.30	0.00	0.00	9.40	637.00
13	1,977	4.60	174.90	68.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	0.00	11.70	11.40	275.60
14	1,978	89.53	98.47	105.51	17.97	2.88	0.00	0.14	2.81	8.45	3.30	5.33	20.74	355.13
15	1,979	107.85	118.63	127.10	21.65	3.47	0.00	0.17	3.38	10.18	3.98	6.42	24.98	427.81
16	1,980	89.70	38.60	134.00	0.00	0.00	0.00	17.20	0.00	21.00	47.30	0.00	22.50	370.30
17	1,981	123.40	252.70	40.80	58.60	0.00	0.00	0.00	17.90	0.00	0.00	21.90	143.20	658.50
18	1,982	135.70	155.00	106.80	27.30	0.00	0.00	0.00	0.00	22.70	48.90	47.10	12.90	556.40
19	1,983	38.90	70.20	57.50	22.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.20	231.50
20	1,984	122.20	165.50	109.60	0.00	0.00	0.00	5.70	5.70	9.10	27.30	25.90	36.60	507.60
21	1,985	141.13	132.00	222.80	54.30	23.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.30	665.93
22	1,986	112.10	224.90	262.20	4.80	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.20	751.80
23	1,987	101.69	111.86	119.85	20.41	3.27	0.00	0.16	3.19	9.60	3.75	6.05	23.56	403.39
24	1,988	137.30	185.40	172.36	42.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.90	0.00	130.00	680.56
25	1,989	249.70	224.20	268.80	72.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.80	11.63	47.40	892.73
26	1,990	141.13	158.28	70.80	0.00	27.90	0.00	0.00	19.90	0.00	0.00	57.20	115.80	591.01
27	1,991	127.50	73.80	203.40	23.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	428.20
28	1,992	72.80	80.07	85.79	14.61	2.34	0.00	0.12	2.28	6.87	2.69	4.33	16.86	288.76
29	1,993	141.13	158.28	172.36	11.80	5.80	0.79	0.97	0.00	11.90	5.30	0.00	27.20	535.53
30	1,994	201.80	206.20	264.50	25.20	14.20	21.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	733.10
31	1,995	77.10	23.30	87.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.30	4.80	42.50	31.60	273.20
32	1,996	52.30	107.60	42.10	66.40	0.00	0.00	0.00	3.50	5.80	0.00	2.60	32.00	312.30
Nº Datos		32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Media		125.74	138.76	155.14	27.41	4.84	0.69	0.87	3.74	9.28	7.86	10.87	44.17	529.35
Desv. Estandar		84.79	70.33	83.54	30.23	7.68	3.75	3.20	10.37	16.37	13.58	15.52	40.62	31.46
Coef. Variacion		67.43	50.68	53.85	110.27	158.75	545.09	367.10	277.06	176.46	172.79	142.80	91.97	515.69
Prec. Max.		465.80	363.00	404.80	140.60	27.90	21.20	17.20	54.20	87.30	48.90	57.20	143.20	29.73
Prec. Min.		4.60	23.30	40.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	496.93

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS :

FIGURA I - 3

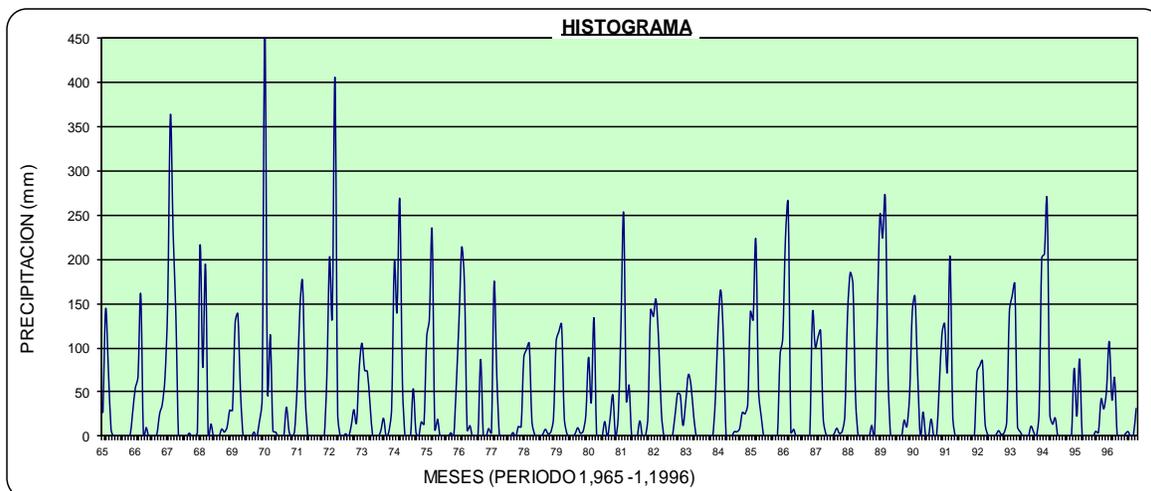


Tabla 1 - 5

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL

(mm)

Estacion : **ANDAMARCA** Latitud : 14°23'00" S Departamento : AYACUCHO
 Tipo : **CP-747** Longitud : 73°58'00" W Provincia : LUCANAS
 Altitud : 3,490 msnm Distrito : CARMEN SALCEDO

N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,965	24.40	165.60	64.60	5.70	0.00	0.00	0.00	10.00	47.50	25.80	3.50	62.90	410.00
2	1,966	76.20	90.80	177.10	10.20	43.00	0.00	2.40	0.00	4.80	47.00	27.70	40.20	519.40
3	1,967	211.30	153.00	168.50	46.00	6.00	0.00	18.50	11.30	22.20	9.90	2.40	14.60	663.70
4	1,968	117.70	64.10	165.30	4.70	19.90	24.20	0.00	13.30	4.30	14.50	50.40	94.90	573.30
5	1,969	36.00	66.00	80.30	4.50	4.00	0.00	0.00	5.00	21.30	20.11	42.90	85.60	365.71
6	1,970	116.90	73.00	81.10	78.80	0.00	0.00	0.00	0.00	31.20	13.50	33.80	62.30	490.60
7	1,971	84.10	115.80	145.40	60.80	1.10	1.00	0.00	0.00	4.50	10.80	1.20	102.60	527.30
8	1,972	79.10	185.10	207.80	16.40	8.40	1.60	0.00	3.00	13.00	34.70	3.80	33.80	586.70
9	1,973	72.60	95.10	125.61	23.50	0.00	0.00	0.00	0.00	21.01	16.80	18.20	88.50	461.32
10	1,974	89.19	107.44	125.61	23.85	0.00	0.00	0.00	12.10	14.70	3.70	29.00	41.10	446.69
11	1,975	121.00	98.80	132.70	3.00	35.20	0.00	0.00	0.00	8.60	13.40	3.90	109.30	525.90
12	1,976	139.90	164.00	102.00	24.20	19.00	0.00	0.00	29.20	80.40	20.11	1.00	34.10	613.91
13	1,977	14.50	203.10	79.60	19.90	1.20	0.00	0.00	0.00	13.40	14.00	47.60	20.90	414.20
14	1,978	115.40	25.30	62.30	16.50	0.00	0.00	0.00	9.20	10.80	11.00	25.70	31.80	308.00
15	1,979	26.10	76.00	141.90	7.10	0.00	1.20	3.00	4.55	5.10	20.80	6.60	55.40	347.75
16	1,980	102.60	35.90	149.90	36.50	0.00	2.90	5.80	2.70	33.40	45.70	1.20	33.50	450.10
N° Datos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Media		89.19	107.44	125.61	23.85	8.61	1.93	1.86	6.27	21.01	20.11	18.68	56.97	481.54
Desv. Estandar		50.40	52.95	43.63	21.81	13.62	6.00	4.73	7.84	19.96	12.48	18.07	30.56	16.00
Coef. Variacion		56.51	49.28	34.74	91.42	158.17	310.50	254.79	124.93	94.98	62.03	96.75	53.65	455.91
Prec. Max.		211.30	203.10	207.80	78.80	43.00	24.20	18.50	29.20	80.40	47.00	50.40	109.30	14.86
Prec. Min.		14.50	25.30	62.30	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	3.70	1.00	14.60	411.25

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS :

FIGURA I - 5

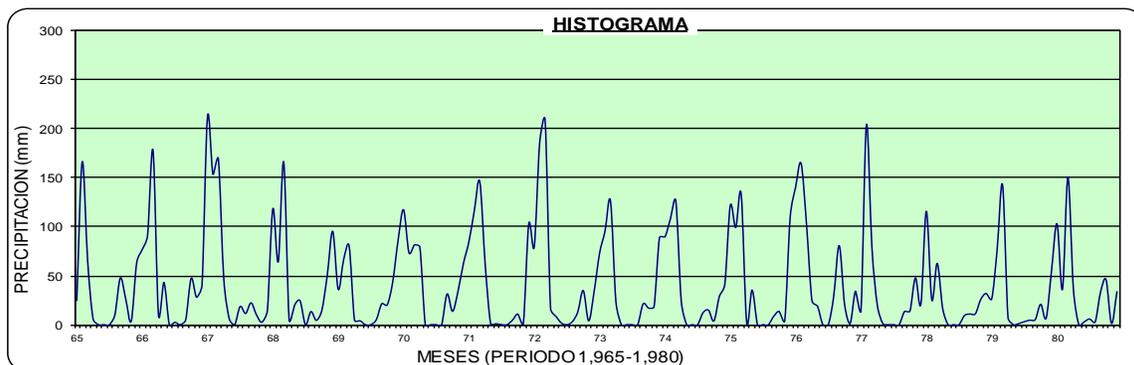


Tabla I - 6

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL

(mm)

ESTACION: PAMPAHUASI LAT: 14°30'00" S Departamento : AYACUCHO
 TIPO: 157205/DRE-05 LONG: 74°15'00" W Provincia : LUCANAS
 CUENCA: APURIMAC ALT: 3,650 msnm Distrito : LUCANAS

N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,965	172.99	131.09	174.46	35.99	16.04	0.99	0.64	1.11	11.74	18.41	23.45	52.70	639.61
2	1,966	72.60	95.50	121.90	17.20	31.30	0.99	0.64	1.11	13.70	67.40	52.40	36.30	511.04
3	1,967	243.80	438.00	354.00	63.20	18.20	3.80	1.20	7.60	11.74	28.80	0.30	19.50	1,190.14
4	1,968	428.70	66.90	185.20	19.80	29.30	3.20	0.00	3.10	16.20	42.20	53.00	79.50	927.10
5	1,969	54.60	151.90	230.80	108.70	0.00	4.00	3.60	0.00	8.40	2.10	72.10	60.30	696.50
6	1,970	197.10	87.20	115.80	36.00	64.70	0.00	1.00	2.00	30.80	23.30	18.00	45.10	621.00
7	1,971	94.80	149.10	120.80	54.90	0.00	0.70	0.00	1.40	0.00	12.00	1.00	119.00	553.70
8	1,972	193.10	154.30	299.30	19.90	0.00	0.00	3.10	0.00	28.50	37.20	24.20	141.30	900.90
9	1,973	201.60	156.90	176.00	102.90	0.00	0.00	0.00	0.00	25.10	0.00	30.30	33.30	726.10
10	1,974	256.00	98.00	71.80	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	42.80	564.60
11	1,975	199.60	101.70	144.50	0.00	63.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.30	3.20	86.10	625.40
12	1,976	256.10	179.40	162.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	7.70	0.00	0.00	20.00	626.80
13	1,977	8.30	144.00	294.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.00	3.00	30.50	20.00	534.60
14	1,978	103.50	47.70	51.50	45.20	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.30	40.80	19.00	347.00
15	1,979	172.99	59.70	148.40	2.00	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	6.50	0.00	15.60	407.39
16	1,980	112.00	36.00	140.00	0.00	16.04	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	52.70	361.74
N° Datos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Media		172.99	131.09	174.46	35.99	16.04	0.99	0.64	1.11	11.74	18.41	23.45	52.70	639.60
Desv. Estandar		100.86	92.74	82.97	35.88	21.68	1.47	1.14	1.97	12.10	19.01	22.53	37.14	219.51
Coef. Variacion		58.31	70.75	47.56	99.71	135.18	147.64	0.00	176.86	103.05	103.28	96.05	70.48	34.32
Prec. Max.		428.70	438.00	354.00	108.70	64.70	4.00	3.60	7.60	34.00	67.40	72.10	141.30	1,190.14
Prec. Min.		8.30	36.00	51.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.60	347.00

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS :

FIGURA I - 6

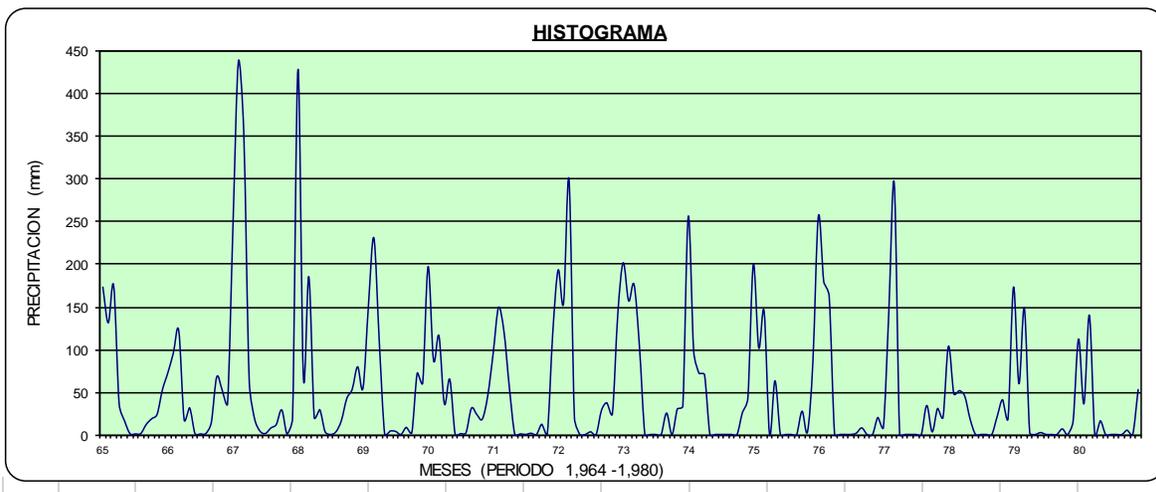


Tabla I - 7

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL

(mm)

Estacion : **CCECCAÑA** Latitud : **14°36'00"** S Departamento : **AYACUCHO**
 Tipo : **15/DRE-05** Longitud : **73°58'00"** W Provincia : **LUCANAS**
 Altitud : **4100** msnm Distrito : **PUQUIO**

N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,965	38.40	200.20	77.80	7.10	3.40	0.00	10.90	13.00	24.70	48.60	7.50	86.20	517.80
2	1,966	183.37	110.30	91.40	12.20	55.80	0.00	0.00	0.00	43.30	50.90	86.00	11.10	644.37
3	1,967	118.00	501.10	543.90	68.30	0.00	0.00	0.30	0.00	35.00	0.00	33.01	76.41	1,376.02
4	1,968	49.40	21.70	19.20	9.80	2.70	0.00	0.00	2.10	3.50	0.30	55.70	87.90	252.30
5	1,969	77.20	166.30	260.90	33.30	0.00	0.00	0.00	0.00	10.10	6.00	54.90	116.10	724.80
6	1,970	275.20	148.60	106.50	36.90	31.50	7.20	0.30	0.40	34.90	13.40	26.70	39.80	721.40
7	1,971	111.20	200.30	211.40	94.10	0.00	2.10	0.00	1.70	0.00	8.00	7.50	108.10	744.40
8	1,972	242.00	232.80	252.70	29.10	0.00	7.60	0.00	1.70	32.60	47.90	18.00	101.50	965.90
9	1,973	225.40	166.90	159.00	75.90	0.00	1.40	0.00	31.10	85.50	17.60	28.30	88.00	879.10
10	1,974	348.74	251.02	119.31	178.89	0.00	0.00	0.00	67.63	23.66	4.10	66.54	65.95	1,125.84
11	1,975	278.19	347.55	275.92	36.90	96.19	15.96	0.00	0.00	9.33	34.63	0.00	161.50	1,256.17
12	1,976	171.25	216.62	211.94	126.13	1.33	0.00	66.94	24.85	112.09	0.00	0.00	112.09	1,043.25
13	1,977	36.51	394.88	153.89	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	28.21	1.63	47.57	23.76	687.38
14	1,978	139.76	45.50	82.16	36.70	0.00	0.00	0.00	0.00	8.15	15.07	49.85	20.40	397.58
15	1,979	65.36	135.51	183.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.29	0.00	0.00	438.89
16	1,980	139.46	43.62	211.94	0.00	0.00	0.00	32.46	33.74	46.19	13.69	0.00	49.35	570.45
N° Datos		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Media		156.21	198.93	185.10	46.58	11.99	2.14	6.93	11.01	31.08	19.76	30.10	71.76	771.60
Desv. Estandar		95.70	129.50	121.11	50.85	27.18	4.45	18.05	19.21	30.74	20.28	27.37	44.67	16.00
Coef. Variacion		61.26	65.10	65.43	109.17	226.65	207.91	260.36	174.42	98.90	102.67	90.92	62.25	739.24
Prec. Max.		348.74	501.10	543.90	178.89	96.19	15.96	66.94	67.63	112.09	54.29	86.00	161.50	15.13
Prec. Mn.		36.51	21.70	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	648.28

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS:

FIGURA I - 7

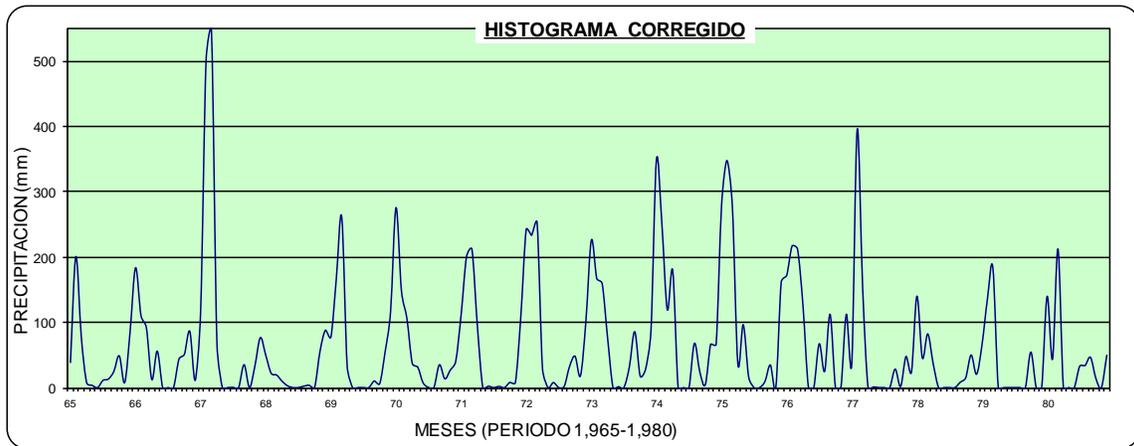


Tabla I - 8

REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA

(mm)

Estacion : **APACHETA** Latitud : 13°20'51" S Departamento : AYACUCHO
 Tipo : Longitud : 74°38'44" W Provincia : CANGALLO
 CODIGO : 19 Altitud : 4150 msnm Distrito : PARAS

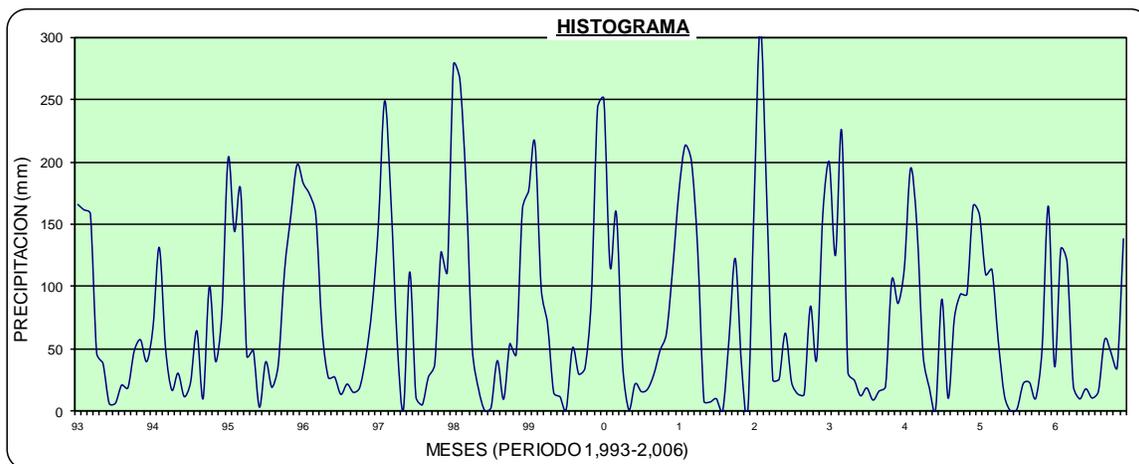
Hoja Nº 03

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,993	165.70	161.30	158.20	46.90	38.70	6.50	6.60	21.20	19.00	48.40	57.40	39.90	769.80
2	1,994	67.40	131.30	51.10	17.20	30.60	11.80	23.20	64.60	10.30	100.00	40.00	78.20	625.70
3	1,995	202.90	144.20	177.00	44.10	49.40	3.40	39.70	19.30	37.10	112.00	156.20	197.30	1,182.60
4	1,996	182.60	173.90	157.50	66.00	27.20	27.70	13.70	21.90	15.30	18.90	43.90	83.60	832.20
5	1,997	149.40	248.60	169.80	56.10	1.60	6.00	11.60	5.20	27.80	37.90	127.50	111.70	953.20
6	1,998	277.60	266.40	181.20	50.30	17.90	0.60	3.20	40.70	9.80	54.30	45.60	161.70	1,109.30
7	1,999	176.60	215.00	98.80	71.00	15.10	11.90	1.70	50.80	29.90	34.80	89.60	242.90	1,038.10
8	2,000	250.70	116.30	158.90	37.90	1.40	22.00	15.90	17.90	29.80	49.00	62.20	114.10	876.10
9	2,001	175.70	213.10	200.30	129.40	8.20	7.60	10.10	0.70	57.80	122.40	37.30	119.60	1,082.20
10	2,002	163.80	308.10	175.80	25.30	25.60	62.70	23.20	13.90	13.70	84.10	41.70	158.90	1,096.80
11	2,003	199.80	124.90	224.40	31.20	25.30	12.60	18.90	9.10	16.50	20.00	105.10	86.50	874.30
12	2,004	114.50	194.50	149.50	45.40	18.90	1.50	89.90	10.60	74.70	94.10	93.90	164.40	1,051.90
13	2,005	157.60	109.60	113.50	56.90	12.40	0.10	1.90	22.30	23.20	10.60	49.50	164.40	722.00
14	2,006	36.00	130.00	119.50	20.40	10.00	18.10	10.70	16.00	57.30	47.40	35.30	138.20	638.90
Nº Datos		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Media		165.74	181.23	152.54	49.86	6.90	13.75	19.31	22.44	30.16	59.56	70.37	132.96	918.08
Desv. Estandar		63.39	61.82	44.38	28.03	0.20	16.30	22.74	17.87	20.00	36.41	38.04	53.33	14.00
Coef. Variacion		38.25	34.11	29.09	56.21	2.90	118.53	117.80	79.61	66.31	61.14	54.06	40.11	918.08
Prec. Max.		277.60	308.10	224.40	129.40	49.40	62.70	89.90	64.60	74.70	122.40	156.20	242.90	14.00
Prec. Min.		36.00	109.60	51.10	17.20	1.40	0.10	1.70	0.70	9.80	10.60	35.30	39.90	918.08

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS :

FIGURA I - 8



ANEXO II

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS SERIES
HISTÓRICAS DE PRECIPITACIÓN DE LAS
ESTACIONES EN ESTUDIO: TABLAS II-1
AL II-8 Y FIGURAS II-1 AL II-8.**

Tabla II-1
ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTACION PUQUIO PERIODO 1965 - 2006

Se plantea la hipótesis de que existe un salto en el año de 1986, para lo cual se realizara el análisis estadístico; es decir, el análisis de saltos y tendencias para los periodos citados

ANALISIS DE SALTOS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION DE LA ESTACION PUQUIO

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTANDA	S(x)2
1965	1986	264	33.32	53.65	2878.72
1987	2006	240	35.68	55.05	3031.04

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
54.33	4.85	0.49	0.05	502	1.645	Tc < Tt	NO

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ y $G.L.N. = n_1 - 1$
 $G.L.D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ y $G.L.N. = n_2 - 1$
 $G.L.D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparac ión	Diferenci a Signific.
1.05	0.05	239	263	1.22	Fc < Ft	NO

ANALISIS DE TENDENCIA

n = 504
 Tm = 34.44
 t = 252.5
 S_{Tm} = 54.28
 St = 145.64
 Tm*t = 8731.45

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparac ión	Diferenci a Signific.
0.00	0.002	34.02	0.10	502	1.645	Tc < Tt	No

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 42
 Tm = 50.22
 t = 21.5
 S_{Tm} = 22.68
 St = 12.27
 Tm*t = 1085.82

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparac ión	Diferenci a Signific.
0.02	0.040	49.35	0.14	40	1.684	Tc < Tt	No

De este análisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente iguales y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente iguales, por lo tanto no necesita una corrección por salto.

Tabla II - 2

ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTACION LUCANAS PERIODO 1965 - 2002

Se plantea la hipótesis de que existe un salto en el año de 1985, para lo cual se realizara el análisis estadístico; es decir, el análisis de saltos y tendencias para los periodos citados

ANALISIS DE SALTOS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION DE LA ESTACION LUCANAS

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1965	1985	252	44.72	68.31	4666.28
1986	2002	204	47.44	67.90	4610.73

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparc.	Diferenci a Signific.
68.13	6.42	0.42	0.05	454	1.645	Tc < Tt	NO

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ y $G.L.N. = n_1 - 1$
 $G.L.D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ y $G.L.N. = n_2 - 1$
 $G.L.D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparac ión	Diferenci a Signific.
1.01	0.05	251	203	1.25	Fc < Ft	NO

ANALISIS DE TENDENCIA

n = 456
 Tm = 45.94
 t = 228.5
 STm = 68.07
 St = 131.78
 Tm*t = 10609.08

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparac ión	Diferenci a Signific.
0.01	0.006	44.47	0.27	454	1.645	Tc < Tt	No

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 38
 Tm = 66.02
 t = 19.50
 STm = 21.34
 St = 11.11
 Tm*t = 1297.64

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparac ión	Diferenci a Signific.
0.04	0.083	64.40	0.26	36	1.697	Tc < Tt	No

De este análisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente iguales y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente iguales, por lo tanto no necesita una corrección por salto.

Tabla II - 3

ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTACION PAUCACORRAL PERIODO 1965 - 1996
 Se plantea la hipótesis de que existe un salto en el año de 1981, para lo cual se realizara el análisis estadístico; es decir, el análisis de saltos y tendencias para los periodos citados

ANALISIS DE SALTOS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION DE LA ESTACION PAUCACORRAL

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTAND	S(x)2
1965	1981	204	47.00	86.38	7461.84
1982	1996	180	46.40	75.63	5720.16

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparac.	Diferencia Signific.
81.52	8.34	0.07	0.05	382	1.645	Tc < Tt	NO

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ y $G.L.N. = n_1 - 1$
 $G.L.D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ y $G.L.N. = n_2 - 1$
 $G.L.D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparac.	Diferencia Signific.
1.30	0.05	203	179	1.318	Fc < Ft	NO

ANALISIS DE TENDENCIA

n = 384
 Tm = 46.72
 t = 192.50
 STm = 81.42
 St = 111.00
 Tm*t = 8541.45

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparac.	Diferencia Signific.
-0.05	-0.037	53.78	0.98	382	1.645	Tc < Tt	No

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 32
 Tm = 72.26
 t = 16.50
 STm = 39.29
 St = 9.38
 Tm*t = 1117.25

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparac.	Diferencia Signific.
-0.20	-0.853	86.33	1.14	30	1.697	Tc < Tt	No

De este análisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente iguales y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente iguales, por lo tanto no necesita corrección por salto.

Tabla II - 4

ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTACION PAMPAMARCA PERIODO 1965 - 1996

Se plantea la hipótesis de que existe un salto en el año de 1974, para lo cual se relanzara el análisis estadístico; es decir, el análisis de saltos y tendencias para los periodos citados

ANALISIS SALTOS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION DE LA ESTACION PAMPAMARCA

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1965	1974	120	48.58	61.69	3805.89
1975	1996	264	36.62	43.71	1910.73

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
50.01	5.51	2.17	0.05	382	1.645	Tc > Tt	SI

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ $G.L.N. = n_1 - 1$
 $\vee G.L.D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ $G.L.N. = n_2 - 1$
 $\vee G.L.D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
1.99	0.05	119	263	1.301	Fc > Ft	SI

ANALISIS DE TENDENCIA

n =	384
Tm =	40.36
t =	192.50
S _{Tm} =	50.25
St =	111.00
Tm*t =	7269.15

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
-0.09	-0.041	48.17	1.77	382	1.645	Tc > Tt	Si

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n =	32
Tm =	46.98
t =	16.50
S _{Tm} =	19.49
St =	9.38
Tm*t =	735.15

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
-0.22	-0.455	54.49	1.23	30	1.697	Tc < Tt	No

De este análisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente diferentes y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente diferentes, por lo tanto se necesita una corrección por salto, la corrección para el primer periodo se realizará mediante la ecuación:

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

Donde: X't : Valor corregido de la información
 Xt: Valor a ser corregido

Tabla I - 4 - 1

REGISTRO HISTORICO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL CORREGIDO

ESTACION : PAMPAMARCA DISTRITO : AUCARA ALTITUD : 3400 msnm
 CODIGO : 157207/DRE-05 PROVINCIA : LUCANAS LATITUD : 14°14'00" S
 REGION : AYACUCHO LONGITUD : 74°12'00" O

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	72.33	71.70	58.06	22.68	9.42	8.03	4.75	9.33	14.22	18.73	16.34	36.32	341.92
1966	60.44	54.77	44.42	11.05	37.27	2.19	2.19	2.19	5.74	22.60	37.83	41.66	322.36
1967	113.01	115.07	97.92	22.74	7.37	5.45	9.63	16.65	25.93	22.03	9.70	26.57	472.08
1968	106.42	99.05	171.33	15.59	47.75	29.33	4.04	13.46	15.32	74.89	2.90	29.47	609.55
1969	39.32	85.87	90.62	10.13	2.19	8.29	4.18	4.67	4.39	11.83	19.20	32.80	313.51
1970	74.82	67.52	66.53	29.62	26.43	3.61	4.60	2.19	16.72	9.21	16.51	47.97	365.73
1971	49.24	118.89	78.93	12.11	2.76	2.19	2.19	3.26	3.12	10.34	3.04	79.07	365.16
1972	143.27	112.52	119.96	25.43	3.89	2.19	2.69	3.19	32.59	66.67	17.29	60.37	590.05
1973	78.65	73.40	84.46	18.07	4.67	15.51	6.30	15.16	51.08	9.63	36.49	27.70	421.14
1974	310.20	75.95	50.38	33.37	10.06	4.67	5.74	30.89	13.81	2.19	12.75	42.65	592.68
1975	109.40	110.80	161.50	1.60	15.50	1.90	0.00	0.00	15.70	11.60	2.80	63.20	494.00
1976	125.50	137.60	62.10	4.80	15.10	0.00	17.40	18.40	70.10	0.00	10.70	47.10	508.80
1977	27.70	144.20	81.30	19.60	2.20	0.00	21.40	0.00	25.50	9.80	36.70	28.30	396.70
1978	146.60	14.30	58.80	32.70	0.00	0.00	0.00	6.80	6.50	10.50	29.20	33.90	339.30
1979	32.60	20.40	82.80	8.10	6.40	0.00	4.80	4.70	4.10	26.40	13.20	31.80	235.30
1980	62.90	50.50	111.00	9.70	4.00	3.90	20.10	7.50	14.00	58.70	4.90	34.10	381.30
1981	101.80	148.50	44.20	74.00	1.00	0.00	0.00	55.30	13.70	14.00	31.30	93.90	577.70
1982	94.60	64.40	25.20	40.90	0.00	9.20	0.00	7.30	22.60	35.00	39.60	20.40	359.20
1983	24.90	54.10	51.90	23.60	15.20	6.60	0.00	6.80	63.55	34.50	7.40	47.30	335.85
1984	94.60	252.00	137.50	91.10	1.50	33.70	0.70	31.80	6.70	26.20	63.60	55.50	794.90
1985	16.10	165.00	34.10	85.20	26.90	28.90	1.10	1.60	25.90	88.00	17.70	27.50	518.00
1986	151.20	196.80	71.60	37.90	12.30	0.00	17.30	8.60	21.00	0.00	0.00	46.60	563.30
1987	132.10	34.90	23.30	30.60	8.20	3.43	2.90	13.00	0.00	23.10	17.90	23.80	313.23
1988	165.60	71.50	28.40	69.30	0.00	0.00	0.00	0.00	13.60	30.20	0.60	70.60	449.80
1989	105.80	174.00	89.70	52.10	18.90	3.90	1.30	12.90	4.00	17.90	2.50	2.10	485.10
1990	67.40	14.70	43.20	4.20	15.30	43.80	0.00	8.60	0.00	26.60	62.70	96.50	383.00
1991	67.30	63.70	98.40	12.40	14.70	20.50	0.00	2.30	12.70	7.90	19.70	37.00	356.60
1992	66.20	83.00	71.01	2.50	0.00	8.30	0.00	16.00	0.00	23.70	32.00	24.60	327.31
1993	132.00	41.60	66.20	50.50	13.20	29.50	1.20	16.60	4.70	31.60	36.30	124.60	548.00
1994	131.90	153.10	85.50	26.00	1.30	9.60	3.50	0.00	15.70	1.90	10.10	83.50	522.10
1995	70.10	61.00	88.90	32.70	0.00	0.00	0.00	5.40	15.30	11.60	20.60	54.40	360.00
1996	69.80	152.80	102.80	44.60	0.00	0.00	0.00	15.20	8.50	4.10	22.30	60.10	480.20
MEDIA	95.12	96.36	77.56	29.84	10.11	8.90	4.31	10.62	17.09	23.17	20.43	47.86	441.37
NUMERO	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00
MAX	310.20	252.00	171.33	91.10	47.75	43.80	21.40	55.30	70.10	88.00	63.60	124.60	794.90
MIN	16.10	14.30	23.30	1.60	0.00	2.10	235.30						
MEDIANA	86.62	79.48	75.27	24.52	6.88	3.90	2.19	7.40	13.91	18.32	17.49	42.16	408.92
DESVIAC.	55.96	56.14	36.15	23.67	11.47	11.77	6.16	11.48	16.91	21.57	16.44	25.98	119.49

Tabla II - 4 - 1

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 1974, para lo cual se realizara el análisis estadístico de los datos corregidos; es decir, el análisis de saltos y tendencias para los periodos citados

ANALISIS DE SALTOS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION CORREGIDOS DE LA ESTACION PAMPAMARCA

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1965	1974	120	36.62	43.71	1910.73
1975	1996	264	36.85	43.73	1912.17

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
43.72	4.81	-0.05	0.05	382	1.645	Tc < Tt	NO

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ $G. L. N. = n_1 - 1$
 y $G. L. D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ $G. L. N. = n_2 - 1$
 y $G. L. D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
1.00	0.05	119	263	1.301	Fc < Ft	NO

ANALISIS DE TENDENCIA

n = 384
 Tm = 36.62
 t = 192.50
 S_{Tm} = 43.65
 St = 111.00
 Tm*t = 7034.07

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
0.00	-0.001	36.86	0.06	382	1.645	Tc < Tt	No

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 32
 Tm = 41.76
 t = 16.50
 S_{Tm} = 15.08
 St = 9.38
 Tm*t = 702.59

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
0.10	0.154	39.22	0.53	30	1.697	Tc < Tt	No

De este analisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente iguales y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente iguales, por lo tanto no necesita una corrección por salto.

Tabla II - 5

ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTACION ANDAMARCA PERIODO 1965 - 1980

Se plantea la hipótesis de que existe un salto en el año de 1973, para lo cual se reliazara el análisis estadístico; es decir, el análisis de saltos y tendencias para los periodos citados

ANALISIS DE SALTOS DE LOS DIATOS DE PRECIPITACION DE LA ESTACION ANDAMARCA

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTANDA	S(x)2
1965	1973	108	42.57	52.58	2764.64
1974	1980	84	36.98	47.55	2260.94

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
50.44	7.34	0.76	0.05	190	1.645	Tc < Tt	NO

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ y $G.L.N. = n_1 - 1$
 $G.L.D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ y $G.L.N. = n_2 - 1$
 $G.L.D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
1.22	0.05	107	83	1.402	Fc < Ft	NO

ANALISIS DE TENDENCIA

n = 192
 Tm = 42
 t = 96.50
 STm = 49.08
 St = 55.57
 Tm*t = 3802.88

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
-0.09	-0.081	49.82	1.27	190	1.645	Tc < Tt	No

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 16
 Tm = 49.00
 t = 8.50
 STm = 12.38
 St = 4.76
 Tm*t = 405.16

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
-0.19	-0.500	53.25	0.73	14	1.761	Tc < Tt	No

De este análisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente iguales y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente iguales, por lo tanto no necesita una corrección por salto.

Tabla II - 6

ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTACION PAMPAHUASI PERIODO 1965 - 1980

Se plantea la hipótesis de que existe un salto en el año de 1973, para lo cual se reliazara el análisis estadístico; es decir, el análisis de saltos y tendencias para los periodos citados

ANALISIS DE SALTOS DE DATOS DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL DE LA ESTACION PAMPAHUASI

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1965	1973	108	62.65	88.15	7770.15
1974	1980	84	41.28	67.24	4521.36

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
79.69	11.59	1.84	0.05	190	1.645	Tc > Tt	Si

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ $G. L. N. = n_1 - 1$
 $\text{Y } G. L. D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ $G. L. N. = n_2 - 1$
 $\text{Y } G. L. D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
1.72	0.05	107	83	1.416	Fc > Ft	SI

ANALISIS DE TENDENCIA

n = 180
 Tm = 53.3
 t = 90.50
 STm = 81.17
 St = 52.11
 Tm*t = 4044.7

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
-0.18	-0.287	79.26	2.50	178	1.645	Tc > Tt	SI

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 15
 Tm = 76.37
 t = 8.00
 STm = 31.91
 St = 4.47
 Tm*t = 557.53

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
-0.37	-2.674	97.76	1.46	13	1.771	Tc < Tt	No

De este análisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente diferentes y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente diferentes, por lo tanto se necesita una corrección por salto, la corrección para el primer periodo se realizará mediante la ecuación:

$$x'(t) = \frac{(x(t) - \bar{x}_1)}{S_1(x)} S_2(x) + \bar{x}_2 \qquad x'(t) = \frac{(x(t) - \bar{x}_2)}{S_2(x)} S_1(x) + \bar{x}_1$$

Donde: X't : Valor corregido de la información
 Xt: Valor a ser corregido

Tabla II - 6 - 2

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 1974, para lo cual se realizara el análisis estadístico de los datos corregidos; es decir, el análisis de saltos y tendencias para los periodos citados

ANALISIS DE SALTOS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL CORREGIDOS DE LA ESTACION PAMPAHUASI

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1965	1974	108	43.14	65.97	4351.67
1975	1980	84	41.28	67.24	4521.36

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
66.53	9.68	0.19	0.05	190	1.645	Tc < Tt	NO

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ y $G.L.N. = n_1 - 1$
 $G.L.D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ y $G.L.N. = n_2 - 1$
 $G.L.D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
0.96	0.05	107	83	1.301	Fc < Ft	NO

ANALISIS DE TENDENCIA

n = 384
 Tm = 36.62
 t = 192.50
 STm = 43.65
 St = 111.00
 Tm*t = 7034.07

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
0.00	-0.001	36.86	0.06	382	1.645	Tc < Tt	No

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 32
 Tm = 41.76
 t = 16.50
 STm = 15.08
 St = 9.38
 Tm*t = 702.59

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
0.10	0.154	39.22	0.53	30	1.697	Tc < Tt	No

De este análisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente iguales y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente iguales, por lo tanto no necesita una corrección por salto.

Tabla II - 7

ANALISIS ESTADISTICO DE LA ESTACION CCECCAÑA PERIODO 1965 - 1980

Se plantea la hipótesis de que existe un salto en el año de 1973, para lo cual se relaja el análisis estadístico; es decir, el análisis de saltos y tendencias para los periodos citados

ANALISIS DE SALTOS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION DE LA ESTACION CCECCAÑA

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2	
1965	1973	108	63.20	94.48	8926.54
1974	1980	84	74.02	95.62	9143.35

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparac.	Diferencia Signific.
94.98	13.82	0.78	0.05	190	1.645	Tc < Tt	NO

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ $G.L.N. = n_1 - 1$
 $\vee G.L.D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ $G.L.N. = n_2 - 1$
 $\vee G.L.D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparac.	Diferencia Signific.
1.02	0.05	83	107	1.402	Fc > Ft	SI

ANALISIS DE TENDENCIA

n = 192
 Tm = 74.67
 t = 96.50
 STm = 118.23
 St = 55.57
 Tm*t = 7406.41

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparac.	Diferencia Signific.
0.03	0.065	68.40	0.42	190	1.645	Tc < Tt	No

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 16
 Tm = 98.54
 t = 8.50
 STm = 61.44
 St = 4.76
 Tm*t = 872.64

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparac.	Diferencia Signific.
0.12	1.547	85.39	0.45	14	1.697	Tc < Tt	No

De este análisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente diferentes y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente diferentes, por lo tanto se necesita una corrección por salto, la corrección para el primer periodo se realizará mediante la ecuación:

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

Donde: X't : Valor corregido de la información
 Xt: Valor a ser corregido

Tabla II - 8 - 2

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 1974, para lo cual se

ANALISIS DE SALTOS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL CORREGIDOS DE

PERIODO		N	MEDIA	DES.V. ESTANDA R	S(x)2
1993	2002	120	72.22	68.23	4655.09
2003	2006	48	73.03	67.56	4564.42

ANALISIS DE DATOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt(95%) Tabla	Comparc. Tc < Tt	Diferencia Signific.
68.04	11.62	-0.07	0.05	166	1.645	Tc < Tt	NO

CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$ y $G.L.N. = n_1 - 1$
 $G.L.D. = n_2 - 1$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$ Entonces $F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$ y $G.L.N. = n_2 - 1$
 $G.L.D. = n_1 - 1$

Fc Calculado	Alfa	G.L.N	G.L.D	Ft (95%) Tabla	Comparaci ón	Diferencia Signific.
1.02	0.05	119	47	1.301	Fc < Ft	NO

ANALISIS DE TENDENCIA

n = 384
 Tm = 36.62
 t = 192.50
 S_{Tm} = 43.65
 St = 111.00
 Tm*t = 7034.07

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparaci ón	Diferencia Signific.
0.00	-0.001	36.86	0.06	382	1.645	Tc < Tt	No

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 32
 Tm = 41.76
 t = 16.50
 S_{Tm} = 15.08
 St = 9.38
 Tm*t = 702.59

R	B	A	Tc Calculado	G.L	Ft (95%) Tabla	Comparaci ón	Diferencia Signific.
0.10	0.154	39.22	0.53	30	1.697	Tc < Tt	No

De este análisis se concluye que en la media de los datos reflejan que son estadísticamente iguales y en el análisis de la desviación estandar de los datos reflejan que también son estadísticamente iguales, por lo tanto no necesita una corrección por salto.

ANEXO III

**COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE
DATOS DE PRECIPITACIÓN DE LAS
ESTACIONES EN ESTUDIO: TABLAS III-1
AL III-8 Y FIGURAS III-1-AL III-8.**

Tabla III - 1

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL

(mm)

Estacion : PUQUIO Latitud : 14° 42'00" S Departamento : AYACUCHO
 Tipo : 157230 Longitud : 74° 00'00" W Provincia : LUCANAS
 Altitud : 3213 msnm Distrito : PUQUIO

Hoja N° 01

N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	48,80	129,20	53,20	8,50	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,40	12,13	45,29	305,52
2	1.966	42,90	53,90	47,70	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,60	23,20	29,50	229,30
3	1.967	204,40	374,40	147,10	59,40	35,00	0,00	5,70	0,00	7,60	7,27	12,13	27,40	880,40
4	1.968	115,60	57,10	120,60	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,50	44,70	50,90	425,20
5	1.969	28,60	81,60	146,50	39,30	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20	7,27	12,80	56,40	377,67
6	1.970	189,80	69,40	67,60	7,00	10,80	0,00	0,00	0,00	18,60	3,80	1,80	24,60	393,40
7	1.971	62,00	95,40	152,80	36,40	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	1,60	44,20	399,40
8	1.972	156,40	191,60	167,00	7,60	0,00	3,80	3,80	0,00	21,80	24,60	12,13	80,80	669,53
9	1.973	124,40	104,40	138,80	58,20	0,00	5,80	0,00	1,60	35,00	7,27	4,60	22,80	502,87
10	1.974	105,00	64,80	31,60	17,40	0,00	1,40	0,00	19,40	5,40	7,27	4,20	3,00	259,47
11	1.975	45,80	61,10	77,90	2,80	7,80	0,00	0,00	0,00	2,40	3,60	12,13	36,90	250,43
12	1.976	160,40	152,80	69,60	4,00	6,10	0,00	0,00	0,00	12,10	7,27	12,13	22,50	446,90
13	1.977	1,40	174,90	68,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,90	7,27	3,40	15,40	290,67
14	1.978	69,40	28,00	53,20	14,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,27	12,13	45,29	229,39
15	1.979	19,90	70,70	124,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,40	12,13	45,29	285,72
16	1.980	45,80	8,10	82,40	0,00	0,00	0,00	7,10	0,00	20,50	18,00	12,13	3,40	197,43
17	1.981	32,50	106,70	78,00	32,50	0,00	0,00	0,00	17,50	0,00	0,00	15,60	76,10	358,90
18	1.982	78,90	54,40	32,20	18,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,10	45,29	253,39
19	1.983	34,20	131,30	205,60	29,80	6,80	0,00	0,00	0,00	7,90	2,90	4,70	65,10	488,30
20	1.984	96,15	114,80	102,49	20,89	4,19	1,30	1,18	1,87	5,75	7,27	12,13	45,29	413,31
25	1.989	394,50	252,80	102,49	7,20	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00	9,60	12,13	45,29	828,41
26	1.990	33,80	15,40	50,30	3,80	17,20	10,60	0,00	0,00	12,00	2,40	12,13	89,70	247,33
27	1.991	72,80	29,80	107,40	21,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,60	4,40	45,29	292,69
28	1.992	5,86	73,99	61,24	12,81	0,64	0,42	0,00	0,65	0,84	2,17	2,40	16,94	177,96
29	1.993	150,18	135,02	146,25	46,68	2,46	0,42	0,00	2,44	0,84	17,35	12,80	83,35	597,79
30	1.994	160,24	197,95	104,43	12,81	11,58	9,31	0,00	0,65	0,84	2,17	2,40	43,31	545,69
31	1.995	111,82	84,25	131,98	12,81	0,64	0,42	0,00	0,65	1,48	2,17	39,98	58,34	444,54
32	1.996	84,55	176,37	78,04	47,99	0,64	0,42	0,00	1,47	2,55	2,17	4,82	16,94	415,96
33	1.997	74,68	108,62	94,06	12,81	0,64	0,42	0,00	7,02	16,13	5,62	6,06	90,18	416,24
34	1.998	191,80	115,30	86,60	1,30	0,00	10,30	0,00	0,00	0,00	0,00	33,40	79,80	518,50
35	1.999	64,40	229,10	84,00	17,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	16,80	0,60	22,20	436,10
36	2.000	187,20	129,20	140,90	16,50	7,20	0,00	0,00	4,00	0,00	12,60	4,60	77,80	580,00
37	2.001	107,00	145,60	136,10	43,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	5,70	5,40	5,10	449,20
38	2.002	98,30	142,20	132,50	33,40	3,80	5,50	13,80	2,80	5,20	7,60	37,50	23,10	505,70
39	2.003	46,00	71,50	80,80	12,50	12,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	12,13	45,80	282,33
40	2.004	57,00	89,40	94,90	58,70	0,00	0,00	14,60	6,90	14,30	0,00	5,20	70,60	411,60
41	2.005	42,00	74,60	45,70	22,00	0,00	0,00	0,00	1,40	13,90	3,60	12,13	87,70	303,03
42	2.006	87,30	167,40	122,50	13,30	0,00	1,30	0,00	4,20	0,00	0,00	16,00	51,00	463,00
N° Datos		42	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
Media		96,15	114,80	102,49	20,89	4,19	1,30	1,18	1,87	5,75	7,27	12,13	45,29	413,31
Desv. Estandar		72,07	69,08	54,08	17,63	7,24	2,83	3,32	4,17	8,16	7,74	10,39	25,81	157,67
Coef. Variacion		74,95	60,17	52,77	84,40	172,84	218,39	280,33	223,10	141,95	106,42	85,65	56,99	38,15
Prec. Max.		394,50	374,40	318,30	59,40	35,00	10,60	14,60	19,40	35,00	34,50	44,70	90,18	880,40
Prec. Min.		1,40	8,10	22,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	3,00	177,96

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS : 14/06/2019 22:08

FIGURA III - 1

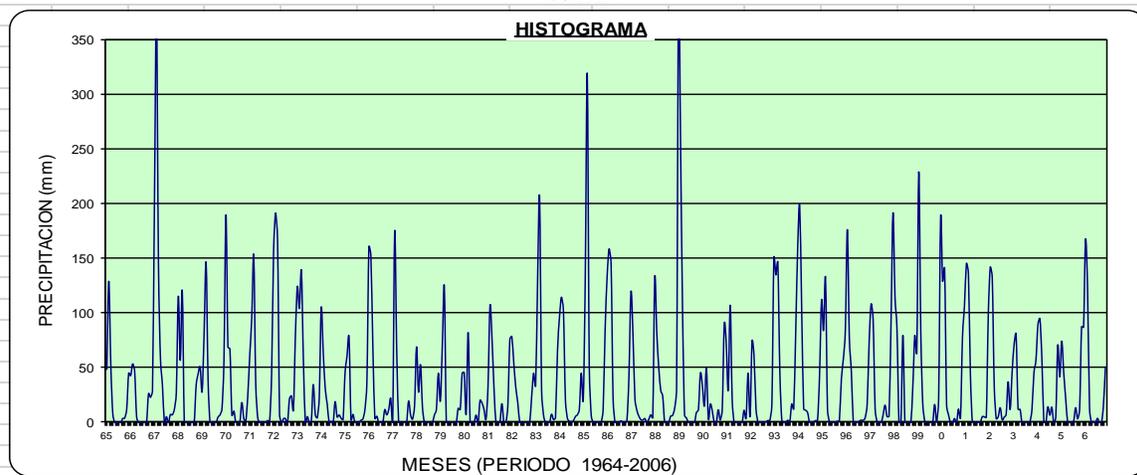


Tabla III - 2

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADO Y EXTENDIDO
(mm)

Estacion : LUCANAS Latitud : 14° 37' 00" S Departamento : AYACUCHO
 Codigo : 157206 Longitudo : 74° 14' 00" W Provincia : LUCANAS
 Altitud : 3400,00 msnm Distrito : LUCANAS

Hoja N° 02

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	65,60	212,60	247,30	42,50	43,00	15,20	13,70	32,00	14,00	7,00	2,00	13,30	708,20
2	1.966	135,80	144,00	178,00	85,40	6,50	0,00	0,00	0,00	2,10	15,75	9,50	28,50	605,55
3	1.967	56,20	95,40	118,00	77,20	30,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	51,30	447,70
4	1.968	119,36	36,10	158,29	45,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,20	9,90	10,30	391,74
5	1.969	24,00	131,00	259,00	144,60	0,00	0,00	0,00	0,00	20,40	27,50	17,00	33,00	656,50
6	1.970	181,20	192,20	391,70	45,59	0,00	0,00	0,00	0,00	20,40	27,50	17,00	3,00	878,59
7	1.971	80,70	143,70	149,80	69,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,75	19,20	10,50	489,25
8	1.972	15,90	54,00	109,10	0,80	0,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,90	0,20	3,00	185,40
9	1.973	115,30	157,70	151,60	96,70	6,20	4,30	0,00	0,00	5,32	0,00	31,60	39,50	608,22
10	1.974	309,80	177,40	174,40	63,70	0,00	0,00	0,00	3,23	0,00	15,75	19,20	36,80	800,28
11	1.975	152,40	117,60	178,10	9,20	28,40	20,10	2,10	0,00	0,50	11,50	1,00	57,60	578,50
12	1.976	244,90	139,80	124,70	3,00	2,00	0,00	2,30	0,00	5,32	11,40	27,60	35,00	596,02
13	1.977	21,70	278,00	181,70	3,00	2,00	0,00	2,30	0,00	5,32	11,40	27,60	35,00	568,02
14	1.978	88,40	56,50	81,40	30,30	0,00	0,00	0,00	5,20	2,10	15,60	43,20	17,20	339,90
15	1.979	135,20	49,50	192,10	4,50	1,50	0,00	3,80	11,40	0,00	28,10	2,70	22,00	450,80
16	1.980	135,20	39,30	119,30	0,00	0,00	0,10	9,30	3,00	10,80	42,60	19,20	30,70	409,50
17	1.981	136,90	185,60	211,30	50,80	0,00	0,00	0,00	3,23	0,00	15,50	23,80	128,00	755,13
18	1.982	81,70	160,30	61,60	33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,90	43,90	28,70	13,10	442,20
19	1.983	49,50	48,80	14,60	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,20	2,00	16,80	146,00
20	1.984	32,90	49,80	138,90	16,80	4,00	22,90	0,00	4,40	6,20	28,90	58,10	67,20	430,10
21	1.985	27,70	221,40	289,70	142,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	82,30	782,30
22	1.986	134,80	151,70	118,50	21,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	80,40	526,10
23	1.987	162,40	23,10	14,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,50	4,00	2,00	215,30
24	1.988	82,20	231,20	199,00	36,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	59,80	627,50
25	1.989	198,30	144,10	206,40	4,60	4,00	6,00	2,60	1,20	0,00	0,00	2,40	10,60	580,20
26	1.990	113,92	132,44	166,26	42,13	5,24	2,81	1,46	2,59	4,65	14,31	18,10	36,24	540,15
27	1.991	50,80	58,60	215,00	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,20	17,00	374,60
28	1.992	119,36	46,20	158,29	45,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,30	1,90	4,40	394,04
29	1.993	159,00	154,20	151,50	52,70	8,90	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	15,60	18,80	560,80
30	1.994	101,20	178,10	95,60	44,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,20	4,10	442,60
31	1.995	37,10	42,40	210,80	22,60	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	9,60	61,00	68,30	464,80
32	1.996	162,70	316,90	128,40	181,60	18,70	0,00	0,00	21,40	20,20	5,00	10,30	57,30	922,50
33	1.997	111,10	158,90	66,60	55,70	8,80	0,00	5,00	3,23	5,32	10,80	43,50	71,90	540,85
34	1.998	214,20	131,90	101,20	24,60	0,00	4,70	0,00	0,00	1,60	11,20	35,30	60,00	584,70
35	1.999	121,40	269,40	118,70	64,70	7,30	0,10	3,40	0,10	9,10	81,80	2,60	83,90	762,50
36	2.000	223,40	150,80	124,50	16,30	8,10	0,60	0,00	14,40	13,80	82,20	23,10	84,10	741,30
37	2.001	136,00	138,40	234,00	97,30	5,60	0,30	0,50	4,10	19,00	12,70	2,80	9,10	659,80
38	2.002	191,90	196,40	183,50	34,80	29,00	2,90	1,25	12,70	1,60	0,20	35,30	51,10	740,65
39	2.003	144,22	157,77	131,38	43,41	4,17	0,84	0,51	3,90	6,03	20,74	24,14	53,69	590,80
40	2.004	145,50	158,83	129,99	43,30	4,08	0,78	0,47	3,94	6,06	21,00	24,39	54,48	592,82
41	2.005	146,78	159,88	128,60	43,19	4,00	0,71	0,43	3,97	6,10	21,25	24,65	55,28	594,85
42	2.006	148,07	160,93	127,21	43,08	3,92	0,65	0,39	4,01	6,14	21,51	24,90	56,07	596,88
Nº Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		121,78	139,35	155,72	45,29	5,63	1,98	1,18	3,29	5,38	16,23	19,68	39,83	555,32
Desv. Estandar		64,76	70,27	69,75	40,69	9,83	5,16	2,67	6,44	6,76	18,56	14,54	29,04	172,37
Coef. Variacion		53,17	50,43	44,79	89,85	174,76	261,09	226,40	196,04	125,63	114,38	73,89	72,93	31,04
Prec. Max.		309,80	316,90	391,70	181,60	43,00	22,90	13,70	32,00	20,40	82,20	61,00	128,00	922,50
Prec. Mn.		15,90	23,10	14,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	2,00	146,00

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS : 14/06/2019 22:08

FIGURA III - 2

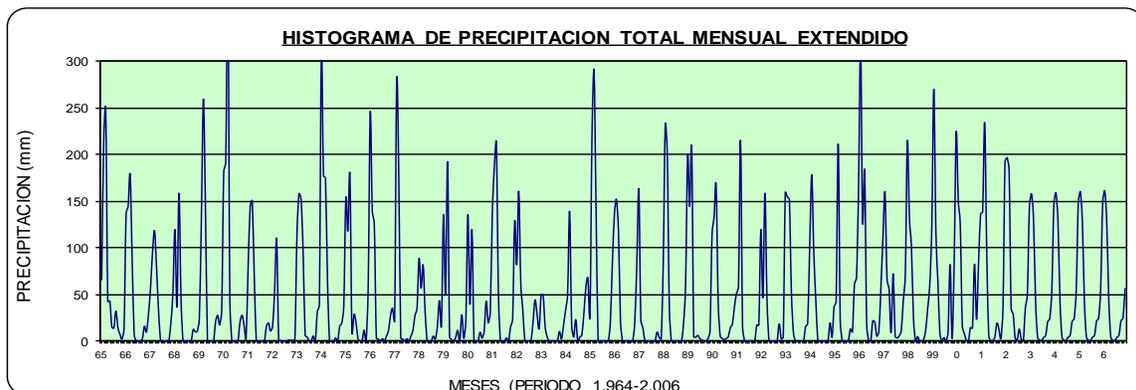


Tabla III - 3

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADO Y EXTENDIDO
(mm)

Estacion : PAUCA CORRAL Latitud : 14°40'00" S Departamento : AYACUCHO
 Codigo : 157210/DRE-05 Longitud : 74°05'00" W Provincia : LUCANAS
 Altitud : 4060 msnm Distrito : PUQUIO

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	27,50	144,30	76,20	8,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,50	283,90
2	1.966	55,50	68,40	161,10	0,00	10,50	0,00	0,00	0,00	3,40	26,00	37,10	67,60	429,60
3	1.967	153,00	363,00	230,60	140,60	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	5,20	896,40
4	1.968	215,90	78,30	193,90	0,00	14,40	0,00	0,00	0,00	8,70	5,40	10,90	30,20	557,70
5	1.969	30,00	128,80	138,60	49,70	0,00	0,00	0,00	0,00	5,30	0,00	17,60	43,00	413,00
6	1.970	465,80	52,00	115,30	6,80	5,40	0,00	0,00	0,00	33,40	5,80	0,00	5,80	690,30
7	1.971	58,60	145,10	174,40	45,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,90	493,60
8	1.972	202,50	137,10	404,80	27,20	0,00	0,00	3,40	0,00	12,00	30,60	16,10	77,90	911,60
9	1.973	105,60	75,00	73,80	36,60	0,00	0,00	0,00	6,90	20,80	0,00	6,40	31,90	357,00
10	1.974	196,10	140,70	268,30	62,30	0,00	0,00	0,00	54,20	5,40	0,00	17,00	14,30	758,30
11	1.975	111,90	133,60	232,70	8,50	19,90	0,00	0,00	0,00	0,00	4,60	0,00	60,20	571,40
12	1.976	133,60	214,00	172,50	7,50	12,70	0,00	0,00	0,00	87,30	0,00	0,00	9,40	637,00
13	1.977	4,60	174,90	68,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,70	0,00	11,70	11,40	275,60
14	1.978	89,53	98,47	105,51	17,97	2,88	0,00	0,14	2,81	8,45	3,30	5,33	20,74	355,13
15	1.979	107,85	118,63	127,10	21,65	3,47	0,00	0,17	3,38	10,18	3,98	6,42	24,98	427,81
16	1.980	89,70	38,60	134,00	0,00	0,00	0,00	17,20	0,00	21,00	47,30	0,00	22,50	370,30
17	1.981	123,40	252,70	40,80	58,60	0,00	0,00	0,00	17,90	0,00	0,00	21,90	143,20	658,50
18	1.982	135,70	155,00	106,80	27,30	0,00	0,00	0,00	0,00	22,70	48,90	47,10	12,90	556,40
19	1.983	38,90	70,20	57,50	22,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,20	231,50
20	1.984	122,20	165,50	109,60	0,00	0,00	0,00	5,70	5,70	9,10	27,30	25,90	36,60	507,60
21	1.985	141,13	132,00	222,80	54,30	23,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,30	665,93
22	1.986	112,10	224,90	262,20	4,80	8,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	139,20	751,80
23	1.987	101,69	111,86	119,85	20,41	3,27	0,00	0,16	3,19	9,60	3,75	6,05	23,56	403,39
24	1.988	137,30	185,40	172,36	42,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,90	0,00	130,00	680,56
25	1.989	249,70	224,20	268,80	72,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,80	11,63	47,40	892,73
26	1.990	141,13	158,28	70,80	0,00	27,90	0,00	0,00	19,90	0,00	0,00	57,20	115,80	591,01
27	1.991	127,50	73,80	203,40	23,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	428,20
28	1.992	72,80	80,07	85,79	14,61	2,34	0,00	0,12	2,28	6,87	2,69	4,33	16,86	288,76
29	1.993	141,13	158,28	172,36	11,80	5,80	0,79	0,97	0,00	11,90	5,30	0,00	27,20	535,53
30	1.994	201,80	206,20	264,50	25,20	14,20	21,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	733,10
31	1.995	77,10	23,30	87,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,30	4,80	42,50	31,60	273,20
32	1.996	52,30	107,60	42,10	66,40	0,00	0,00	0,00	3,50	5,80	0,00	2,60	32,00	312,30
33	1.997	117,64	148,62	157,46	19,37	4,00	0,11	0,00	14,06	16,38	6,57	6,38	82,93	573,52
34	1.998	212,01	156,34	151,38	6,81	3,87	7,92	0,00	0,63	0,00	3,36	27,87	74,55	644,73
35	1.999	109,36	287,88	149,26	24,49	4,18	0,00	0,00	0,63	0,00	12,94	2,09	28,06	618,88
36	2.000	208,30	172,41	195,68	23,40	5,35	0,00	0,00	8,28	0,00	10,55	5,23	72,94	702,13
37	2.001	143,68	191,36	191,76	53,08	3,87	0,00	0,00	0,63	5,52	6,61	5,86	14,26	616,64
38	2.002	136,67	187,43	188,83	41,84	4,65	4,13	18,56	5,99	8,73	7,69	31,09	28,79	664,39
39	2.003	94,53	105,71	146,65	19,03	6,42	0,00	0,00	0,63	0,00	4,05	11,15	47,11	435,28
40	2.004	103,40	126,40	158,15	69,45	0,00	0,00	19,63	13,83	0,00	3,36	5,71	67,13	567,06
41	2.005	91,31	109,29	118,01	29,40	0,00	0,00	0,00	3,31	14,82	5,41	11,15	80,93	463,63
42	2.006	127,81	216,56	180,67	19,90	0,00	0,80	0,00	8,66	0,00	3,36	14,19	51,31	623,27
Nº Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		127,82	146,24	157,20	28,19	4,45	0,83	1,57	4,20	8,15	7,51	11,15	46,70	544,02
Desv. Estandar		76,57	67,72	73,66	27,75	6,80	3,50	4,86	9,40	14,71	11,92	14,27	37,44	41,48
Coef. Variacion		59,91	46,31	46,86	98,45	152,70	420,28	308,79	223,77	180,43	158,78	127,95	80,17	533,66
Prec. Max.		465,80	363,00	404,80	140,60	27,90	21,20	19,63	54,20	87,30	48,90	57,20	143,20	39,80
Prec. Min.		4,60	23,30	40,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	519,65

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS :

FIGURA III - 3

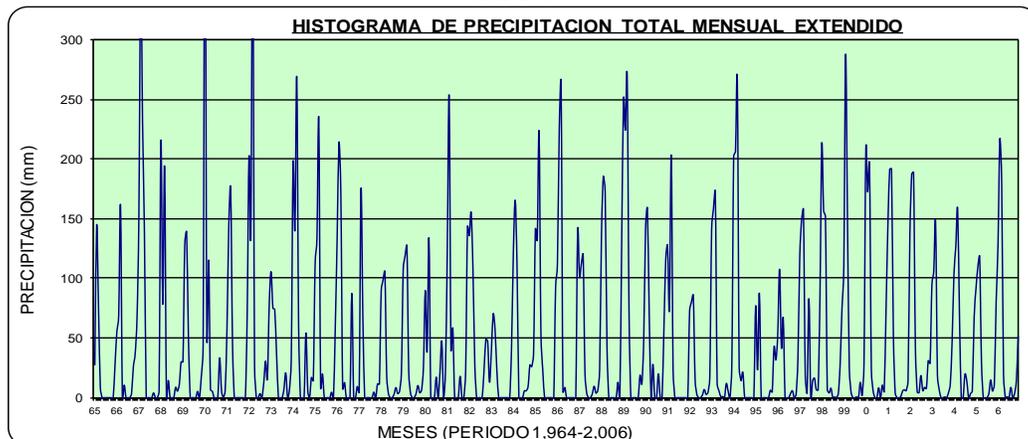


Tabla III - 4

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADO Y EXTENDIDO
(mm)

Estacion : PAMPAMARCA Latitud : 14°14'00" S Departamento : AYACUCHO
 Codigo : 157207/DRE-05 Longitud : 74°12'00" W Provincia : LUCANAS
 Altitud : 3.400,00 msnm Distrito : AUCARA

Hoja N° 01

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	72,33	71,70	58,06	22,68	9,42	8,03	4,75	9,33	14,22	18,73	16,34	36,32	341,92
2	1.966	60,44	54,77	44,42	11,05	37,27	2,19	2,19	2,19	5,74	22,60	37,83	41,66	322,36
3	1.967	113,01	115,07	97,92	22,74	7,37	5,45	9,63	16,65	25,93	22,03	9,70	26,57	472,08
4	1.968	106,42	99,05	171,33	15,59	47,75	29,33	4,04	13,46	15,32	74,89	2,90	29,47	609,55
5	1.969	39,32	85,87	90,62	10,13	2,19	8,29	4,18	4,67	4,39	11,83	19,20	32,80	313,51
6	1.970	74,82	67,52	66,53	29,62	26,43	3,61	4,60	2,19	16,72	9,21	16,51	47,97	365,73
7	1.971	49,24	118,89	78,93	12,11	2,76	2,19	2,19	3,26	3,12	10,34	3,04	79,07	365,16
8	1.972	143,27	112,52	119,96	25,43	3,89	2,19	2,69	3,19	32,59	66,67	17,29	60,37	590,05
9	1.973	78,65	73,40	84,46	18,07	4,67	15,51	6,30	15,16	51,08	9,63	36,49	27,70	421,14
10	1.974	310,20	75,95	50,38	33,37	10,06	4,67	5,74	30,89	13,81	2,19	12,75	42,65	592,68
11	1.975	109,40	110,80	161,50	1,60	15,50	1,90	0,00	0,00	15,70	11,60	2,80	63,20	494,00
12	1.976	125,50	137,60	62,10	4,80	15,10	0,00	17,40	18,40	70,10	0,00	10,70	47,10	508,80
13	1.977	27,70	144,20	81,30	19,60	2,20	0,00	21,40	0,00	25,50	9,80	36,70	28,30	396,70
14	1.978	146,60	14,30	58,80	32,70	0,00	0,00	0,00	6,80	6,50	10,50	29,20	33,90	339,30
15	1.979	32,60	20,40	82,80	8,10	6,40	0,00	4,80	4,70	4,10	26,40	13,20	31,80	235,30
16	1.980	62,90	50,50	111,00	9,70	4,00	3,90	20,10	7,50	14,00	58,70	4,90	34,10	381,30
17	1.981	101,80	148,50	44,20	74,00	1,00	0,00	0,00	55,30	13,70	14,00	31,30	93,90	577,70
18	1.982	94,60	64,40	25,20	40,90	0,00	9,20	0,00	7,30	22,60	35,00	39,60	20,40	359,20
19	1.983	24,90	54,10	51,90	23,60	15,20	6,60	0,00	6,80	63,55	34,50	7,40	47,30	335,85
20	1.984	94,60	252,00	137,50	91,10	1,50	33,70	0,70	31,80	6,70	26,20	63,60	55,50	794,90
21	1.985	16,10	165,00	34,10	85,20	26,90	28,90	1,10	1,60	25,90	88,00	17,70	27,50	518,00
22	1.986	151,20	196,80	71,60	37,90	12,30	0,00	17,30	8,60	21,00	0,00	0,00	46,60	563,30
23	1.987	132,10	34,90	23,30	30,60	8,20	3,43	2,90	13,00	0,00	23,10	17,90	23,80	313,23
24	1.988	165,60	71,50	28,40	69,30	0,00	0,00	0,00	0,00	13,60	30,20	0,60	70,60	449,80
25	1.989	105,80	174,00	89,70	52,10	18,90	3,90	1,30	12,90	4,00	17,90	2,50	2,10	485,10
26	1.990	67,40	14,70	43,20	4,20	15,30	43,80	0,00	8,60	0,00	26,60	62,70	96,50	383,00
27	1.991	67,30	63,70	98,40	12,40	14,70	20,50	0,00	2,30	12,70	7,90	19,70	37,00	356,60
28	1.992	66,20	83,00	71,01	2,50	0,00	8,30	0,00	16,00	0,00	23,70	32,00	24,60	327,31
29	1.993	132,00	41,60	66,20	50,50	13,20	29,50	1,20	16,60	4,70	31,60	36,30	124,60	548,00
30	1.994	131,90	153,10	85,50	26,00	1,30	9,60	3,50	0,00	15,70	1,90	10,10	83,50	522,10
31	1.995	70,10	61,00	88,90	32,70	0,00	0,00	0,00	5,40	15,30	11,60	20,60	54,40	360,00
32	1.996	69,80	152,80	102,80	44,60	0,00	0,00	0,00	15,20	8,50	4,10	22,30	60,10	480,20
33	1.997	91,93	95,79	76,91	29,19	9,53	8,24	3,90	11,69	20,18	22,46	18,02	50,59	438,45
34	1.998	109,17	97,47	76,35	28,18	4,68	8,82	0,00	10,29	15,26	20,69	29,59	50,00	450,50
35	1.999	90,42	125,95	76,16	29,60	9,48	0,00	0,00	7,40	15,26	25,97	15,71	46,72	442,68
36	2.000	108,49	100,94	80,43	29,52	10,36	0,00	0,00	11,09	15,26	24,65	17,40	49,89	448,04
37	2.001	96,69	105,05	80,07	31,91	4,68	8,35	3,55	7,40	15,45	22,48	17,74	45,74	439,11
38	2.002	95,41	104,20	79,80	31,00	9,71	7,85	12,70	10,85	16,85	23,08	31,32	46,77	469,54
39	2.003	87,71	86,50	75,92	29,17	11,11	7,78	3,55	7,40	15,26	21,07	20,59	48,06	414,12
40	2.004	89,33	90,98	76,98	33,22	4,68	0,00	13,24	11,67	19,62	20,69	17,65	49,48	427,54
41	2.005	87,12	87,28	73,28	30,00	4,68	0,00	0,00	10,57	19,50	21,82	20,59	50,45	405,29
42	2.006	93,79	110,51	79,05	29,24	4,68	0,00	0,00	11,13	15,26	20,69	22,22	48,36	434,93
Nº Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		95,09	97,34	77,55	29,90	9,45	7,76	4,17	10,46	17,02	22,98	20,59	48,03	440,34
Desv. Estandar		48,80	49,16	31,45	20,60	10,14	10,64	5,89	10,03	14,74	18,78	14,51	22,61	104,27
Coef. Variacion		51,32	50,51	40,56	68,88	107,20	137,14	141,29	95,86	86,63	81,74	70,48	47,07	23,68
Prec. Max.		310,20	252,00	171,33	91,10	47,75	43,80	21,40	55,30	70,10	88,00	63,60	124,60	794,90
Prec. Min.		16,10	14,30	23,30	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	235,30

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS : 14/06/2019 22:08

FIGURA III - 4

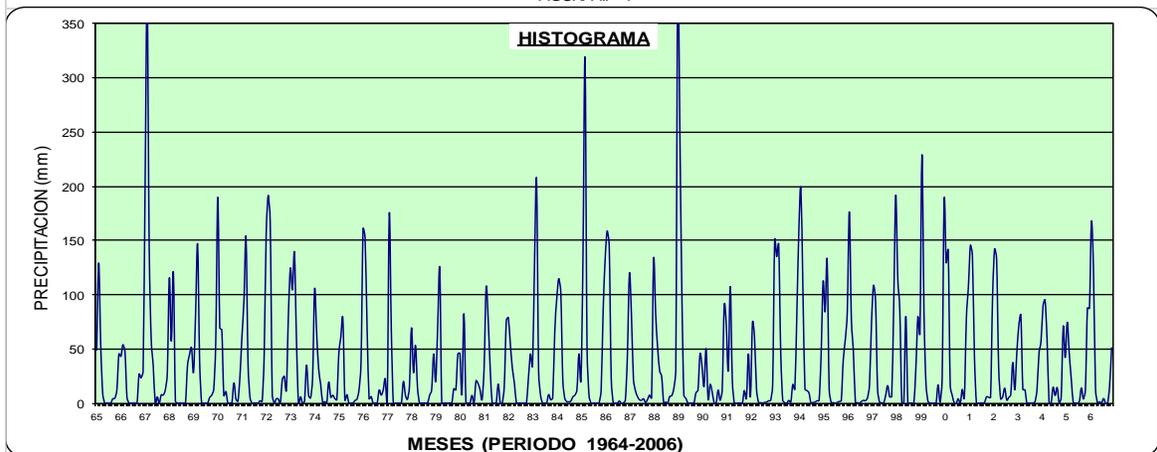


Tabla III - 5

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADO Y EXTENDIDO
(mm)

Estacion : **ANDAMARCA** Latitud : 14°23'00" S Departamento : AYACUCHO
 Tipo : **CP-747** Longitud : 73°58'00" W Provincia : LUCANAS
 Altitud : 3.490 msnm Distrito : CARMEN SALCEDO

Hoja Nº 03

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	24,40	165,60	64,60	5,70	11,49	0,00	0,00	10,00	47,50	25,80	3,50	62,90	421,49
2	1.966	76,20	90,80	177,10	10,20	43,00	0,00	2,40	0,00	4,80	47,00	27,70	40,20	519,40
3	1.967	211,30	153,00	168,50	46,00	6,00	0,00	18,50	11,30	22,20	9,90	2,40	14,60	663,70
4	1.968	117,70	64,10	165,30	4,70	19,90	24,10	0,00	13,30	4,30	14,50	50,40	94,90	573,20
5	1.969	36,00	66,00	80,30	4,50	4,00	0,00	0,00	5,00	21,30	20,11	42,90	85,60	365,71
6	1.970	116,90	73,00	81,10	50,00	11,60	0,00	0,00	0,00	31,20	13,50	33,80	62,30	473,40
7	1.971	84,10	115,80	145,40	60,80	1,10	1,00	0,00	0,00	4,50	10,80	1,20	102,60	527,30
8	1.972	79,10	185,10	207,80	16,40	8,40	1,60	0,00	3,00	13,00	34,70	3,80	33,80	586,70
9	1.973	72,60	95,10	125,61	23,50	11,49	0,00	0,00	0,00	21,01	16,80	18,20	88,50	472,81
10	1.974	89,19	107,44	125,61	23,85	11,49	0,00	0,00	12,10	14,70	3,70	29,00	41,10	458,18
11	1.975	121,00	98,80	132,70	3,00	35,20	0,00	0,00	0,00	8,60	13,40	3,90	109,30	525,90
12	1.976	139,90	164,00	102,00	24,20	19,00	0,00	0,00	29,20	80,40	20,11	1,00	34,10	613,91
13	1.977	14,50	203,10	79,60	19,90	1,20	0,00	0,00	0,00	13,40	14,00	47,60	20,90	414,20
14	1.978	115,40	25,30	62,30	16,50	0,00	0,00	0,00	9,20	10,80	11,00	25,70	31,80	308,00
15	1.979	26,10	76,00	141,90	7,10	0,00	1,20	3,00	4,55	5,10	20,80	6,60	55,40	347,75
16	1.980	102,60	35,90	149,90	36,50	0,00	2,90	5,80	2,70	33,40	45,70	1,20	33,50	450,10
17	1.981	84,67	161,14	81,09	30,21	0,00	0,00	0,00	6,03	10,57	14,12	30,51	86,71	505,04
18	1.982	87,92	117,99	104,32	23,46	0,00	0,00	0,00	0,00	27,46	51,03	52,01	43,38	507,56
19	1.983	62,29	80,53	86,97	22,47	0,00	0,00	0,00	0,00	10,57	14,12	11,83	64,71	353,49
20	1.984	84,35	122,62	105,30	17,58	0,00	0,00	3,40	5,90	17,34	34,73	33,92	62,15	487,30
21	1.985	89,36	107,83	215,52	29,28	40,39	0,06	0,00	0,00	10,57	14,12	11,83	78,80	597,76
22	1.986	108,15	193,03	194,19	18,61	17,97	0,12	0,00	0,00	10,57	14,12	11,83	86,20	654,79
23	1.987	78,92	98,93	108,91	21,98	9,89	0,39	1,65	5,88	17,71	16,95	16,99	54,22	432,42
24	1.988	88,35	131,41	127,39	26,76	0,00	0,00	0,00	0,00	10,57	23,86	11,83	84,97	505,13
25	1.989	118,11	148,55	161,33	33,14	0,00	0,00	0,00	0,00	10,57	28,31	21,75	66,80	588,56
26	1.990	89,36	119,44	91,65	17,58	47,21	0,25	0,00	6,05	10,57	14,12	60,62	82,88	539,73
27	1.991	85,75	82,12	138,31	22,64	4,93	0,00	0,00	0,00	10,57	14,12	11,83	0,00	370,28
28	1.992	71,27	84,89	96,92	20,73	8,48	0,45	1,65	5,87	15,68	16,15	15,52	48,20	385,81
29	1.993	89,36	119,44	127,39	20,12	13,72	0,25	1,70	0,00	19,42	18,12	11,83	56,81	478,16
30	1.994	105,43	140,60	159,81	23,01	26,45	0,00	0,00	0,00	10,57	14,12	11,83	0,00	491,82
31	1.995	72,41	59,81	97,56	17,58	0,00	0,00	0,00	0,00	15,26	17,75	48,08	59,51	387,95
32	1.996	85,66	85,66	125,42	31,89	0,00	0,00	0,00	5,88	13,17	14,12	14,05	59,73	435,58
33	1.997	82,76	110,83	123,02	20,89	9,86	0,26	0,25	5,66	22,91	18,97	16,47	73,54	485,42
34	1.998	113,18	113,24	120,46	17,89	0,00	0,00	0,00	3,82	14,18	16,26	38,65	70,11	507,80
35	1.999	80,09	154,32	119,56	22,11	9,76	0,27	0,00	0,00	14,18	24,34	12,04	51,13	487,79
36	2.000	111,98	118,26	139,13	21,85	11,53	0,27	0,00	4,87	14,18	22,32	15,28	69,45	529,13
37	2.001	91,16	124,18	137,48	28,94	0,00	0,00	0,23	0,00	14,51	19,00	15,93	45,49	476,92
38	2.002	88,90	122,95	136,24	26,25	10,21	0,23	19,75	4,56	17,00	19,92	41,97	51,42	539,39
39	2.003	75,31	97,44	118,46	20,81	13,05	0,26	0,23	0,00	14,18	16,84	21,39	58,91	436,88
40	2.004	78,17	103,90	123,31	32,85	0,00	0,00	20,88	5,63	21,92	16,26	15,77	67,08	485,77
41	2.005	74,27	98,56	106,40	23,28	0,00	0,00	0,00	4,19	21,71	17,99	21,39	72,72	440,51
42	2.006	86,04	132,05	132,80	21,01	0,00	0,00	0,00	4,92	14,18	16,26	24,53	60,62	492,43
Nº Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		88,34	113,07	125,92	22,99	9,70	0,80	1,89	4,04	17,29	19,76	21,39	58,74	483,93
Desv. Estandar		32,31	39,29	35,72	11,43	12,51	3,72	5,15	5,50	12,94	9,86	15,72	25,03	42,00
Coef. Variacion		36,58	34,75	28,37	49,70	128,99	465,26	272,10	136,25	74,82	49,91	73,49	42,60	473,90
Prec. Max.		211,30	203,10	215,52	60,80	47,21	24,10	20,88	29,20	80,40	51,03	60,62	109,30	40,90
Prec. Min.		14,50	25,30	62,30	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,30	3,70	1,00	0,00	457,67

FUENTE : SENAMH

DATE & HOUR OF PROCESS :

FIGURA III - 5

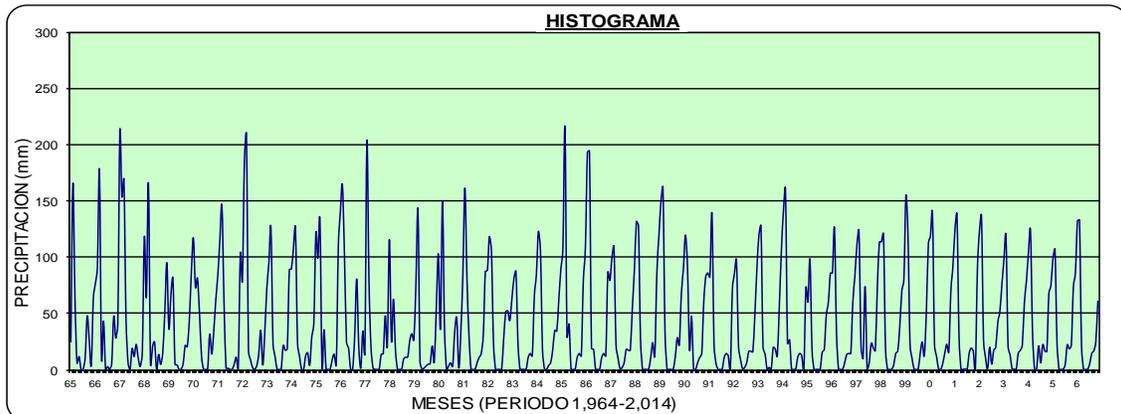


Tabla III - 6

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADO Y EXTENDIDO

(mm)

ESTACION: PAMPAHUASI LAT: 14°30'00" S Departamento: AYACUCHO
 TIPO: 157205/DRE-05 LONG: 74°15'00" W Provincia: LUCANAS
 CUENCA: APURIMAC ALT: 3.650 msnm Distrito: LUCANAS

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	122,22	91,16	123,31	20,65	5,86	0,00	0,00	0,00	2,67	7,61	11,35	33,04	417,87
2	1.966	47,79	64,77	84,34	6,72	17,17	0,00	0,00	0,00	4,12	43,94	32,82	20,88	322,55
3	1.967	174,72	318,70	256,42	40,82	7,46	0,00	0,00	0,00	2,67	15,32	0,00	8,42	824,54
4	1.968	311,81	43,57	131,27	8,65	15,69	0,00	0,00	0,00	5,98	25,25	33,26	52,91	628,38
5	1.969	34,45	106,59	165,08	74,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	47,42	38,67	466,96
6	1.970	140,10	58,62	79,82	20,66	41,93	0,00	0,00	0,00	16,80	11,24	7,31	27,40	403,88
7	1.971	64,25	104,51	83,53	34,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,86	0,00	82,19	372,01
8	1.972	137,13	108,36	215,87	8,72	0,00	0,00	0,00	0,00	15,10	21,55	11,91	98,73	617,36
9	1.973	143,43	110,29	124,45	70,26	0,00	0,00	0,00	0,00	12,57	0,00	16,43	18,65	496,09
10	1.974	256,00	98,00	71,80	70,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,00	42,80	564,60
11	1.975	199,60	101,70	144,50	0,00	63,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,30	3,20	86,10	625,40
12	1.976	256,10	179,40	162,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	7,70	0,00	0,00	20,00	626,80
13	1.977	8,30	144,00	294,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,00	3,00	30,50	20,00	534,60
14	1.978	103,50	47,70	51,50	45,20	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,30	40,80	19,00	347,00
15	1.979	172,99	59,70	148,40	2,00	0,00	2,20	0,00	0,00	0,00	6,50	0,00	15,60	407,39
16	1.980	112,00	36,00	140,00	0,00	16,04	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	52,70	361,74
17	1.981	104,64	104,10	131,45	41,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	3,18	18,11	64,84	469,28
18	1.982	136,07	65,98	105,02	27,36	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	3,18	22,47	46,26	407,57
19	1.983	105,79	122,03	205,07	38,97	11,70	0,00	0,00	0,00	5,48	5,41	12,53	58,21	565,19
20	1.984	147,76	110,00	145,58	29,82	10,55	0,00	0,00	0,00	4,32	8,77	16,34	46,26	519,40
21	1.985	97,25	124,51	270,10	62,40	11,70	0,00	0,00	0,00	1,22	3,49	16,34	70,39	657,38
22	1.986	172,79	142,07	170,34	31,78	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	3,18	11,55	44,94	577,88
23	1.987	163,51	86,17	99,37	20,07	11,60	0,00	0,00	0,00	1,49	5,72	13,91	21,79	423,62
24	1.988	172,39	86,90	115,93	38,97	19,62	0,00	0,00	0,00	4,51	8,41	16,94	37,83	501,49
25	1.989	349,89	210,58	145,58	15,76	10,29	0,00	0,00	0,00	1,22	10,56	16,34	46,26	806,48
26	1.990	105,52	37,56	115,46	12,26	16,26	0,00	0,00	0,00	7,70	5,03	16,34	73,04	389,17
27	1.991	131,94	48,06	148,41	30,34	8,24	0,00	0,00	0,00	1,22	12,10	12,37	46,26	438,95
28	1.992	86,59	80,26	121,78	21,52	8,54	0,00	0,00	0,00	1,67	4,85	11,35	29,17	365,72
29	1.993	184,37	124,74	170,83	56,31	9,39	0,00	0,00	0,00	1,67	16,53	16,68	69,21	649,73
30	1.994	191,18	170,60	146,70	21,52	13,64	0,00	0,00	0,00	1,67	4,85	11,35	45,07	606,58
31	1.995	158,38	87,74	162,59	21,52	8,54	0,00	0,00	0,00	2,02	4,85	30,61	54,13	530,38
32	1.996	139,90	154,88	131,47	57,66	8,54	0,00	0,00	0,00	2,59	4,85	12,59	29,17	541,65
33	1.997	133,21	105,50	140,71	21,52	8,54	0,00	0,00	0,00	9,93	7,50	13,22	73,33	513,47
34	1.998	212,56	110,37	136,41	9,69	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	3,18	27,24	67,07	567,74
35	1.999	126,25	193,31	134,91	26,34	8,64	0,00	0,00	0,00	1,22	16,10	10,43	32,34	549,53
36	2.000	209,45	120,50	167,74	25,31	11,41	0,00	0,00	0,00	1,22	12,87	12,48	65,87	626,84
37	2.001	155,11	132,45	164,97	53,25	7,91	0,00	0,00	0,00	1,54	7,56	12,89	22,03	557,72
38	2.002	149,22	129,97	162,89	42,67	9,76	0,00	0,00	0,00	4,02	9,03	29,34	32,88	569,79
39	2.003	113,78	78,45	133,06	21,20	13,93	0,00	0,00	0,00	1,22	4,10	16,34	46,57	428,65
40	2.004	121,24	91,49	141,20	68,66	0,00	0,00	0,00	0,00	8,94	3,18	12,78	61,53	509,02
41	2.005	111,07	80,71	112,81	30,96	0,00	0,00	0,00	0,00	8,72	5,95	16,34	71,84	438,39
42	2.006	141,76	148,34	157,12	22,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	3,18	18,32	49,71	541,67
Nº Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		147,76	110,01	145,59	29,82	9,38	0,05	0,00	0,04	4,32	8,77	16,34	46,26	518,34
Desv. Estandar		65,81	52,66	48,75	21,01	11,80	0,34	0,00	0,23	6,26	8,71	10,81	21,67	113,92
Coef. Variacion		44,54	47,87	33,49	70,43	125,81	648,07	0,00	648,07	144,86	99,23	66,18	46,85	21,98
Prec. Max.		349,89	318,70	294,80	74,56	63,00	2,20	0,00	1,50	34,00	43,94	47,42	98,73	824,54
Prec. Min.		8,30	36,00	51,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,42	322,55

FUENTE : SENAMH

DATE & HOUR OF PROCESS :

FIGURA III - 6

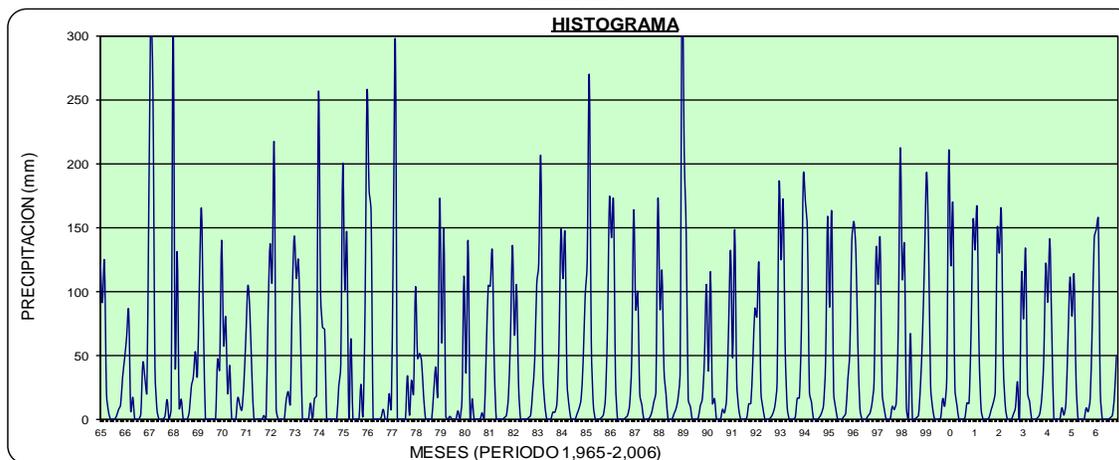


Tabla III - 7

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADO Y EXTENDIDO

(mm)

Estacion : **CCECCAÑA** Latitud : 14°36'00" S Departamento : AYACUCHO
 Tipo : **5/DRE-05** Longitud : 73°58'00" W Provincia : LUCANAS
 Altitud : 4100 msnm Distrito : PUQUIO

Hoja Nº 03

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	38,40	200,20	77,80	7,10	3,40	0,00	10,90	13,00	24,70	48,60	7,50	86,20	517,80
2	1.966	183,37	110,30	91,40	12,20	55,80	0,00	0,00	0,00	43,30	50,90	86,00	11,10	644,37
3	1.967	118,00	501,10	543,90	68,30	0,00	0,00	0,30	0,00	35,00	0,00	33,01	76,41	1.376,02
4	1.968	49,40	21,70	19,20	9,80	2,70	0,00	0,00	2,10	3,50	0,30	55,70	87,90	252,30
5	1.969	77,20	166,30	260,90	33,30	0,00	0,00	0,00	0,00	10,10	6,00	54,90	116,10	724,80
6	1.970	275,20	148,60	106,50	36,90	31,50	7,20	0,30	0,40	34,90	13,40	26,70	39,80	721,40
7	1.971	111,20	200,30	211,40	94,10	0,00	2,10	0,00	1,70	0,00	8,00	7,50	108,10	744,40
8	1.972	242,00	232,80	252,70	29,10	0,00	7,60	0,00	1,70	32,60	47,90	18,00	101,50	965,90
9	1.973	225,40	166,90	159,00	75,90	0,00	1,40	0,00	31,10	85,50	17,60	28,30	88,00	879,10
10	1.974	348,74	251,02	119,31	178,89	0,00	0,00	0,00	67,63	23,66	4,10	66,54	65,95	1.125,84
11	1.975	278,19	347,55	275,92	36,90	96,19	15,96	0,00	0,00	9,33	34,63	0,00	161,50	1.256,17
12	1.976	171,25	216,62	211,94	126,13	1,33	0,00	66,94	24,85	112,09	0,00	0,00	112,09	1.043,25
13	1.977	36,51	394,88	153,89	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	28,21	1,63	47,57	23,76	687,38
14	1.978	139,76	45,50	82,16	36,70	0,00	0,00	0,00	0,00	8,15	15,07	49,85	20,40	397,58
15	1.979	65,36	135,51	183,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,29	0,00	0,00	438,89
16	1.980	139,46	43,62	211,94	0,00	0,00	0,00	32,46	33,74	46,19	13,69	0,00	49,35	570,45
17	1.981	150,49	268,52	120,74	66,42	0,00	0,00	5,00	26,81	15,32	15,91	59,45	144,41	873,08
18	1.982	154,61	201,88	154,32	46,74	0,00	0,00	0,00	0,00	40,80	39,63	112,80	58,78	809,56
19	1.983	122,15	144,03	129,24	43,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,09	78,03	530,39
20	1.984	150,08	209,04	155,74	29,57	0,00	0,00	13,06	12,11	24,62	28,88	67,92	74,35	765,38
21	1.985	156,43	186,19	315,07	63,72	69,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	110,96	902,23
22	1.986	180,23	317,77	284,24	32,59	24,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	141,78	981,57
23	1.987	143,21	172,45	160,96	42,41	8,78	0,00	4,24	8,66	23,82	15,09	24,41	65,78	669,80
24	1.988	155,15	222,61	187,67	56,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,29	0,00	135,73	777,82
25	1.989	192,84	249,08	236,73	74,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,64	36,22	81,45	894,94
26	1.990	156,43	204,11	136,00	29,57	83,52	0,00	0,00	28,31	0,00	0,00	137,25	126,40	901,60
27	1.991	151,86	146,49	203,46	44,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,44	50,30	606,89
28	1.992	133,52	150,77	143,63	38,76	5,96	0,00	3,54	7,00	18,55	13,27	20,04	61,38	596,41
29	1.993	156,43	204,11	187,67	36,99	16,46	0,00	4,90	0,00	24,85	14,86	0,00	68,17	714,45
30	1.994	176,78	236,80	234,54	45,42	41,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,89	50,30	795,68
31	1.995	134,96	112,04	144,55	29,57	0,00	1,22	0,00	0,00	17,47	14,11	104,85	71,07	629,85
32	1.996	126,64	169,54	121,40	71,33	0,00	1,22	0,00	8,05	16,84	0,00	15,70	71,33	602,07
33	1.997	148,56	197,52	180,09	41,75	10,99	1,06	0,00	20,93	30,20	14,85	24,15	104,80	774,91
34	1.998	180,20	202,79	177,00	33,85	10,59	0,00	0,00	0,00	0,00	12,79	72,16	99,29	788,68
35	1.999	145,78	292,52	175,92	44,97	11,53	1,22	0,00	0,00	0,00	18,95	14,57	68,74	774,19
36	2.000	178,96	213,75	199,53	44,28	15,10	1,22	0,00	13,66	0,00	17,41	21,59	98,23	803,74
37	2.001	157,29	226,68	197,54	62,95	10,59	1,22	0,00	0,00	15,60	14,88	23,00	59,67	769,43
38	2.002	154,94	224,00	196,05	55,88	12,97	0,00	33,42	10,73	19,76	15,58	79,36	69,22	871,91
39	2.003	140,81	168,25	174,59	41,54	18,35	1,22	0,00	0,00	0,00	13,23	34,81	81,26	674,06
40	2.004	143,78	182,37	180,44	73,25	0,00	1,22	35,24	20,33	0,00	12,79	22,64	94,41	766,48
41	2.005	139,73	170,70	160,02	48,06	0,00	1,22	0,00	7,33	27,30	14,11	34,81	103,48	706,76
42	2.006	151,97	243,87	191,90	42,09	0,00	0,00	0,00	13,95	0,00	12,79	41,61	84,02	782,19
Nº Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		154,36	202,40	183,59	47,30	12,70	1,07	5,01	8,43	18,39	15,46	34,82	80,99	764,52
Desv. Estandar		59,42	86,46	81,61	32,58	23,39	2,86	13,26	13,75	23,34	14,85	33,65	35,27	42,00
Coef. Variacion		38,50	42,72	44,45	68,89	184,17	266,28	264,83	163,06	126,91	96,11	96,63	43,55	752,19
Prec. Max.		348,74	501,10	543,90	178,89	96,19	15,96	66,94	67,63	112,09	54,29	137,25	161,50	41,14
Prec. Mn.		36,51	21,70	19,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	718,74

FUENTE : SENAMH

DATE & HOUR OF PROCESS :

FIGURA III - 7

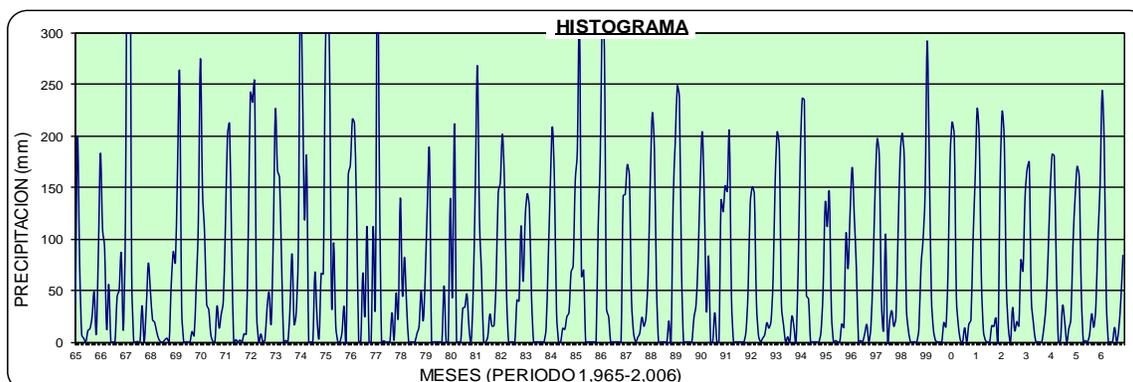


Tabla III - 8

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL COMPLETADO Y EXTENDIDO

(mm)

Estacion : **APACHETA** Latitud : 13°20'51" S Departamento : AYACUCHO
 Tipo : Longitud : 74°38'44" W Provincia : CANGALLO
 CODIGO : 19 Altitud : 4150 msnm Distrito : PARAS

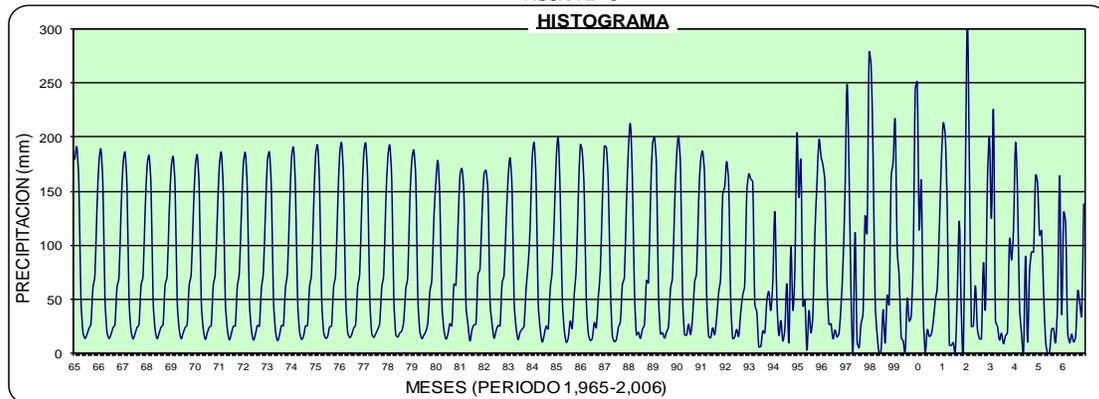
Hoja Nº 03

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	179,60	190,60	156,67	53,20	20,40	14,08	17,54	23,33	27,52	60,51	73,02	132,57	949,04
2	1.966	176,44	188,93	154,56	52,32	20,55	14,07	17,57	23,96	27,29	61,00	71,22	129,95	937,86
3	1.967	174,43	186,06	153,41	51,28	21,56	13,74	18,28	24,36	27,43	63,04	72,16	129,73	935,48
4	1.968	172,78	182,99	152,49	50,78	22,65	13,89	18,81	24,63	27,21	63,56	72,04	128,05	929,90
5	1.969	170,36	182,06	152,15	50,45	23,02	13,80	19,12	24,26	27,05	63,31	73,63	125,89	925,11
6	1.970	171,29	183,64	152,72	50,07	23,26	13,30	18,95	24,42	26,37	62,87	74,19	124,85	925,94
7	1.971	172,05	185,90	151,47	50,30	23,30	12,79	18,31	25,41	25,84	61,63	75,23	127,41	929,64
8	1.972	175,05	185,66	150,44	50,04	22,73	12,57	17,66	26,12	25,43	60,07	75,85	129,19	930,82
9	1.973	177,76	186,21	150,94	52,24	21,79	12,15	16,83	26,04	26,03	60,56	75,31	130,46	936,30
10	1.974	179,58	190,55	152,04	53,41	21,07	13,31	16,21	25,65	26,13	61,69	73,83	132,56	946,33
11	1.975	182,65	192,60	155,28	53,86	20,52	14,32	15,63	24,84	25,88	61,39	73,50	133,13	953,61
12	1.976	183,38	194,83	158,15	54,11	19,90	14,88	17,37	23,65	27,16	62,14	73,86	134,83	964,26
13	1.977	183,63	194,55	159,61	54,56	18,99	14,98	18,43	22,47	28,23	61,19	73,44	137,62	967,70
14	1.978	179,58	192,65	159,99	54,04	17,72	15,25	19,18	21,07	30,22	59,83	71,83	140,64	962,00
15	1.979	177,85	188,02	160,70	53,16	20,85	13,94	17,09	20,58	28,71	57,46	69,04	124,34	931,73
16	1.980	158,61	178,23	142,27	47,02	22,38	13,63	18,04	27,84	25,72	64,39	63,19	115,51	876,84
17	1.981	164,25	171,06	147,04	45,90	27,22	11,84	21,91	26,71	27,65	73,21	78,29	128,24	923,32
18	1.982	165,89	169,31	148,05	48,68	27,95	14,45	21,02	26,13	25,61	65,12	72,68	120,05	904,93
19	1.983	161,38	180,80	151,16	49,54	24,13	13,08	19,82	22,58	25,88	60,81	82,27	117,11	908,57
20	1.984	179,84	194,93	156,16	49,29	23,43	10,79	17,19	25,52	22,91	59,61	76,89	123,09	939,65
21	1.985	179,47	199,33	146,21	52,73	22,28	10,59	14,40	30,16	23,61	54,94	79,66	143,28	956,66
22	1.986	192,42	185,99	147,35	50,09	18,73	12,16	14,23	28,79	24,23	52,93	77,48	139,70	944,09
23	1.987	191,57	190,51	155,77	63,94	16,52	11,07	12,99	24,44	29,81	64,05	70,98	137,35	969,00
24	1.988	188,81	211,92	159,47	58,70	17,46	19,87	14,08	22,64	27,28	67,87	65,51	142,23	995,84
25	1.989	192,78	199,90	171,79	54,82	18,26	19,40	14,31	20,04	25,36	60,12	71,54	134,09	982,40
26	1.990	181,52	201,03	170,40	53,69	17,83	17,02	27,21	17,76	33,93	65,94	75,30	140,30	1.001,93
27	1.991	178,55	187,08	162,83	54,70	16,21	14,54	23,90	17,59	33,01	56,60	70,97	146,41	962,39
28	1.992	153,98	177,41	156,78	49,18	14,13	15,40	22,38	16,21	38,31	54,18	64,25	147,81	910,01
29	1.993	165,70	161,30	158,20	46,90	38,70	6,50	6,60	21,20	19,00	48,40	57,40	39,90	769,80
30	1.994	67,40	131,30	51,10	17,20	30,60	11,80	23,20	64,60	10,30	100,00	40,00	78,20	625,70
31	1.995	202,90	144,20	177,00	44,10	49,40	3,40	39,70	19,30	37,10	112,00	156,20	197,30	1.182,60
32	1.996	182,60	173,90	157,50	66,00	27,20	27,70	13,70	21,90	15,30	18,90	43,90	83,60	832,20
33	1.997	149,40	248,60	169,80	56,10	1,60	6,00	11,60	5,20	27,80	37,90	127,50	111,70	953,20
34	1.998	277,60	266,40	181,20	50,30	17,90	0,60	3,20	40,70	9,80	54,30	45,60	161,70	1.109,30
35	1.999	176,60	215,00	98,80	71,00	15,10	11,90	1,70	50,80	29,90	34,80	89,60	242,90	1.038,10
36	2.000	250,70	116,30	158,90	37,90	1,40	22,00	15,90	17,90	29,80	49,00	62,20	114,10	876,10
37	2.001	175,70	213,10	200,30	129,40	8,20	7,60	10,10	0,70	57,80	122,40	37,30	119,60	1.082,20
38	2.002	163,80	308,10	175,80	25,30	25,60	62,70	23,20	13,90	13,70	84,10	41,70	158,90	1.096,80
39	2.003	199,80	124,90	224,40	31,20	25,30	12,60	18,90	9,10	16,50	20,00	105,10	86,50	874,30
40	2.004	114,50	194,50	149,50	45,40	18,90	1,50	89,90	10,60	74,70	94,10	93,90	164,40	1.051,90
41	2.005	157,60	109,60	113,50	56,90	12,40	0,10	1,90	22,30	23,20	10,60	49,50	164,40	722,00
42	2.006	36,00	130,00	119,50	20,40	10,00	18,10	10,70	16,00	57,30	47,40	35,30	138,20	638,90
Nº Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		173,00	185,95	154,08	51,43	6,90	13,89	18,54	23,37	28,38	60,81	72,20	132,33	934,63
Desv. Estandar		36,92	35,73	25,59	16,08	0,20	9,34	13,07	10,42	11,63	20,80	21,73	30,79	42,00
Coef. Variacion		21,34	19,22	16,61	31,27	2,90	67,27	70,48	44,61	40,97	34,20	30,10	23,27	912,03
Prec. Max.		277,60	308,10	224,40	129,40	49,40	62,70	89,90	64,60	74,70	122,40	156,20	242,90	40,97
Prec. Mn.		36,00	109,60	51,10	17,20	1,40	0,10	1,70	0,70	9,80	10,60	35,30	39,90	889,20

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS :

FIGURA III - 8



ANEXO IV

**GENERACIÓN DE CAUDALES DEL AÑO
PROMEDIO Y DEL PERÍODO EXTENDIDO:
TABLAS IV – 1 AL IV – 13.**

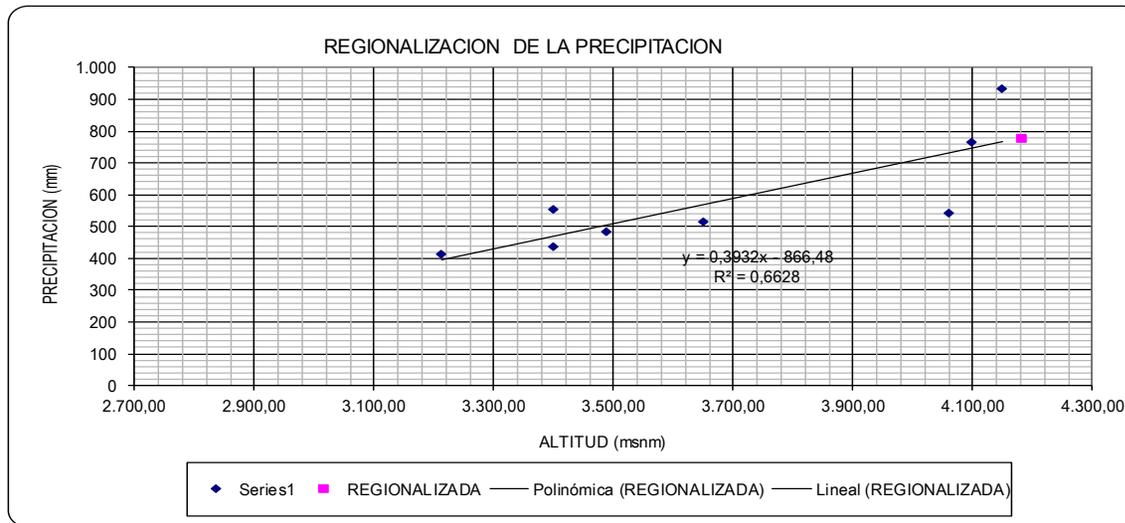
ANALISIS REGIONAL DE PRECIPITACION PARA CALCULO DE OFERTA HIDRICA
ECUACION DE REGRESION PRECIPITACION - ALTITUD

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD MEDIA msnm	PRECIPITACION MEDIA ANUAL mm	ECUACION DE REGRESION LINEAL				PRECIPITACION MEDIA ANUAL CORREGIDA mm	PRECIPITACION MEDIA ANUAL CALIBRADA mm	
			P = B ₀ + B ₁ * H						
			X ²	Y ²	X*Y ²	Y ⁴			
PUQUIO	3.213,00	413,00	1,03E+07	1,71E+05	5,48E+08	2,91E+10	396,94	404,97	
LUCANAS	3.400,00	555,00	1,16E+07	3,08E+05	1,05E+09	9,49E+10	470,47	512,74	
PAUCACORRAL	4.060,00	544,00	1,65E+07	2,96E+05	1,20E+09	8,76E+10	730,00	637,00	
PAMPAMARCA	3.400,00	440,00	1,16E+07	1,94E+05	6,58E+08	3,75E+10	470,47	455,24	
ANDAMARCA	3.490,00	484,00	1,22E+07	2,34E+05	8,18E+08	5,49E+10	505,86	494,93	
PAMPAHUASI	3.650,00	518,00	1,33E+07	2,68E+05	9,79E+08	7,20E+10	568,78	543,39	
APACHETA	4.150,00	934,63	1,72E+07	8,74E+05	3,63E+09	7,63E+11	765,39	850,01	
CCECCAÑA	4.100,00	765,00	1,68E+07	5,85E+05	2,40E+09	3,42E+11	745,73	755,36	
SUMA	29.463,00	4.653,63	109.462.069,00	2.929.466,93	11.276.579.412,51	1.481.452.238.876,83	4.653,63	4.653,63	
n	8	8	8	8	8	8	8	8	
PROMEDIO	3.682,88	581,70	1,37E+07	3,66E+05	1,41E+09	1,85E+11	581,70	581,70	
FORMULAS PARA EL CALCULO DE PARAMETROS DE REGRESION			VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION						
A= SUM X	2,95E+04	G = C-(A^2)/n	9,54E+05	COEF. INDEPENDIENTE		B ₀ =	-866,48		
B= SUM Y	4,65E+03	H = F-A*D/n	4,88E+08	COEF. DEPENDIENTE		B ₁ =	0,393		
C= SUM X^2	1,09E+08	I = F-(D^2)/n	4,09E+11	COEF. DE CORRELACION		r =	0,81		
D= SUM Y^2	2,93E+06	J = H/G	5,11E+02			r ^2=	0,66		
E= SUM X*Y^2	1,13E+10	K = (D-J*A)/n	-1,52E+06	PRECIP. MEDIA ANUAL EN LA MICROCUENCA					
F= SUM Y^4	1,48E+12			Item	Area colectora	Altitud media	Precipitacion media generada	Precipitacion media Calibrada	
				A1	Microcuenca Huancallima	4.181,92	777,94	777,94	
						4.181,92			

DATE & HOUR OF PROCESS :

14/06/2019 22:08

GRAFICO IV - 1



CUADRO IV - 2

ECUACIONES DE INFLUENCIA ENTRE ESTACIONES BASE Y ESTACION VIRTUAL EN LA MICROCUENCA HUANCALLIMA

VARIABLE	ESTACION	CUENCA	Latitud				Longitud				Altitud Media	Precipitac. Media	FACTOR INFLUENCIA ALTTUDINAL (ai)	FACTOR DE DISTANCIA ENTRE ESTACION BASE A ESTACIONES DE TRABAJO	FACTOR INFLUENCIA GEOGRAFICA (bi)	ECUACION DE INFLUENCIA ALTTUDINAL (ai)	
			°	'	"	CONVER	°	'	"	CONVER						x E _i +	
E ₁	PUQUIO	Cuenca de Acari	13	45	12,00	13,75	73	33	1,00	73,55	3.213,00	413,31	1,88	0,32	0,13	x E ₁ +	0,250
E ₂	LUCANAS	Cuenca de Acari	13	32	1,00	13,53	73	41	1,00	73,68	3.400,00	555,32	1,40	0,49	0,09	x E ₂ +	0,123
E ₃	PAUCACORRAL	Cuenca de Acari	13	39	29,00	13,66	73	25	55,00	73,43	4.060,00	544,02	1,43	0,21	0,20	x E ₃ +	0,292
E ₄	PAMPAMARCA	Cuenca de Pampas	13	31	1,00	13,52	73	22	1,00	73,37	3.400,00	440,34	1,77	0,24	0,18	x E ₄ +	0,316
E ₅	ANDAMARCA	Cuenca de Pampas	13	39	25,00	13,66	73	22	15,00	73,37	3.490,00	483,93	1,61	0,15	0,28	x E ₅ +	0,454
E ₆	PAMPAHUASI	Cuenca de Acari	14	11	1,00	14,18	73	33	1,00	73,55	3.650,00	518,34	1,50	0,57	0,08	x E ₆ +	0,113
E ₇	APACHETA	Cuenca del Mantaro	13	20	51,00	13,35	74	38	44,00	74,65	4.150,00	934,63	0,83	1,46	0,03	x E ₇ +	0,024
E ₈	CCECCANA	Cuenca de Acari	13	56	1,00	13,93	72	10	1,00	72,17	4.100,00	764,52	1,02	1,09	0,04	x E ₇ +	0,040
	AREA COLECTORA EN ESTUDIO (Ei)					13,70				73,47			11,44	23,38	1,03		1,61
A1	Microcuenca Huancallima		13	42	48,53	13,71	73	13	48,54	73,23	4.181,92	777,94					
	PROMEDIO		13	42	31,65	13,71	73	13	31,90	73,23	4181,92	777,94					

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL GENERADA EN LA MICROCUENCA HUANCALLIMA

(mm/mes)

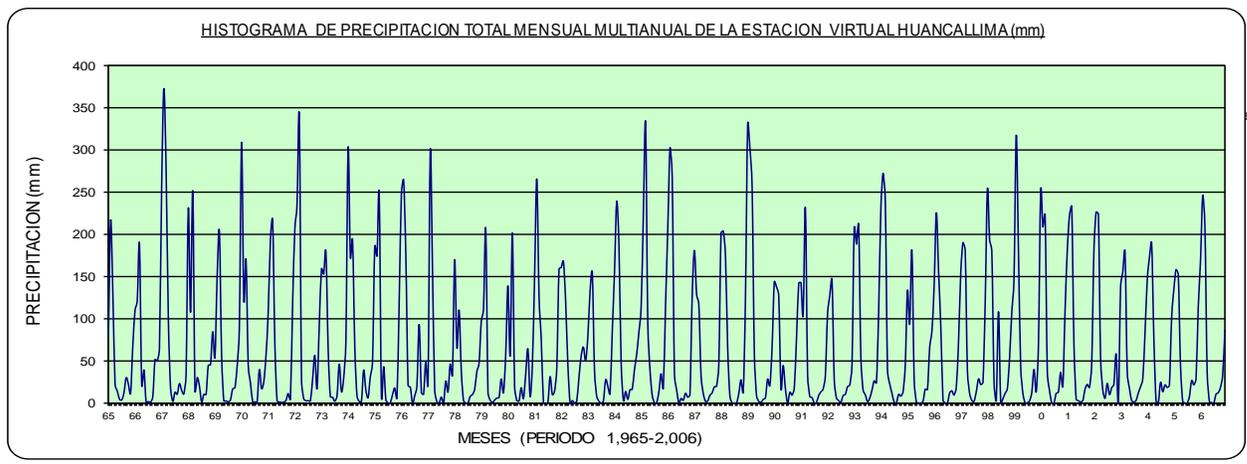
Estacion virtual : **Microcuenca Huancallima** Latitud : 13°43'41.63" S Departamento : **AYACUCHO**
 Longitud : 73°14'14.94" W Provincia : **HUANCASANCOS**
 Altitud : 4.182 msnm Distrito : **SACSAMARCA**

N° REGISTR	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	77,50	216,58	130,58	22,15	14,26	4,40	3,62	11,93	30,04	22,38	11,60	68,14	613,18
2	1.966	109,98	121,32	188,37	21,22	39,30	0,69	1,78	0,69	7,44	51,62	49,45	64,80	656,68
3	1.967	258,57	373,01	276,67	100,78	18,36	1,72	12,86	10,38	23,02	14,99	10,86	33,68	1.134,90
4	1.968	230,75	107,69	250,83	14,47	30,18	20,19	1,27	10,36	10,14	44,76	45,32	84,63	850,58
5	1.969	54,57	149,83	202,99	57,08	2,51	2,62	1,32	3,74	16,82	18,29	43,49	88,89	642,15
6	1.970	309,24	123,11	169,74	45,17	23,87	1,43	1,46	0,71	39,63	16,86	24,97	56,28	812,46
7	1.971	107,90	193,73	216,26	70,04	2,57	1,23	0,69	1,10	3,02	11,29	4,56	117,84	730,24
8	1.972	206,43	235,53	339,98	27,56	5,10	2,67	2,79	2,43	28,26	56,32	17,00	92,89	1.016,98
9	1.973	159,04	152,78	178,87	64,43	7,45	6,93	1,99	8,45	45,96	13,18	29,66	74,38	743,10
10	1.974	302,79	172,90	193,48	66,79	8,39	1,82	1,81	39,03	14,90	6,28	31,15	49,02	888,37
11	1.975	185,93	173,92	247,85	7,66	43,07	3,71	0,26	0,00	9,89	17,86	6,16	119,58	815,90
12	1.976	247,98	264,58	175,75	21,10	18,92	0,00	8,46	20,21	93,14	12,33	10,25	49,74	922,46
13	1.977	22,08	298,61	160,55	15,58	1,52	0,00	7,04	0,00	26,09	13,06	46,18	33,09	623,79
14	1.978	170,23	65,90	110,03	36,87	2,87	0,00	0,04	7,78	10,00	16,01	37,36	47,56	504,65
15	1.979	97,36	111,47	206,36	12,88	3,22	0,79	3,39	5,93	6,58	28,63	12,39	58,23	547,25
16	1.980	138,87	56,16	201,69	19,61	3,07	2,56	18,22	5,31	34,00	63,91	7,48	45,08	595,95
17	1.981	149,36	265,74	127,75	75,90	0,32	0,00	0,20	31,26	9,87	13,72	41,36	158,63	874,10
18	1.982	160,67	167,94	120,12	45,16	0,00	2,90	0,00	2,30	30,44	55,82	66,45	50,37	702,17
19	1.983	78,93	132,42	154,05	38,37	7,81	2,08	0,00	2,15	27,44	19,88	11,06	84,62	558,81
20	1.984	154,55	239,07	188,49	48,55	3,20	13,77	4,25	15,87	16,31	39,51	57,75	84,16	865,49
21	1.985	112,90	221,88	331,75	96,20	39,47	9,15	0,35	0,50	13,10	34,67	18,18	115,18	993,33
22	1.986	206,03	302,42	268,76	35,03	15,54	0,06	5,46	3,18	11,56	6,76	9,72	125,87	990,39
23	1.987	181,14	128,54	116,79	32,40	11,21	2,01	2,51	9,05	12,09	19,31	20,01	45,50	580,55
24	1.988	201,30	204,22	174,91	64,98	8,30	0,00	0,25	0,00	11,12	27,58	13,14	123,68	829,48
25	1.989	329,96	302,35	256,88	59,72	8,72	1,97	0,73	4,22	6,19	28,52	20,67	65,90	1.085,83
26	1.990	143,65	137,60	127,35	17,99	44,51	16,92	0,18	12,73	9,23	17,72	76,59	142,04	746,52
27	1.991	142,78	104,85	231,35	33,56	7,81	6,47	0,00	0,73	8,94	13,16	16,61	32,30	598,54
28	1.992	105,74	127,34	145,67	27,24	5,89	2,93	0,93	8,82	10,26	19,46	21,32	45,07	520,66
29	1.993	207,52	188,45	210,95	54,47	15,51	9,76	1,64	5,85	15,16	26,53	23,81	106,69	866,35
30	1.994	229,50	272,37	240,53	38,90	22,67	11,55	1,10	0,16	10,15	8,09	13,19	44,77	892,98
31	1.995	133,24	93,81	180,88	27,88	1,12	0,15	0,00	1,87	16,48	15,95	65,86	85,30	622,54
32	1.996	138,11	225,73	156,58	91,59	3,42	0,15	0,00	11,81	14,44	9,40	18,69	72,83	742,74
33	1.997	154,20	190,38	180,84	38,49	11,29	2,90	1,96	13,35	28,56	21,78	24,34	117,37	785,46
34	1.998	253,13	193,37	179,50	24,79	3,03	8,25	0,00	5,17	11,58	17,14	53,65	108,20	857,81
35	1.999	147,90	317,68	179,70	43,62	11,35	0,18	0,42	2,53	12,50	39,83	13,26	68,38	837,35
36	2.000	250,88	208,81	223,06	36,81	14,74	0,24	0,00	11,44	13,08	36,38	20,21	109,68	925,34
37	2.001	181,07	222,77	232,91	70,10	4,61	2,72	1,29	3,02	16,35	22,08	18,61	46,50	822,03
38	2.002	181,53	226,69	224,01	53,59	15,18	5,52	23,33	9,93	18,32	22,13	58,19	65,02	903,42
39	2.003	137,15	155,20	178,86	36,71	17,22	2,73	1,29	3,00	12,13	19,31	28,69	82,19	674,46
40	2.004	145,41	172,23	189,26	76,34	1,98	0,14	24,50	13,30	21,46	18,34	21,04	100,69	784,68
41	2.005	134,52	158,39	152,22	44,84	1,97	0,14	0,05	7,33	26,63	21,38	28,75	113,49	689,69
42	2.006	168,04	246,12	209,60	37,36	1,96	0,64	0,05	10,38	12,14	18,40	33,07	86,34	824,10
N° Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		169,25	191,04	196,02	44,14	11,99	3,67	3,27	7,57	18,92	23,82	28,15	80,11	777,94
Desv. Estandar		67,05	71,70	52,47	23,27	12,06	4,78	5,90	8,06	15,14	14,04	18,51	32,18	155,28
Coef. Variacion		39,62	37,53	26,77	52,73	100,63	130,27	180,33	106,44	80,02	58,93	65,76	40,17	19,96
Prec. Max.		329,96	373,01	339,98	100,78	44,51	20,19	24,50	39,03	93,14	63,91	76,59	158,63	1.134,90
Prec. Min.		22,08	56,16	110,03	7,66	0,00	0,00	0,00	0,00	3,02	6,28	4,56	32,30	504,65

FUENTE: SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS: 14/06/2019 22:08

GRAFICO IV - 3



CUADRO IV - 4

Características Generales de la Microcuenca

Area de la cuenca: A	67,62	Km2
Altitud Media de la Microcuenca: H	4181,92	msnm
Pendiente Media de la Microcuenca	0,21	m/m
Precipitación Media Anual: P	777,94	mm
Evaporación Total Anual: ETP	1034,87	mm
Temperatura Media Anual: T	6,36	°C
Déficit de Escurrimiento: D	408,88	mm/año
Coefficiente de Escorrentía: C	0,51	
Coefficiente de Agotamiento: a	0,02	
Relación de Caudales (30 días): bo	0,56	
Area de lagunas y acuíferos	0,10	Km2
Gasto Mensual de Retención: R	44,00	mm/año

CUADRO IV – 5

Determinación del caudal mensual para el año promedio de la microcuenca Huancallima

MES	Dias del Mes	PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES GENERADOS		
		P Total mm/mes	Precipitación Efectiva			Gasto		Abastecimiento		mm/mes	m³/s	L/s
			PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	bi mm/mes	Gi mm/mes	ai mm/mes	Ai mm/mes			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	31	170.5	48.4	145.5	110.5			0.28	12.29	98.2	2.48	2479.55
Febrero	28	192.5	55.8	153.5	118.3			0.30	13.16	105.1	2.94	2938.45
Marzo	31	197.5	56.9	152.5	118.0			0.30	13.13	104.9	2.65	2648.60
Abril	30	44.5	4.4	10.7	8.4	0.559	19.8	0.02	0.94	27.3	0.71	711.99
Mayo	31	12.1	1.3	3.0	2.4	0.313	11.1	0.01	0.27	13.2	0.33	333.60
Junio	30	3.7	0.4	0.9	0.7	0.175	6.2	0.00	0.08	6.8	0.18	177.46
Julio	31	3.3	0.4	0.7	0.6	0.098	3.5	0.00	0.07	4.0	0.10	100.65
Agosto	31	7.6	0.9	2.0	1.6	0.055	1.9	0.00	0.18	3.3	0.08	84.23
Setem.	30	19.1	2.0	4.4	3.5	0.031	1.1	0.01	0.39	4.2	0.11	110.18
Octubre	31	24.0	2.4	5.3	4.3	0.017	0.6	0.01	0.48	4.4	0.11	111.37
Noviem.	30	28.4	2.8	6.2	5.0	0.010	0.3	0.01	0.55	4.8	0.12	124.14
Diciem.	31	80.7	11.4	34.8	26.4			0.07	2.93	23.4	0.59	591.76
AÑO		365	783.78	187.0	519.6	1.256	44.46	1.000	44.46	399.7	0.87	867.66
Coefficientes		0.51	0.360	0.640	1.000							

CUADRO IV – 6

Regresión Múltiple de Qt y PET

Qt	Qt-1	PEt
Y	X1	X2
98.2	23.4	110.51
105.1	98.2	118.3
104.9	105.1	118.0
27.3	104.9	8.4
13.2	27.3	2.4
6.8	13.2	0.7
4.0	6.8	0.6
3.3	4.0	1.6
4.2	3.3	3.5
4.4	4.2	4.3
4.8	4.4	5.0
23.4	4.8	26.4

CUADRO IV-7

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación	0.997007573
Coefficiente de determinación	0.994024101
R ² ajustado	0.992696123
Error típico Valor de	3.643481807
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	19873.27179	9936.635896	748.5247518	9.85859E-11
Residuos	9	119.4746371	13.27495967		
Total	11	19992.74643			

		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	b1	3.084861618	1.381580241	2.232850127	0.052452131	-0.040490021
Variable X 1	b2	0.135159621	0.032665256	4.137718096	0.002530222	0.061265678
Variable X 2	b3	0.772231074	0.027774157	27.80394306	4.89043E-10	0.709401566

CUADRO IV - 8

REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA GENERADO

(mm)														
ESTACION	Quebrada Huancallima		Latitud	: 13°43' 41.63"	S	Departamento	: AYACUCHO							
			Longitud	: 73°14' 14.94"	W	Provincia	: HUANCASANCOS							
			Altitud	: 4,182	msnm	Distribo	: SACSAMARCA							
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1,965	78.08	218.20	131.56	22.32	14.37	4.43	3.65	12.02	30.26	22.55	11.68	68.66	617.78
2	1,966	110.81	122.23	189.79	21.38	39.60	0.70	1.79	0.70	7.50	52.01	49.82	65.29	661.61
3	1,967	260.51	375.81	278.74	101.54	18.49	1.73	12.96	10.46	23.19	15.10	10.94	33.93	1143.41
4	1,968	232.48	108.49	252.71	14.58	30.41	20.34	1.28	10.44	10.22	45.09	45.66	85.26	856.96
5	1,969	54.98	150.95	204.51	57.51	2.53	2.64	1.33	3.77	16.95	18.42	43.82	89.55	646.96
6	1,970	311.56	124.04	171.01	45.50	24.05	1.44	1.48	0.71	39.93	16.98	25.16	56.70	818.56
7	1,971	108.71	195.18	217.88	70.57	2.59	1.24	0.70	1.10	3.05	11.37	4.60	118.73	735.72
8	1,972	207.98	237.30	342.53	27.77	5.14	2.69	2.81	2.45	28.47	56.75	17.13	93.59	1024.61
9	1,973	160.23	153.92	180.21	64.91	7.50	6.98	2.00	8.51	46.31	13.28	29.88	74.93	748.68
10	1,974	305.06	174.20	194.93	67.30	8.45	1.84	1.82	39.32	15.01	6.33	31.39	49.39	895.03
11	1,975	187.33	175.23	249.71	7.72	43.40	3.74	0.26	0.00	9.96	18.00	6.21	120.48	822.02
12	1,976	249.84	266.57	177.07	21.26	19.06	0.00	8.52	20.37	93.83	12.43	10.32	50.11	929.38
13	1,977	22.24	300.85	161.75	15.70	1.53	0.00	7.09	0.00	26.28	13.16	46.52	33.34	628.47
14	1,978	171.51	66.40	110.85	37.14	2.89	0.00	0.04	7.84	10.08	16.13	37.64	47.92	508.44
15	1,979	98.09	112.31	207.91	12.98	3.24	0.80	3.42	5.98	6.63	28.85	12.49	58.66	551.36
16	1,980	139.91	56.58	203.20	19.76	3.10	2.58	18.35	5.35	34.25	64.39	7.53	45.41	600.42
17	1,981	150.48	267.73	128.70	76.47	0.32	0.00	0.20	31.49	9.94	13.83	41.67	159.82	880.66
18	1,982	161.88	169.20	121.02	45.50	0.00	2.93	0.00	2.32	30.66	56.24	66.95	50.75	707.44
19	1,983	79.52	133.41	155.21	38.66	7.87	2.10	0.00	2.16	27.64	20.03	11.14	85.25	563.00
20	1,984	155.71	240.87	189.91	48.91	3.23	13.88	4.28	15.99	16.43	39.81	58.19	84.79	871.98
21	1,985	113.74	223.54	334.24	96.92	39.76	9.22	0.35	0.51	13.20	34.93	18.31	116.05	1000.78
22	1,986	207.58	304.69	270.78	35.29	15.66	0.06	5.50	3.20	11.64	6.81	9.80	126.81	997.82
23	1,987	182.50	129.50	117.66	32.64	11.30	2.02	2.52	9.11	12.18	19.46	20.16	45.84	584.90
24	1,988	202.81	205.75	176.23	65.47	8.37	0.00	0.25	0.00	11.20	27.79	13.24	124.60	835.70
25	1,989	332.44	304.62	258.81	60.17	8.78	1.98	0.74	4.25	6.24	28.73	20.82	66.40	1093.98
26	1,990	144.73	138.63	128.30	18.12	44.85	17.05	0.18	12.82	9.30	17.86	77.17	143.10	752.12
27	1,991	143.85	105.63	233.08	33.81	7.86	6.52	0.00	0.73	9.01	13.26	16.73	32.55	603.03
28	1,992	106.53	128.29	146.76	27.44	5.94	2.95	0.93	8.89	10.34	19.61	21.48	45.41	524.56
29	1,993	209.08	189.87	212.53	54.88	15.63	9.83	1.66	5.89	15.28	26.73	23.99	107.49	872.85
30	1,994	231.22	274.42	242.33	39.20	22.84	11.64	1.11	0.16	10.22	8.15	13.28	45.10	899.68
31	1,995	134.24	94.52	182.24	28.09	1.13	0.16	0.00	1.88	16.61	16.06	66.35	85.94	627.21
32	1,996	139.15	227.43	157.75	92.28	3.45	0.16	0.00	11.89	14.55	9.47	18.83	73.37	748.31
33	1,997	155.36	191.81	182.20	38.78	11.38	2.92	1.98	13.45	28.77	21.94	24.52	118.25	791.35
34	1,998	255.03	194.82	180.85	24.98	3.06	8.31	0.00	5.20	11.67	17.26	54.05	109.01	864.25
35	1,999	149.01	320.07	181.05	43.94	11.43	0.18	0.42	2.55	12.60	40.13	13.36	68.90	843.63
36	2,000	252.76	210.38	224.73	37.09	14.86	0.25	0.00	11.53	13.18	36.65	20.36	110.50	932.28
37	2,001	182.43	224.44	234.66	70.63	4.65	2.74	1.30	3.04	16.47	22.24	18.74	46.85	828.19
38	2,002	182.89	228.39	225.69	53.99	15.30	5.56	23.50	10.00	18.46	22.30	58.63	65.51	910.20
39	2,003	138.18	156.37	180.21	36.99	17.34	2.75	1.30	3.02	12.22	19.45	28.90	82.81	679.52
40	2,004	146.50	173.52	190.68	76.91	1.99	0.15	24.68	13.40	21.62	18.48	21.19	101.45	790.56
41	2,005	135.52	159.58	153.36	45.17	1.98	0.14	0.05	7.39	26.83	21.54	28.97	114.34	694.86
42	2,006	169.30	247.96	211.18	37.64	1.97	0.64	0.05	10.46	12.23	18.54	33.32	86.99	830.28
N° Dats		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		170.52	192.47	197.49	44.47	12.08	3.70	3.30	7.63	19.06	24.00	28.36	80.71	783.78
Desv. Estandar		67.56	72.24	52.86	23.45	12.15	4.82	5.95	8.12	15.25	14.14	18.65	32.42	156.45
Coef. Variacion		39.62	37.53	26.77	52.73	100.63	130.27	180.33	106.44	80.02	58.93	65.76	40.17	19.96
Prec. Max.		332.44	375.81	342.53	101.54	44.85	20.34	24.68	39.32	93.83	64.39	77.17	159.82	1143.41
Prec. Min.		22.24	56.58	110.85	7.72	0.00	0.00	0.00	0.00	3.05	6.33	4.60	32.55	508.44

FUENTE : Elaboracion propia

DATE & HOUR OF PROCESS : 9/07/2019 11:13

CUADRO IV- 9
NUMEROS ALEATORIOS GENERADOS CON DISTRIBUCION NORMAL
 PERIODO: 1965 - 2006

N° REGIST.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1965	0,92	1,00	0,45	0,74	0,36	0,89	0,24	0,96	0,73	0,59	0,27	0,51
2	1966	0,43	0,98	0,04	0,01	0,27	0,14	0,09	0,99	0,60	0,01	0,84	0,73
3	1967	0,18	0,09	0,43	0,93	0,90	0,17	0,73	0,52	0,16	0,20	0,32	0,05
4	1968	0,36	0,97	0,23	0,59	0,41	0,58	0,50	0,52	0,84	0,84	0,44	0,04
5	1969	0,42	0,42	0,26	0,89	0,12	0,69	0,64	0,81	0,80	0,34	0,50	0,61
6	1970	0,06	0,47	0,45	0,04	0,21	0,84	0,48	0,49	0,76	0,11	0,36	0,77
7	1971	0,09	0,70	0,75	0,82	0,78	0,31	0,85	0,53	0,31	0,88	0,68	0,37
8	1972	0,71	0,35	0,95	0,53	0,12	0,64	0,56	0,35	0,31	0,21	0,57	0,73
9	1973	0,07	0,02	0,85	0,55	0,09	0,95	0,89	0,02	0,81	0,89	0,42	0,43
10	1974	0,02	0,63	0,55	0,50	0,39	0,34	0,54	0,99	0,26	0,58	0,24	0,32
11	1975	0,13	0,29	0,57	0,38	0,31	0,59	0,78	0,75	0,14	0,65	0,03	0,00
12	1976	0,44	0,70	0,96	0,73	0,71	0,78	0,07	0,46	0,58	0,24	0,57	0,14
13	1977	0,95	0,63	0,97	0,37	0,18	0,43	0,72	0,51	0,48	0,94	0,24	0,95
14	1978	0,01	0,89	0,36	0,96	0,52	0,51	0,52	0,42	0,22	0,18	0,41	0,85
15	1979	0,35	0,12	0,97	0,38	0,02	0,17	0,11	0,27	0,43	0,46	0,48	0,99
16	1980	0,18	0,99	0,05	0,20	0,75	0,13	0,22	0,68	0,31	0,80	0,19	0,83
17	1981	0,41	0,36	0,61	0,37	0,75	0,72	0,54	0,02	0,01	0,59	0,57	0,80
18	1982	0,12	0,37	0,51	0,71	0,37	0,67	0,65	0,65	0,71	0,10	0,83	0,70
19	1983	0,32	0,47	0,19	0,01	0,86	0,26	0,94	0,93	0,93	0,69	0,18	0,04
20	1984	0,50	0,36	0,94	0,43	0,99	0,83	0,45	0,74	0,48	0,52	0,51	0,69
21	1985	0,64	0,68	0,35	0,78	0,55	0,92	0,59	0,21	0,54	0,66	0,33	0,32
22	1986	0,54	0,54	0,91	0,38	0,07	0,70	0,18	0,79	0,40	0,88	0,47	0,67
23	1987	0,81	0,74	0,86	0,46	0,30	0,57	0,65	0,36	0,66	0,04	0,55	0,46
24	1988	0,64	0,96	0,70	0,39	0,80	0,47	0,53	0,10	0,72	0,88	0,56	0,72
25	1989	0,89	0,08	0,07	0,75	0,25	0,64	0,99	0,27	0,68	0,67	0,25	0,19
26	1990	0,84	0,86	0,71	0,48	0,26	0,75	0,69	0,85	0,32	0,38	0,25	0,51
27	1991	0,44	0,00	0,40	0,56	0,51	0,24	0,81	0,06	0,40	0,89	0,94	0,05
28	1992	0,60	0,10	0,46	0,50	0,24	0,28	0,35	0,91	0,17	0,97	0,29	0,13
29	1993	0,65	0,12	0,20	0,10	0,06	0,43	0,17	0,60	0,41	0,51	0,38	0,18
30	1994	0,39	0,81	0,04	0,66	0,05	0,06	0,57	0,71	0,21	0,60	0,21	0,42
31	1995	0,78	0,04	0,66	0,28	0,96	0,91	0,85	0,07	0,35	0,38	0,49	0,99
32	1996	0,09	0,22	0,52	0,35	0,03	0,62	0,79	0,00	0,29	0,17	0,04	0,37
33	1997	0,65	0,26	0,68	0,47	0,23	0,67	0,31	0,09	0,07	0,70	0,78	0,95
34	1998	0,97	0,06	0,50	0,23	0,91	0,09	1,00	0,23	0,54	0,40	0,20	0,51
35	1999	0,66	0,61	0,86	0,90	0,28	1,00	0,14	0,99	0,67	0,21	0,30	0,37
36	2000	0,69	1,00	0,71	0,94	0,20	0,20	0,36	0,40	0,94	0,80	0,97	0,87
37	2001	0,14	0,09	0,54	0,77	0,74	0,44	0,07	0,91	0,62	0,44	0,96	0,37
38	2002	0,71	0,62	0,91	0,07	0,80	0,50	0,58	0,52	0,97	0,26	0,72	0,08
39	2003	0,94	0,80	0,29	0,68	0,33	0,02	0,70	0,56	0,65	0,72	0,74	0,74
40	2004	0,19	0,39	0,36	0,65	0,82	0,84	0,24	0,29	0,09	0,47	0,09	0,87
41	2005	0,30	0,56	0,36	0,05	0,81	0,41	0,66	0,17	0,46	0,75	0,60	0,28
42	2006	0,34	0,01	0,49	0,70	0,58	0,50	0,44	0,42	0,14	0,94	0,49	0,18
MAX		0,97	1,00	0,97	0,96	0,99	1,00	1,00	0,99	0,97	0,97	0,97	0,99
MED.		0,47	0,49	0,54	0,51	0,45	0,52	0,53	0,50	0,48	0,54	0,46	0,49
MIN.		0,01	0,00	0,04	0,01	0,02	0,02	0,07	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00
D. EST		0,29	0,33	0,28	0,27	0,30	0,27	0,27	0,31	0,26	0,28	0,25	0,31

Fuente: Elaboración propia

DESCARGAS MEDIAS MENSUALES GENERADAS EN LA MICROCUENCA HUANCALLIMA (mm)

PERIODO: 1965 - 2006

ESTACION	Bocatoma	Latitud	: 13°43'41.63" S	Departamento	: AYACUCHO
		Longitud	: 73°14'14.94" W	Provincia	: HUANCASANCOS
		Altitud	: 4,182 msnm	Distrito	: SACSAMARCA

PARAMETROS DE LA REGRESION MULTIPLE

Coefficientes de Regresión Múltiple:

b1	3.08	b2	0.14	b3	0.77
S	3.64	R^2	0.99		

Modelo Matemático:

$$Qt = b1 + b2*Qt-1 + b3*PEt + Z*S*(1 - R^2)^{0.5}$$

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Tot.
Prom.	110.5	118.3	118.0	8.4	2.4	0.7	0.6	1.6	3.5	4.3	5.0	26.4	399.7
1965	46.0	121.9	79.9	22.5	6.5	4.3	3.8	5.4	7.8	6.8	5.3	21.2	331.5
1966	62.2	76.3	106.7	22.2	10.4	3.6	3.5	3.6	4.5	10.7	10.7	20.4	334.7
1967	137.1	196.4	147.9	34.2	7.3	3.7	5.2	5.0	6.7	5.7	5.2	12.3	566.7
1968	123.1	69.8	135.8	21.3	9.0	6.5	3.5	5.0	5.0	10.0	10.0	25.3	424.3
1969	34.3	89.8	113.5	27.7	4.7	4.0	3.5	4.0	6.0	6.2	9.7	26.5	329.9
1970	162.6	77.0	98.1	25.7	8.0	3.9	3.5	3.4	9.2	5.9	7.2	18.3	422.9
1971	61.1	110.9	119.9	29.6	4.8	3.7	3.5	3.5	3.8	5.4	4.5	33.8	384.4
1972	110.9	130.7	177.4	23.3	5.1	4.0	3.7	3.7	7.5	11.4	6.1	27.6	511.4
1973	86.9	91.1	102.5	28.7	5.4	4.7	3.7	4.5	10.2	5.6	7.8	22.8	373.9
1974	159.3	100.9	109.2	29.0	5.6	3.8	3.6	9.7	5.5	4.6	8.0	16.3	455.6
1975	100.4	101.3	134.5	20.3	11.0	4.1	3.4	3.4	4.8	6.2	4.5	34.2	428.1
1976	131.8	144.7	101.1	22.4	7.4	3.6	4.4	6.5	16.9	5.3	5.2	16.4	465.8
1977	18.0	161.0	94.0	21.4	4.5	3.5	4.4	3.3	7.2	5.6	10.0	12.4	345.5
1978	92.5	49.8	70.3	24.8	4.8	3.6	3.3	4.5	4.8	5.8	8.9	16.1	289.2
1979	55.8	71.4	115.3	21.0	4.7	3.6	3.7	4.2	4.4	7.7	5.5	18.8	316.1
1980	76.7	45.2	112.9	22.0	4.9	3.8	5.8	4.2	8.3	12.7	4.7	15.4	316.6
1981	82.1	145.2	78.7	30.3	4.5	3.6	3.4	8.2	4.7	5.6	9.5	44.3	420.1
1982	87.7	98.4	75.1	25.9	4.3	4.0	3.4	3.7	7.9	11.3	13.0	16.8	351.5
1983	46.5	81.5	90.8	24.7	5.7	3.8	3.4	3.8	7.5	6.5	5.2	25.3	304.7
1984	84.7	132.4	107.0	26.3	5.0	5.7	3.9	5.9	5.8	9.2	11.7	25.3	423.0
1985	63.8	124.3	173.4	33.5	10.5	5.0	3.4	3.3	5.3	8.6	6.2	33.1	470.5
1986	110.7	162.8	144.3	24.3	6.7	3.6	4.0	3.9	5.1	4.8	5.1	35.9	511.2
1987	98.2	79.7	73.6	24.0	6.1	3.9	3.7	4.7	5.2	6.3	6.5	15.5	327.3
1988	108.3	115.9	100.6	28.7	5.7	3.5	3.4	3.2	5.1	7.6	5.6	35.4	423.2
1989	173.3	162.6	138.6	28.1	5.7	3.9	3.6	3.9	4.4	7.7	6.6	20.6	558.7
1990	79.3	84.1	78.5	21.8	11.2	6.1	3.4	5.5	4.7	6.1	14.2	40.0	354.9
1991	78.8	68.2	126.8	24.2	5.6	4.4	3.4	3.3	4.7	5.6	6.2	12.0	343.1
1992	60.1	78.9	86.9	23.2	5.2	3.9	3.4	4.8	4.8	6.5	6.7	15.3	299.9
1993	111.5	108.2	117.2	27.1	6.7	5.0	3.5	4.3	5.6	7.4	7.0	30.9	434.3
1994	122.5	148.5	130.9	25.0	7.8	5.1	3.5	3.4	4.8	4.9	5.5	15.3	477.1
1995	74.1	62.9	103.4	23.2	4.7	3.7	3.4	3.5	5.8	5.9	12.8	25.7	329.0
1996	76.3	126.0	92.0	32.7	4.8	3.6	3.4	5.1	5.5	4.9	6.2	22.4	382.9
1997	84.6	109.1	103.4	24.9	6.0	4.0	3.5	5.3	7.4	6.8	7.2	33.9	396.2
1998	134.6	110.5	102.7	22.8	5.0	4.6	3.5	4.1	5.1	6.1	11.0	31.4	441.3
1999	81.4	170.1	102.9	25.7	6.1	3.7	3.3	3.9	5.3	9.2	5.6	21.2	438.3
2000	133.3	118.1	123.0	24.7	6.6	3.5	3.3	5.1	5.5	8.8	6.7	31.9	470.6
2001	98.0	124.6	127.5	29.6	5.2	3.9	3.4	3.9	5.8	6.8	6.5	15.7	430.8
2002	98.4	126.6	123.5	27.0	6.8	4.4	6.6	4.9	6.2	6.7	11.8	20.3	443.2
2003	76.1	92.5	102.3	24.7	7.0	3.8	3.6	3.8	5.2	6.4	7.8	24.9	358.0
2004	80.0	100.5	107.2	30.5	4.8	3.7	6.7	5.4	6.4	6.2	6.6	29.6	387.5
2005	74.6	93.9	90.0	25.7	4.8	3.5	3.4	4.4	7.3	6.7	7.8	32.7	354.6
2006	91.5	135.7	116.7	24.8	4.7	3.6	3.3	5.0	5.1	6.4	8.3	25.8	430.8
MED.	92.12	109.50	110.38	25.70	6.22	4.09	3.79	4.53	6.16	7.02	7.63	24.26	401.41
MIN.	18.05	45.15	70.34	20.28	4.33	3.50	3.28	3.19	3.82	4.60	4.48	11.98	289.20
D. EST	33.80	34.27	24.40	3.46	1.86	0.71	0.81	1.30	2.20	1.94	2.54	8.19	69.46

Fuente: Elaboración propia

DESCARGAS MEDIAS MENSUALES GENERADAS EN LA MICROCUENCA HUANCALLIMA (m3/s)

PERIODO: 1965 - 2015

ESTACION **Bocatoma proyectado** Latitud : 3°43'41.6" S Departamento : AYACUCHO
 Longitud : 73°14'14.9" W Provincia : HUANCASANCOS
 Altitud : 4,182 msnm Distrito : SACSAMARCA

Area **67.62** Km2

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	(m3/s)
1965	1.20	3.41	2.02	0.59	0.17	0.11	0.09	0.14	0.20	0.17	0.14	0.54	0.731
1966	1.62	2.13	2.69	0.58	0.26	0.09	0.09	0.09	0.12	0.27	0.28	0.52	0.729
1967	3.58	5.49	3.73	0.89	0.19	0.10	0.13	0.13	0.17	0.14	0.14	0.31	1.250
1968	3.21	1.95	3.43	0.56	0.23	0.17	0.09	0.13	0.13	0.25	0.26	0.64	0.920
1969	0.89	2.51	2.87	0.72	0.12	0.10	0.09	0.10	0.16	0.16	0.25	0.67	0.720
1970	4.24	2.15	2.48	0.67	0.20	0.10	0.09	0.09	0.24	0.15	0.19	0.46	0.922
1971	1.59	3.10	3.03	0.77	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.14	0.12	0.85	0.841
1972	2.89	3.65	4.48	0.61	0.13	0.10	0.09	0.09	0.19	0.29	0.16	0.70	1.116
1973	2.27	2.55	2.59	0.75	0.14	0.12	0.09	0.11	0.27	0.14	0.20	0.58	0.817
1974	4.16	2.82	2.76	0.76	0.14	0.10	0.09	0.25	0.14	0.12	0.21	0.41	0.996
1975	2.62	2.83	3.40	0.53	0.28	0.11	0.09	0.09	0.12	0.16	0.12	0.86	0.933
1976	3.44	4.05	2.55	0.58	0.19	0.09	0.11	0.17	0.44	0.13	0.14	0.42	1.025
1977	0.47	4.50	2.37	0.56	0.11	0.09	0.11	0.08	0.19	0.14	0.26	0.31	0.767
1978	2.41	1.39	1.78	0.65	0.12	0.09	0.08	0.11	0.13	0.15	0.23	0.41	0.629
1979	1.46	1.99	2.91	0.55	0.12	0.09	0.09	0.11	0.11	0.19	0.14	0.48	0.687
1980	2.00	1.26	2.85	0.57	0.12	0.10	0.15	0.11	0.22	0.32	0.12	0.39	0.684
1981	2.14	4.06	1.99	0.79	0.11	0.09	0.08	0.21	0.12	0.14	0.25	1.12	0.926
1982	2.29	2.75	1.90	0.68	0.11	0.10	0.08	0.09	0.21	0.29	0.34	0.42	0.771
1983	1.21	2.28	2.29	0.64	0.14	0.10	0.09	0.10	0.20	0.16	0.14	0.64	0.666
1984	2.21	3.70	2.70	0.69	0.13	0.15	0.10	0.15	0.15	0.23	0.30	0.64	0.929
1985	1.66	3.47	4.38	0.87	0.27	0.13	0.09	0.08	0.14	0.22	0.16	0.84	1.026
1986	2.89	4.55	3.64	0.63	0.17	0.09	0.10	0.10	0.13	0.12	0.13	0.91	1.123
1987	2.56	2.23	1.86	0.62	0.15	0.10	0.09	0.12	0.14	0.16	0.17	0.39	0.716
1988	2.83	3.24	2.54	0.75	0.14	0.09	0.08	0.08	0.13	0.19	0.15	0.89	0.927
1989	4.52	4.55	3.50	0.73	0.14	0.10	0.09	0.10	0.11	0.19	0.17	0.52	1.227
1990	2.07	2.35	1.98	0.57	0.28	0.16	0.09	0.14	0.12	0.15	0.37	1.01	0.774
1991	2.05	1.90	3.20	0.63	0.14	0.12	0.09	0.08	0.12	0.14	0.16	0.30	0.745
1992	1.57	2.21	2.19	0.61	0.13	0.10	0.09	0.12	0.13	0.17	0.17	0.39	0.656
1993	2.91	3.02	2.96	0.71	0.17	0.13	0.09	0.11	0.15	0.19	0.18	0.78	0.949
1994	3.20	4.15	3.31	0.65	0.20	0.13	0.09	0.09	0.13	0.12	0.14	0.39	1.049
1995	1.93	1.76	2.61	0.61	0.12	0.10	0.09	0.09	0.15	0.15	0.33	0.65	0.715
1996	1.99	3.52	2.32	0.85	0.12	0.09	0.09	0.13	0.14	0.12	0.16	0.56	0.843
1997	2.21	3.05	2.61	0.65	0.15	0.10	0.09	0.13	0.19	0.17	0.19	0.85	0.867
1998	3.51	3.09	2.59	0.59	0.13	0.12	0.09	0.10	0.13	0.15	0.29	0.79	0.966
1999	2.12	4.75	2.60	0.67	0.15	0.10	0.08	0.10	0.14	0.23	0.14	0.54	0.969
2000	3.48	3.30	3.11	0.65	0.17	0.09	0.08	0.13	0.14	0.22	0.17	0.80	1.029
2001	2.56	3.48	3.22	0.77	0.13	0.10	0.09	0.10	0.15	0.17	0.17	0.40	0.945
2002	2.57	3.54	3.12	0.70	0.17	0.11	0.17	0.12	0.16	0.17	0.31	0.51	0.971
2003	1.98	2.58	2.58	0.64	0.18	0.10	0.09	0.10	0.14	0.16	0.20	0.63	0.782
2004	2.09	2.81	2.71	0.80	0.12	0.10	0.17	0.14	0.17	0.16	0.17	0.75	0.847
2005	1.95	2.62	2.27	0.67	0.12	0.09	0.09	0.11	0.19	0.17	0.20	0.83	0.776
2006	2.39	3.79	2.95	0.65	0.12	0.10	0.08	0.13	0.13	0.16	0.22	0.65	0.946
MED.	2.40	3.06	2.79	0.67	0.16	0.11	0.10	0.11	0.16	0.18	0.20	0.61	0.88
MIN.	0.47	1.26	1.78	0.53	0.11	0.09	0.08	0.08	0.10	0.12	0.12	0.30	0.63
D.EST	0.88	0.96	0.62	0.09	0.05	0.02	0.02	0.03	0.06	0.05	0.07	0.21	0.15

Fuente: Elaboración propia

CUADRO IV - 12

CAUDALES A DIFERENTES NIVELES DE PERSISTENCIA EN M3/S

Q Promedio	2.40	3.06	2.79	0.67	0.16	0.11	0.10	0.11	0.16	0.18	0.20	0.61	0.88
Q 50%	2.238	3.037	2.697	0.647	0.143	0.100	0.088	0.106	0.142	0.162	0.174	0.601	0.894
Q 75%	1.955	2.295	2.399	0.605	0.122	0.095	0.086	0.093	0.127	0.145	0.145	0.417	0.751
Q 80%	1.717	2.211	2.298	0.589	0.120	0.094	0.085	0.088	0.125	0.142	0.143	0.407	0.729
Q 90%	1.468	1.955	1.989	0.570	0.118	0.093	0.085	0.085	0.123	0.135	0.136	0.386	0.690

Fuente: Elaboración propia

CUADRO IV - 13

CAUDAL MENSUAL DISPONIBLE PARA USO AGRICOLA GENERADO EN LA MICROCUENCA DEL RIO HUANCALLIMA

MESES	AREA DE LA CUENCA EN ESTUDIO (Km2)	CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTIMADO AL 75% DE PERSISTENCIA (M3/Seg)	CAUDAL ECOLOGICO (10% CAUDAL ESTIMADO)	CAUDAL DISPONIBLE EN LA FUENTE (M3/Seg)	CAUDAL DISPONIBLE EN LA FUENTE (lts/Seg)
Enero	67.618	1.955	0.195	1.76	1759.36
Febrero	67.618	2.295	0.230	2.07	2065.72
Marzo	67.618	2.399	0.240	2.16	2159.39
Abril	67.618	0.605	0.061	0.54	544.92
Mayo	67.618	0.122	0.012	0.11	109.64
Junio	67.618	0.095	0.009	0.09	85.33
Julio	67.618	0.086	0.009	0.08	77.24
Agosto	67.618	0.093	0.009	0.08	83.40
Septiembre	67.618	0.127	0.013	0.11	114.34
Octubre	67.618	0.145	0.014	0.13	130.27
Noviembre	67.618	0.145	0.015	0.13	130.81
Diciembre	67.618	0.417	0.042	0.38	375.40

ANEXO V

**DEMANDA DE AGUA DE LOS
CULTIVOS EN EL ÁREA AGRÍCOLA
DEL DISTRITO DE SACSAMARCA:
TABLA V – 1 AL V – 11.**

**ANALISIS REGIONAL DE PRECIPITACION
EUCACION DE REGRESION PRECIPITACION - ALTITUD**

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD MEDIA msnm	PRECIPITACION MEDIA ANUAL mm	EUCACION DE REGRESION				PRECIPITACION MEDIA ANUAL CORREGIDA mm	PRECIPITACION MEDIA ANUAL CALIBRADA mm
			$P^2 = B_0 + B_1 * H$					
			X ²	Y ²	X*Y ²	Y ⁴		
PUQUIO	3.213,00	413,00	1,03E+07	1,71E+05	5,48E+08	2,91E+10	394,11	403,55
LUCANAS	3.400,00	555,00	1,16E+07	3,08E+05	1,05E+09	9,49E+10	470,81	512,90
PAUCACORRAL	4.060,00	568,00	1,65E+07	3,23E+05	1,31E+09	1,04E+11	741,51	654,75
PAMPAMARCA	3.400,00	440,00	1,16E+07	1,94E+05	6,58E+08	3,75E+10	470,81	455,40
ANDAMARCA	3.490,00	484,00	1,22E+07	2,34E+05	8,18E+08	5,49E+10	507,72	495,86
PAMPAHUASI	3.650,00	518,00	1,33E+07	2,68E+05	9,79E+08	7,20E+10	573,34	545,67
APA CHETA	4.150,00	934,63	1,72E+07	8,74E+05	3,63E+09	7,63E+11	778,42	856,52
CCECCAÑA	4.100,00	782,00	1,68E+07	6,12E+05	2,51E+09	3,74E+11	757,91	769,96
SUMA	29.463,00	4.694,63	109.462.069,00	2.982.453,93	11.492.758.592,51	1.529.433.670.107,83	4.694,63	4.694,63
n	8	8	8	8	8	8	8	8
PROMEDIO	3.682,88	586,83	1,37E+07	3,73E+05	1,44E+09	1,91E+11	586,83	586,83

FORMULAS PARA EL CALCULO DE PARAMETROS DE REGRESION			VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION		
A = SUM X	2,95E+04	G = C-(A^2)/n	9,54E+05	COEF. INDEPENDIENTE	B ₀ = -923,70
B = SUM Y	4,69E+03	H = F-A*D/n	5,09E+08	COEF. DEPENDIENTE	B ₁ = 0,410
C = SUM X^2	1,09E+08	I = F-(D^2)/n	4,18E+11	COEF. DE CORRELACION	r = 0,84
D = SUM Y^2	2,98E+06	J = H/G	5,34E+02		r^2 = 0,71
E = SUM X*Y^2	1,15E+10	K = (D-J*A)/n	-1,59E+06		
F = SUM Y^4	1,53E+12				

PRECIP. MEDIA ANUAL EN LA MICROCUENCA				
Item	Area colectora	Altitud media	Precipitacion media generada	Precipitacion media Calibrada
A1	Zona de Riego		473,68	473,68
			3.407,00	

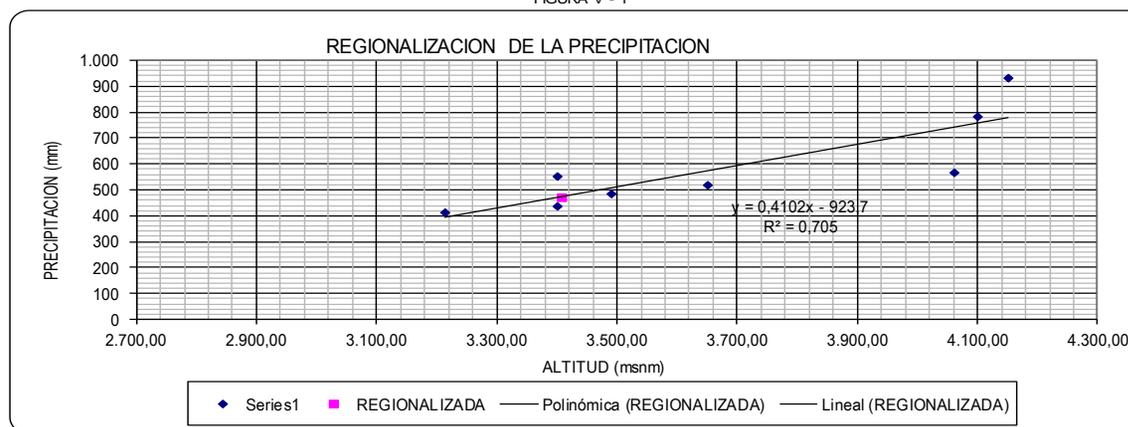
Elaboración propia

DATE & HOUR OF PROCESS:

14/06/2019 22:47

865

FIGURA V - 1



Elaboración propia

CUADRO V - 2

ECUACIONES DE INFLUENCIA ENTRE ESTACIONES BASE Y ESTACIONES EN ZONA DE RIEGO

VARIABLE	ESTACION	CUENCA	Latitud				Longitud				Altitud Media	Precipitac. Media	FACTOR INFLUENCIA ALTITUDINAL (ai)	DISTANCIA ENTRE ESTACIONES BASE A ESTACIONES DE TRABAJO	FACTOR INFLUENCIA GEOGRAFICA (bi)	ECUACION DE INFLUENCIA ALTITUDINAL (ai)	
			°	'	"	CONVER	°	'	"	CONVER						x E _i +	
E ₁	PUQUIO	Intercuenca Pampas 49983	13	45	12,00	13,75	73	33	1,00	73,55	3.213,00	413,31	1,15	0,79	0,17	x E ₁ +	0,197
E ₂	LUCANAS	Intercuenca Pampas 49983	13	32	1,00	13,53	73	41	1,00	73,68	3.400,00	555,32	0,85	0,76	0,18	x E ₂ +	0,153
E ₃	PAUCACORRAL	Intercuenca Pampas 49981	13	39	29,00	13,66	73	25	55,00	73,43	4.060,00	567,83	0,83	0,93	0,15	x E ₃ +	0,122
E ₄	PAMPAMARCA	Intercuenca Pampas 49981	13	31	1,00	13,52	73	22	1,00	73,37	3.400,00	440,34	1,08	1,04	0,13	x E ₄ +	0,140
E ₅	ANDAMARCA	Intercuenca Pampas 49981	13	39	25,00	13,66	73	22	15,00	73,37	3.490,00	483,93	0,98	0,99	0,14	x E ₅ +	0,135
E ₆	PAMPAHUASI	Cuenca Pampas 49984	14	11	1,00	14,18	73	33	1,00	73,55	3.650,00	518,34	0,91	0,80	0,17	x E ₆ +	0,156
E ₇	APACHETA	Cuenca Pampas 49985	13	20	51,00	13,35	74	38	44,00	74,65	4.150,00	934,63	0,51	0,69	0,20	x E ₇ +	0,100
E ₈	CCECCAÑA	Cuenca Pachachaca 49992	13	56	1,00	13,93	72	10	1,00	72,17	4.100,00	764,52	0,62	2,15	0,06	x E ₈ +	0,039
AREA COLECTORA EN ESTUDIO (Ei)						14				73			6,93	7,34	1,20		1,04
A1	Zona de Riego		13	57	6,44	13,95	74	18	58,45	74,32	3.407,00	473,68					
		PROMEDIO	13	57	31,65	13,95	74	18	31,90	74,32	3407,00	473,68					

Elaboración propia

CUADRO V - 3

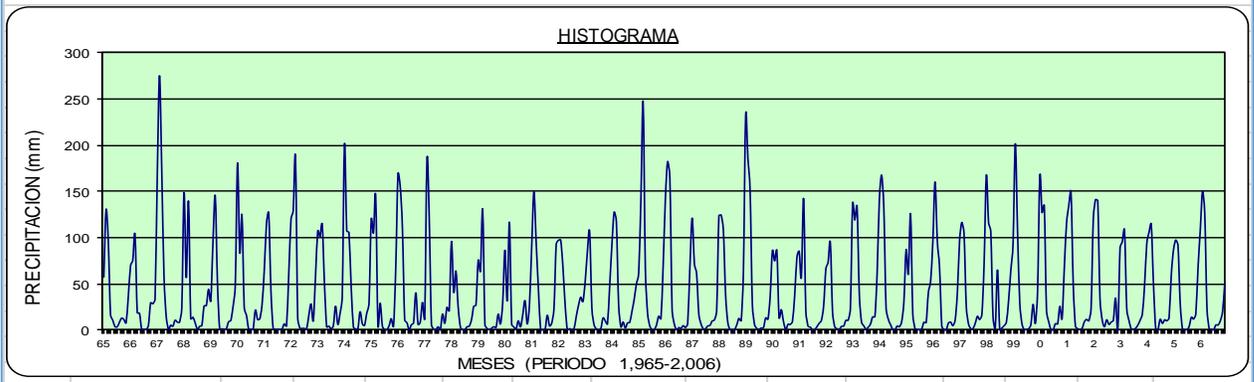
REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA GENERADO EN ZONA DE RIEGO

(mm)														
Estacion	ZONA DE RIEGO				Latitud	: 13°57'06.44"	S	Departamento	: AYACUCHO					
					Longitud	: 74°18'58.45"	W	Provincia	: HUAMCASCANOS					
					Altitud	: 3.407	msnm	Distrito	: SACSAMARCA					
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1.965	57,01	130,12	96,80	16,66	10,51	3,46	3,20	8,07	12,72	11,14	7,53	36,43	393,64
2	1.966	69,44	75,39	103,16	18,63	18,17	0,31	0,63	0,31	4,53	29,18	28,09	33,39	381,22
3	1.967	168,18	275,45	172,97	59,14	14,57	0,77	4,98	3,86	10,41	8,25	8,32	23,92	750,81
4	1.968	148,71	56,53	139,22	11,90	13,69	7,36	0,57	3,76	4,86	25,75	26,23	43,92	482,50
5	1.969	31,75	95,97	145,00	50,92	0,85	1,16	0,59	1,33	8,71	10,26	25,29	48,15	419,97
6	1.970	180,93	83,78	124,32	24,76	15,83	0,79	0,66	0,32	21,41	11,06	12,02	26,98	502,84
7	1.971	64,36	114,98	126,37	42,40	1,48	0,53	0,31	0,52	1,04	6,51	4,14	60,82	423,47
8	1.972	119,63	129,56	187,42	13,22	1,75	1,57	1,54	0,92	15,88	28,00	9,89	58,29	567,67
9	1.973	107,11	100,76	114,03	50,39	3,15	4,04	0,89	4,51	25,58	5,74	17,78	36,62	470,59
10	1.974	201,24	107,39	105,55	46,62	2,96	0,93	0,81	19,56	6,57	4,82	18,20	28,75	543,41
11	1.975	119,70	104,73	144,94	5,08	28,82	3,97	0,32	0,00	4,28	12,08	3,96	66,79	494,68
12	1.976	168,54	155,53	109,91	11,05	7,79	0,00	5,43	7,73	40,13	5,89	8,26	29,67	549,93
13	1.977	12,73	184,00	123,74	5,89	0,81	0,00	3,36	0,00	17,10	6,97	24,51	20,63	399,75
14	1.978	95,89	40,83	63,74	24,91	3,15	0,00	0,02	3,33	4,04	11,09	25,53	26,91	299,44
15	1.979	75,39	63,73	130,54	5,74	1,55	0,50	1,68	3,43	2,50	17,09	6,33	29,71	338,20
16	1.980	86,27	31,57	116,79	6,28	3,06	0,95	9,80	3,20	16,54	31,57	6,19	27,56	339,78
17	1.981	90,35	149,64	95,09	44,91	0,14	0,00	0,20	15,76	4,14	7,36	23,06	92,74	523,39
18	1.982	97,03	97,35	68,82	27,04	0,00	1,29	0,00	1,02	14,48	26,53	35,40	30,74	399,70
19	1.983	52,23	85,05	105,83	23,41	5,30	0,93	0,00	0,95	12,76	9,72	6,33	48,05	350,56
20	1.984	92,46	127,71	117,15	27,66	3,29	8,50	2,00	7,47	8,11	20,05	33,17	49,99	497,57
21	1.985	61,30	141,01	247,04	66,89	17,98	4,07	0,15	0,22	5,25	14,88	11,96	70,50	641,25
22	1.986	142,58	182,46	164,93	22,44	6,18	0,02	2,43	1,58	4,56	2,40	6,89	68,53	604,98
23	1.987	121,11	71,80	60,96	16,79	6,24	1,13	1,31	4,14	4,82	9,57	10,74	20,73	329,33
24	1.988	123,57	124,47	108,18	38,23	7,87	0,00	0,20	0,00	5,24	12,48	9,88	63,78	493,89
25	1.989	231,51	186,33	150,94	28,11	5,74	1,47	0,58	2,00	2,17	13,09	11,43	36,04	669,40
26	1.990	85,42	74,67	85,77	13,24	21,92	8,71	0,22	5,96	5,70	9,09	37,05	78,43	426,17
27	1.991	85,21	57,11	142,50	20,80	4,01	2,88	0,00	0,32	3,40	7,18	10,20	25,92	359,52
28	1.992	65,95	72,95	94,43	19,31	3,12	1,31	0,38	3,72	4,10	10,34	10,43	22,97	309,02
29	1.993	136,64	118,95	133,53	38,75	8,37	4,35	0,72	2,81	6,13	14,10	14,20	61,25	539,81
30	1.994	141,17	167,81	133,11	24,29	11,53	5,77	0,49	0,13	4,05	3,35	8,58	29,89	530,19
31	1.995	86,71	60,65	125,65	17,46	1,46	0,13	0,00	0,89	8,26	7,81	40,68	52,71	402,40
32	1.996	96,09	160,27	96,78	67,74	4,32	0,13	0,00	7,24	8,34	4,43	10,45	39,86	495,64
33	1.997	96,74	116,48	104,33	25,33	6,39	1,33	1,35	6,82	14,65	11,02	16,40	71,47	472,32
34	1.998	167,28	116,13	106,20	14,06	1,55	4,96	0,00	2,04	4,49	8,22	31,84	64,85	521,60
35	1.999	93,52	201,68	107,69	29,36	6,37	0,10	0,52	1,13	5,64	27,61	6,79	41,84	522,24
36	2.000	166,54	126,90	134,74	21,37	8,69	0,18	0,00	6,76	6,36	25,53	12,38	67,61	577,06
37	2.001	115,67	134,29	149,32	49,15	3,63	1,27	0,61	1,74	8,68	11,36	9,76	22,46	507,93
38	2.002	120,17	141,26	139,92	33,76	10,53	3,17	10,94	5,79	8,39	10,41	34,34	37,23	555,90
39	2.003	88,42	95,28	108,16	23,27	10,08	1,30	0,61	1,71	5,17	10,29	17,14	48,14	409,56
40	2.004	93,75	105,58	114,43	49,35	1,28	0,17	11,40	6,85	10,85	9,72	12,94	59,74	476,07
41	2.005	86,94	97,36	91,59	28,60	1,27	0,16	0,07	3,63	13,58	11,60	17,21	67,78	419,78
42	2.006	108,31	150,10	126,70	23,67	1,26	0,45	0,06	5,27	5,18	9,80	19,62	50,91	501,33
N° Datos		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Media		108,42	116,99	121,86	28,30	6,82	1,91	1,64	3,73	9,07	12,70	16,46	45,78	473,68
Desv. Estandar		44,84	47,97	33,45	16,38	6,49	2,35	2,85	4,05	7,30	7,63	10,09	18,58	99,43
Coef. Variacion		41,36	41,00	27,45	57,89	95,09	123,03	173,30	108,51	80,49	60,10	61,32	40,58	20,99
Prec. Max.		231,51	275,45	247,04	67,74	28,82	8,71	11,40	19,56	40,13	31,57	40,68	92,74	750,81
Prec. Min.		12,73	31,57	60,96	5,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	2,40	3,96	20,63	299,44

FUENTE : ELABORACION PROPIA

DATE & HOUR OF PROCESS : 14/06/2019 22:52

FIGURA V-3



CUADRO V - 4

CALCULO DE PRECIPITACION EFECTIVA AL 75% DE PERSITENCIA

PP al 75% de Persistencia	85,6	84,1	104,6	17,0	1,6	0,2	0,2	0,9	4,5	7,9	8,9	29,7
Precipitación Efectiva al 75% (METODO % FIJO DE PP)	68,5	67,3	83,7	13,6	1,3	0,1	0,1	0,7	3,6	6,3	7,1	23,7
Precipitación Efectiva al 75% (METODO PP FIABLE)	44,5	43,3	59,7	0,2	(9,0)	(9,9)	(9,9)	(9,4)	(7,3)	(5,3)	(4,7)	7,8
Precipitación Efectiva al 75% (METODO U.S.A.)	70,4	69,4	82,8	11,4	-	-	-	-	-	2,8	3,7	23,4
Precipitación Efectiva al 75% (METODO USDA.)	73,9	72,8	87,1	16,5	1,6	0,2	0,2	0,9	4,5	7,8	8,7	28,3

Elaboración Propia

CUADRO V- 5

CEDULA DE CULTIVO

CULTIVOS BASE	ÁREA		CULTIVOS ROTACION	ÁREA		MESES											
	Há	%		Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Papa	40,00	33,06%	Maiz	30,00	33,33%												
Maiz	30,00	24,79%	Papa	25,00	27,78%												
Habas	10,00	8,26%	Arveja	10,00	11,11%												
Arvejas	10,00	8,26%	Habas	10,00	11,11%												
Cebada	11,00	9,09%	Trigo	10,00	11,11%												
Trigo	10,00	8,26%	Cebada	5,00	5,56%												
Alfalfa	10,00	8,26%															
Cultivado (há)	121	100%	Cultivado (há)	90	100%	121	121	121	121	100	100	100	100	100	100	121	121

CUADRO V-6																		
CEDULA DE CULTIVO CON PROYECTO																		
Ingrese para cada mes Kc y modalidad de cultivo (base "B", de rotación "R") correspondientes.																		
CULTIVOS	ÁREA		CULTIVOS	ÁREA		Modalidad de Cultivo												
	BASE	Há		%	ROTACIÓN	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Papa	40,00	33,06%	Maiz	30,00	33,33%	B	B	B	B	R	R	R	R	R	R	R	B	B
Maiz	30,00	24,79%	Papa	25,00	27,78%	B	B	B	B	R	R	R	R	R	R	R	B	B
Habas	10,00	8,26%	Arveja	10,00	11,11%	B	B	B	B	R	R	R	R	R	R	R	B	B
Arvejas	10,00	8,26%	Habas	10,00	11,11%	B	B	B	B	R	R	R	R	R	R	R	B	B
Cebada	11,00	9,09%	Trigo	10,00	11,11%	B	B	B	B	R	R	R	R	R	R	R	B	B
Trigo	10,00	8,26%	Cebada	5,00	5,56%	B	B	B	B	R	R	R	R	R	R	R	B	B
Alfalfa	10,00	8,26%				B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Cultivado (há)	121,00	100,00%	Cultivado (há)	90,00	100,00%	121,00	121,00	121,00	121,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	121,00	121,00

CUADRO Nº V-7																	
COERCIENTE DE CULTIVOS																	
CULTIVOS	ÁREA		CULTIVOS	ÁREA		Kc de los cultivos											
	BASE	Há		%	ROTACIÓN	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Papa	40,00	33,06%	Maiz	30,00	33,33%	0,75	1,05	0,95	0,75	0,40	0,60	0,80	1,15	1,05	0,85	0,45	0,55
Maiz	30,00	24,79%	Papa	25,00	27,78%	0,80	1,15	1,05	0,85	0,45	0,55	0,75	1,05	0,95	0,75	0,40	0,60
Habas	10,00	8,26%	Arveja	10,00	11,11%	0,85	0,92	0,75	0,65	0,45	0,65	1,05	1,02	0,75	0,65	0,35	0,55
Arvejas	10,00	8,26%	Habas	10,00	11,11%	0,95	1,01	0,85	0,65	0,35	0,55	0,85	0,92	0,75	0,65	0,35	0,75
Cebada	11,00	9,09%	Trigo	10,00	11,11%	0,65	0,85	0,62	0,41	0,35	0,55	0,75	0,95	0,75	0,45	0,32	0,51
Trigo	10,00	8,26%	Cebada	5,00	5,56%	0,75	0,95	0,75	0,45	0,32	0,51	0,65	0,85	0,62	0,41	0,35	0,55
Alfalfa	10,00	8,26%				0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Kc ponderado	121,00	100,00%	Kc ponderado	90,00	100,00%	0,65	0,86	0,77	0,62	0,36	0,48	0,65	0,85	0,75	0,60	0,38	0,50

CUADRO V - 8

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Método de Hargreaves, en función a Humedad Relativa y Temperatura

Latitud: S 13,95

Longitud: W 74°18'58.45"

Altitud: 3407 msnm

PARÁMETRO DE CÁLCULO	UNID.	MESES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Días/Mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
TF - Temperatura Media Mensual	°F	52,9	52,5	52,2	51,2	49,1	48,2	47,1	48,7	50,8	52,7	53,3	53,4
HR - Humedad Relativa	%	72,5	68,5	73,5	64,0	60,0	53,0	50,0	57,5	60,5	58,5	59,5	65,5
CH - Factor de Corrección Humedad		0,871	0,932	0,855	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,975
CE - Factor de Corrección Altitud		1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068
MF: Factor Mensual de Evapotransp.		2,679	2,316	2,340	1,960	1,735	1,538	1,650	1,896	2,145	2,490	2,565	2,704
ETo - Evapotransp. Potencial Mensual	mm	125,2	114,9	105,9	101,3	86,5	75,2	78,8	93,7	110,5	133,0	138,6	142,9
ETo - Evapotransp. Potencial Diario	mm	4,04	4,11	3,42	3,38	2,79	2,51	2,54	3,02	3,68	4,29	4,62	4,61

Altitud (msnm)

Factor de Corrección por Altitud

Temperatura Media Mensual

Temperatura °F

Factor de Corrección Humedad

Factor Mensual de Evapotranspiración

Evapotranspiración Potencial

E

$$CE = 1.0 + 0.04 (E/2000)$$

°C

$$TF = 1.8 * °C + 32$$

$$CH = 0.166 * (100 - HR)^{0.5}; \text{ Si, } HR < 64\% \rightarrow CH = 1.0$$

$$MF \Rightarrow \text{Tabla N}^\circ 1$$

$$ETo = TF * CH * MF * CE$$

CUADRO V - 9

DEMANDA DE AGUA CON PRECIPITACIÓN EFECTIVA AL 75%

FACTORES	UNID.	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
días/mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Area cult./mes	Has	121,00	121,00	121,00	121,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	121,00	121,00
Kc Ponderado		0,65	0,86	0,77	0,62	0,36	0,48	0,65	0,85	0,75	0,60	0,38	0,50
ETo - Evapotransp. Potencial Diario	mm	4,04	4,11	3,42	3,38	2,79	2,51	2,54	3,02	3,68	4,29	4,62	4,61
ETr - Evapotransp. Potencial Real o U.C.	mm/día	2,63	3,53	2,62	2,11	1,00	1,21	1,66	2,57	2,75	2,56	1,76	2,29
Precip. Efectiva	mm/mes	73,90	72,78	87,12	16,49	1,60	0,17	0,16	0,93	4,51	7,81	8,75	28,27
Lámina Neta (Ln)	mm/mes	7,50	26,06	0,00	46,74	29,33	36,13	51,24	78,64	78,10	71,66	43,98	42,71
Efic. Riego	%	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Lámina Bruta (Lb)	mm/mes	21,43	74,46	0,00	133,54	83,80	103,21	146,39	224,67	223,13	204,75	125,65	122,04
Demanda (Db)	m3/Ha	214,35	744,62	0,00	1335,44	838,02	1032,15	1463,88	2246,74	2231,29	2047,52	1256,48	1220,41
Demanda Total*1000	m3	25,94	90,10	0,00	161,59	83,80	103,21	146,39	224,67	223,13	204,75	152,03	147,67
N°Horas de riego/día	Hr	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Demanda Q para 16 Horas	l/seg.	14,53	55,86	0,00	93,51	46,93	59,73	81,98	125,83	129,13	114,67	87,98	82,70
Módulo de Riego.	l/s/Ha	0,12	0,46	0,00	0,77	0,47	0,60	0,82	1,26	1,29	1,15	0,73	0,68
Caudal diseño	m3/seg.									0,129			
	l/seg.									129,13			

Demanda de Agua

DMA (1000 m³)

Donde:

Área de cultivo: A (há)
 Evapotranspiración Potencial: ETo (mm)
 Coeficiente de Cultivo: Kc
 Precipitación Efectiva al 75%: PE (mm)
 Eficiencia de riego: Er (%)
 Módulo de riego: Mr (l/s/há)

$$DMA_i = \frac{A_i (ETo_m Kc_i - PE_m)}{100 Er}$$

$$Mr = \frac{Q}{A_n}$$

Cuadro N° V - 10

OFERTA MENSUAL DE AGUA DE RIEGO												
DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
(a) N° DE DIAS POR MES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
(b) CAUDAL CONTINUO (l/s)	1890,51	2185,25	2284,64	543,03	110,46	86,08	78,13	84,82	117,44	134,04	134,17	399,68
VOL. MENSUAL PARA TR 16 Hrs (m ³ /mes) (a x b x 86.4)	3375702,1	3524371,3	4079461,5	938357,9	197239,0	148738,5	139505,1	151453,8	202936,9	239338,1	231846,0	713673,8

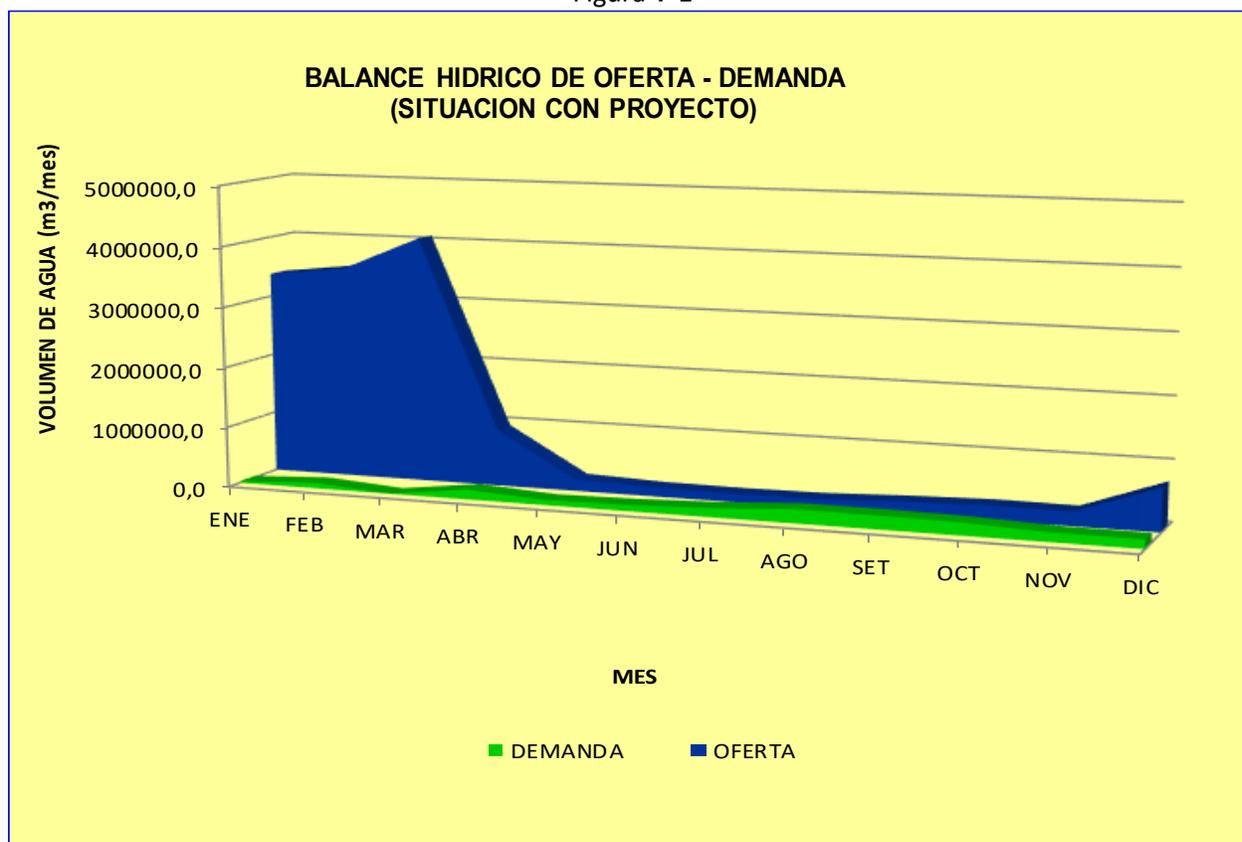
Elaboración Propia

Cuadro N° V - 11												
BALANCE HIDRICO DE OFERTA - DEMANDA (SITUACION CON PROYECTO - RIEGO POR GRAVEDAD)												
DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
VOL. MENSUAL DEMAND. (m ³ /mes)	25935,8	90099,0	0,0	161588,3	83802,4	103215,0	146388,0	224674,2	223128,8	204752,1	152034,6	147669,8
VOL. MENSUAL OFERT. (m ³ /mes)	3375702,1	3524371,3	4079461,5	938357,9	197239,0	148738,5	139505,1	151453,8	202936,9	239338,1	231846,0	713673,8
BALANCE OFER - DEM (m ³ /mes)	3349766,3	3434272,3	4079461,5	776769,6	113436,6	45523,5	-6882,8	-73220,4	-20191,9	34586,0	79811,4	566004,0

SIGNO:(+) SUPERAVIT SIGNO:(-) DEFICIT

Elaboración Propia

Figura V-1



Elaboración Propia

ANEXO VI

PLANOS

Plano 1: Ubicación de la Microcuenca Huancallima

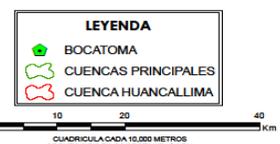
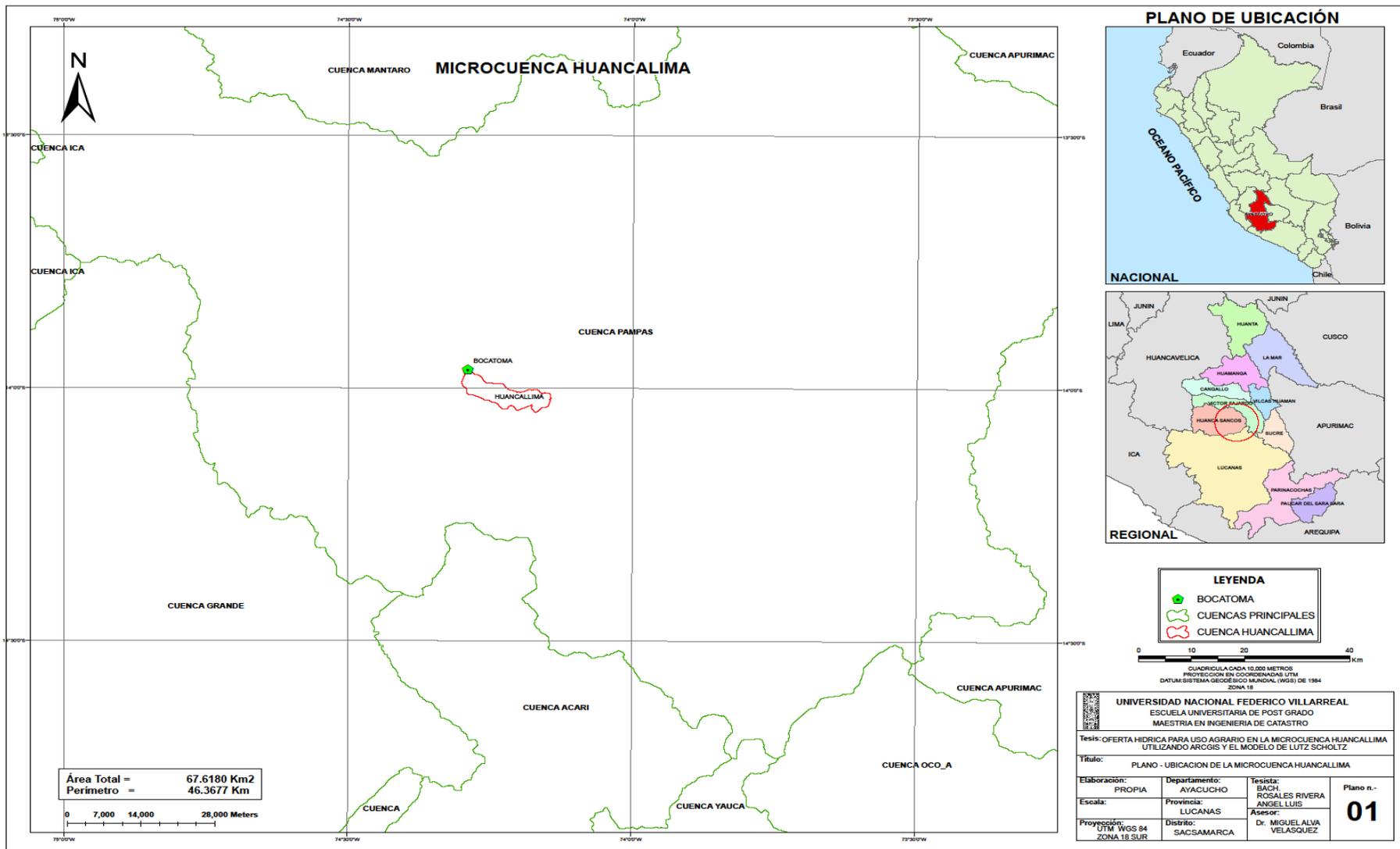
**Plano 2: Microcuenca Hidrográfica del Río
Huancallima**

Plano 3: Orden de Ríos

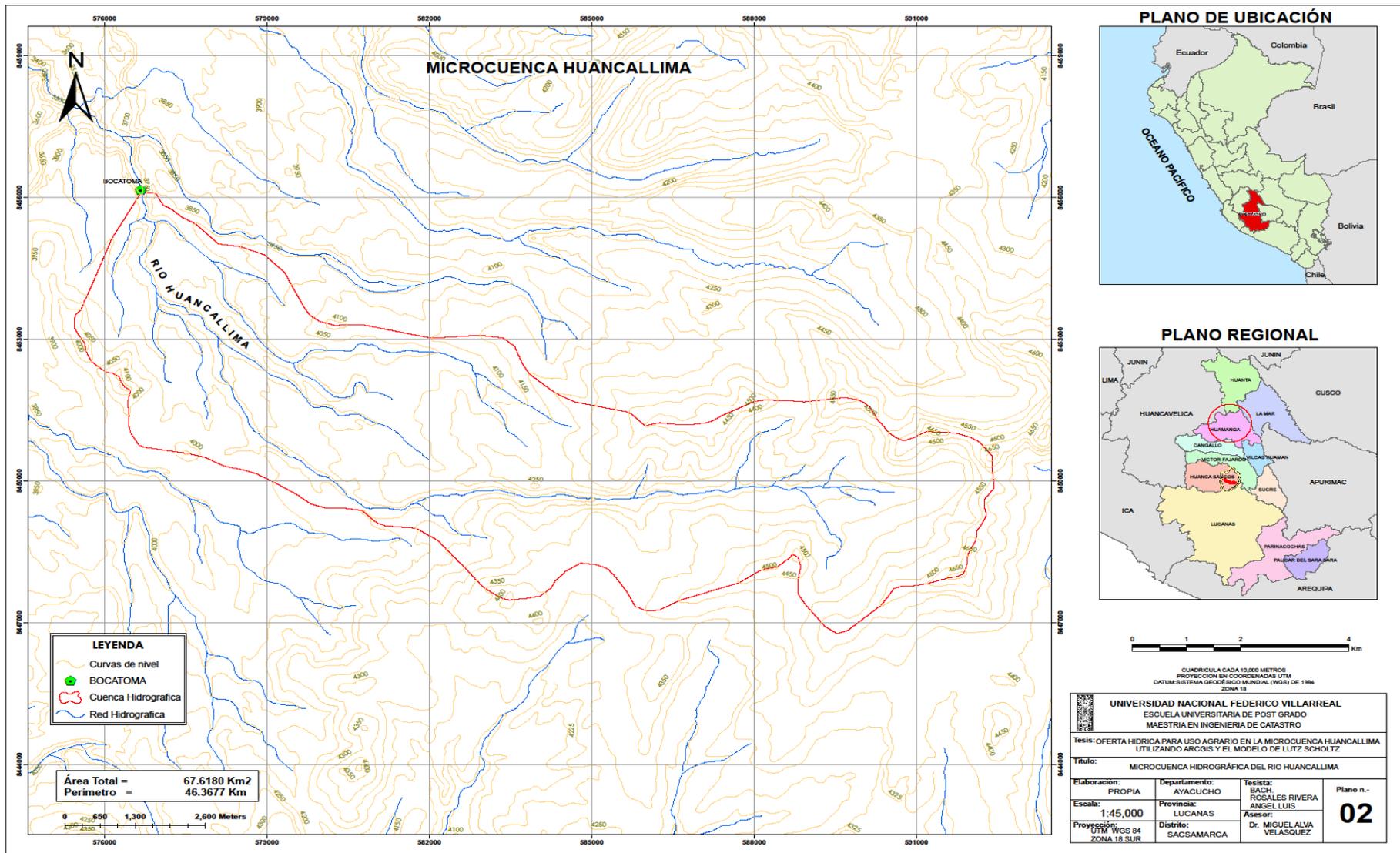
Plano 4: Áreas parciales cada 100 m. de Altitud

Plano 5: Curva Hipsométrica

**Plano 6: Estaciones meteorológicas y
pluviométricas**



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL ESCUELA UNIVERSITARIA DE POST GRADO MAESTRIA EN INGENIERIA DE CATASTRO			
Tesis: OFERTA HIDRICA PARA USO AGRARIO EN LA MICROCUENCA HUANCALLIMA UTILIZANDO ARCGIS Y EL MODELO DE LUTZ SCHOLTZ			
Título: PLANO - UBICACION DE LA MICROCUENCA HUANCALLIMA			
Elaboración: PROPIA	Departamento: AVACUCHO	Tesista: ROSALES RIVERA ANGEL LUIS	Plano n.- 01
Escala: LUCANAS	Distrito: SACSAMARCA	Asesor: Dr. MIGUEL ALVA VELASQUEZ	
Proyección: UTM WGS 84 ZONA 18 SUR			



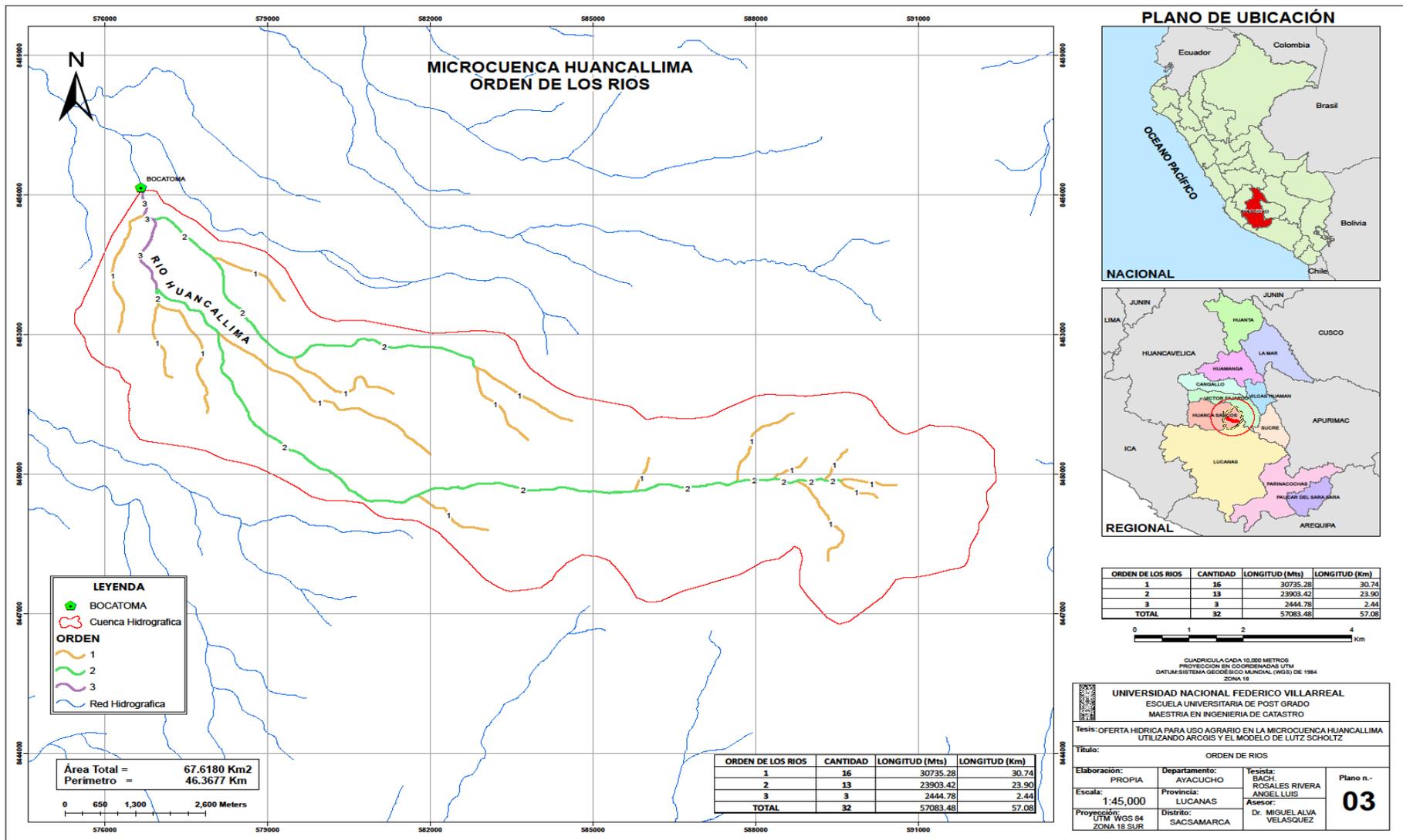
CUADRICULA CADA 10.000 METROS
PROYECCION EN COORDENADAS UTM
DATUM: SISTEMA GEODESICO MUNDIAL (WGS) DE 1984
ZONA 18

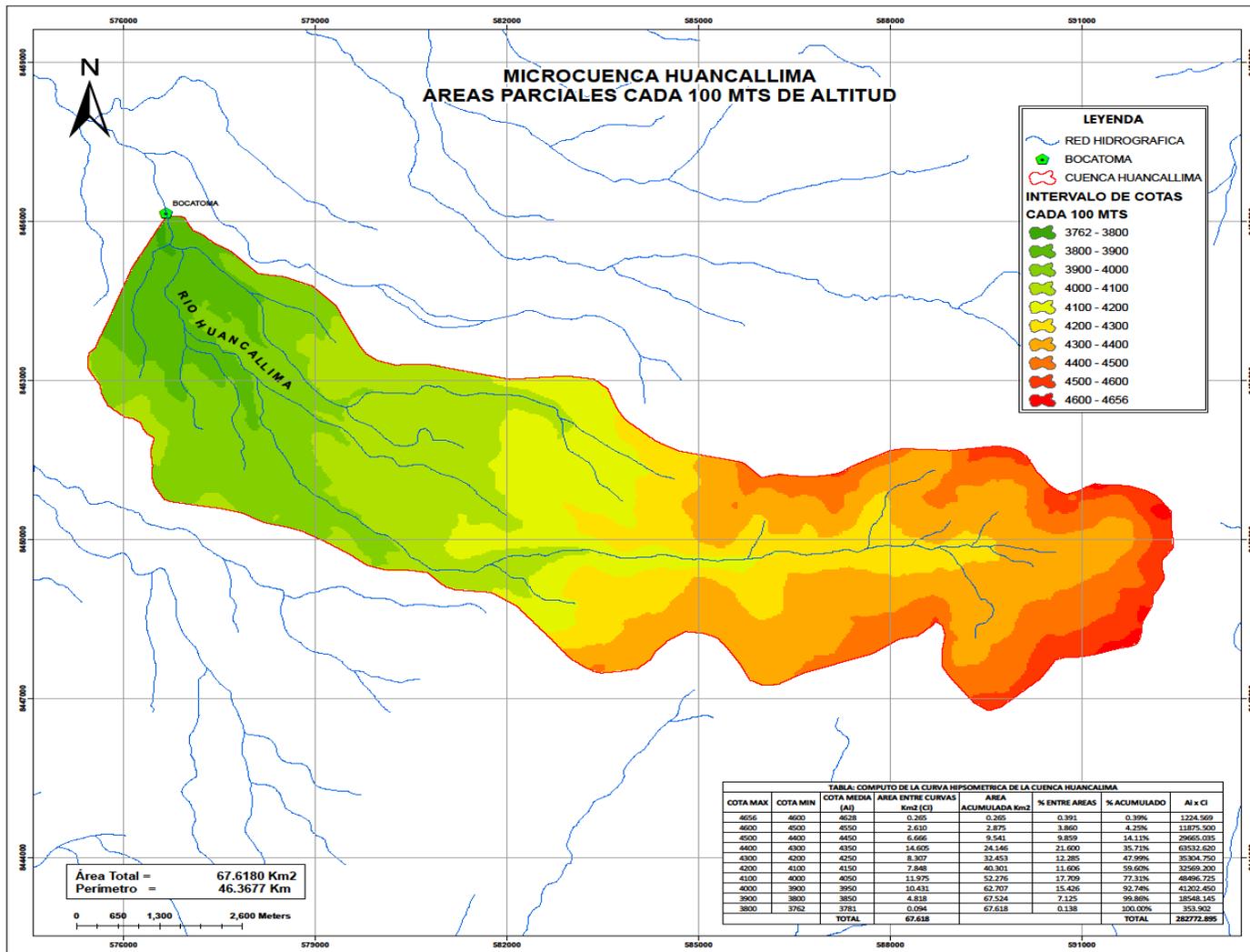
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POST GRADO
MAESTRIA EN INGENIERIA DE CATASTRO

Tesis: OFERTA HIDRICA PARA USO AGRARIO EN LA MICROCUENCA HUANCALLIMA UTILIZANDO ARCGIS Y EL MODELO DE LUTZ SCHOLTZ

Título: MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO HUANCALLIMA

Elaboración: PROPIA	Departamento: AYACUCHO	Tesisista: BACH. ROSALES RIVERA ANGEL LUIS	Plano n. 02
Escala: 1:45,000	Provincia: LUCANAS	Auxiliar: Dr. MIGUEL ALVA VELASQUEZ	
Proyección: UTM WGS 84 ZONA 18 SUR	Distrito: SACSAMARCA		





**MICROCUENCA HUANCALLIMA
AREAS PARCIALES CADA 100 MTS DE ALTITUD**

- LEYENDA**
- RED HIDROGRAFICA
 - BOCATOMA
 - CUENCA HUANCALLIMA
- INTERVALO DE COTAS
CADA 100 MTS**
- 3762 - 3800
 - 3800 - 3900
 - 3900 - 4000
 - 4000 - 4100
 - 4100 - 4200
 - 4200 - 4300
 - 4300 - 4400
 - 4400 - 4500
 - 4500 - 4600
 - 4600 - 4656

Area Total = 67.6180 Km²
Perimetro = 46.3677 Km

COTA MAX	COTA MIN	COTA MEDIA (A)	AREA ENTRE CURVAS Km ² (C)	AREA ACUMULADA Km ²	% ENTRE AREAS	% ACUMULADO	Ai x Ci
4656	4600	4628	0.265	0.265	0.391	0.39%	1224.569
4600	4550	4575	2.610	2.875	3.860	4.25%	11875.500
4550	4400	4475	6.666	9.541	9.859	14.11%	29665.035
4400	4300	4350	14.606	24.146	21.600	31.73%	63532.620
4300	4200	4250	8.307	32.453	12.285	47.99%	35304.750
4200	4100	4150	7.848	40.301	11.606	59.60%	32569.200
4100	4000	4050	11.975	52.276	17.709	77.33%	48496.725
4000	3900	3950	10.431	62.707	15.406	92.74%	41202.400
3900	3800	3850	4.818	67.524	7.125	99.86%	18548.145
3800	3762	3781	0.094	67.618	0.138	100.00%	353.902
		TOTAL	67.618	67.618	TOTAL	28272.895	

PLANO DE UBICACION



COTA MAX	COTA MIN	COTA MEDIA	AREA ENTRE CURVAS	AREA ACUMULADA	% ENTRE AREAS	% ACUMULADO	Ai x Ci
4656	4600	4628	0.265	0.265	0.391	0.39%	1224.569
4600	4550	4575	2.610	2.875	3.860	4.25%	11875.500
4550	4400	4475	6.666	9.541	9.859	14.11%	29665.035
4400	4300	4350	14.606	24.146	21.600	31.73%	63532.620
4300	4200	4250	8.307	32.453	12.285	47.99%	35304.750
4200	4100	4150	7.848	40.301	11.606	59.60%	32569.200
4100	4000	4050	11.975	52.276	17.709	77.33%	48496.725
4000	3900	3950	10.431	62.707	15.406	92.74%	41202.400
3900	3800	3850	4.818	67.524	7.125	99.86%	18548.145
3800	3762	3781	0.094	67.618	0.138	100.00%	353.902
		TOTAL	67.618	67.618	TOTAL	28272.895	

0 1 2 4 Km
CUADRICULA CADA 10.000 METROS
PROYECCION EN COORDENADAS UTM
DATUM SISTEMA GEOIDICO MUNDIAL (WGS) DE 1984
ZONA 18

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POST GRADO
MAESTRIA EN INGENIERIA DE CATASTRO

Tesis: OFERTA HIDRICA PARA USO AGRARIO EN LA MICROCUENCA HUANCALLIMA UTILIZANDO ARCGIS Y EL MODELO DE LUTZ SCHOLTZ

Título: AREAS PARCIALES CADA 100 MTS DE ALTITUD

Elaboración: PROPIA Departamento: AYACUCHO Tesis: BACH. ROGALES RIVERA ANGEL LUIS Plano n. -

Escala: 1:45,000 Provincia: LUCANAS Asesor: Dr. MIGUEL ALVA VELASQUEZ **04**

Proyección: UTM WGS 84 ZONA 18 SUR

