

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO
PACAYCASA, DISTRITO PACAYCASA, HUAMANGA,
AYACUCHO - 2016**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
FRANKLIN YANCE SOTO**

**AYACUCHO - PERÚ
2017**

Con todo cariño a mi padre Vidal a mi madre Zare, por su apoyo incondicional en los momentos más importantes de mi desarrollo personal y académico.

A mi gran amor Marleny por sus palabras y confianza y fruto de nuestro amor Sebastian, el gran motivo de todo mi esfuerzo.

A la primera escuela profesional de Agronomía que me vio crecer académicamente y como persona; en especial a Ruben y Moisés, por enseñarme a tomar la responsabilidad con humor.

A mis compañeros presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus sinceros agradecimientos:

- Agradezco profundamente el valioso apoyo recibido de nuestra alma mater **Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga**, casa superior de estudios.
- A la **Facultad de Ciencias Agrarias**, en particular a los docentes de la **Escuela de Formación Profesional de Agronomía**, que fue de mucha importancia para la realización de esta tesis.
- Agradezco especialmente al Ing. M.Sc. Rubén Alfredo Meneses Rojas, asesor del presente trabajo, por su aporte y apoyo brindado.
- Al Ing. Moisés A. Quispe Cadenas por su aporte y apoyo brindado, para la realización del presente trabajo.
- A la Ing. M.Sc. Sandra Del Águila Ríos y al Ing. Efraín Chuchón Prado por su asesoría siempre dispuesta.
- Agradezco sinceramente a las siguientes personas por sus contribuciones a este trabajo: Noel Valdez Quispe, Fidel Salvatierra Ayala, Jhon M. Pariona Chavelon y Efraín León Lujan.

RESUMEN

El presente trabajo se ha elaborado a fin de realizar la simulación hidrológica de la cuenca del río Pacaycasa para el sustento del dimensionamiento de las estructuras hidráulicas del previstas del esquema hidráulico del C.E. de Wayllapampa (UNSCH) – Ayacucho, conociendo los factores que influyen, los parámetros geomorfológicos y análisis de variables climatológicas, que permite evaluar el potencial hídrico y la oferta de agua superficial en el punto de emisión, a fin de determinar los caudales medios mensuales y caudales de máximas avenidas con sus respectivos periodos de retorno; la demanda de agua y necesidades de riego de la cédula de cultivos propuesto para el respectivo balance hídrico.

La metodología ha consistido en actividades preliminares, recopilación de información básica, datos hidrometeorológicos; trabajos de campo para recojo de información de fuente primaria (inspecciones, evaluaciones, aforos, toma de muestras, otros); trabajos de gabinete para el análisis, evaluación e interpretación de resultados y redactar el informe final. Empleo de métodos determinísticos, probabilísticos, como la determinación de caudales medios mensuales por el método Lutz Scholz. Varios métodos para el cálculo de la evapotranspiración potencial y con ello la demanda de agua del proyecto. Métodos probabilísticos para calcular los eventos hidrológicos extremos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO	4
1.1. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICO.....	4
1.1.1. Parámetros de superficie.....	4
1.1.2. Parámetros de Forma.....	5
1.1.3. Parámetros de relieve.....	8
1.1.4. Características del sistema de drenaje.....	11
1.2. VARIABLES METEOROLÓGICOS.....	11
1.2.1. Temperatura.....	11
1.2.2. Humedad Atmosférica.....	12
1.2.3. Radiación solar.....	12
1.2.4. Viento.....	12
1.3. CICLO HIDROLÓGICO.....	12
1.3.1. Modelo del sistema hidrológico.....	14
1.3.2. Clasificación del modelo hidrológico.....	14
1.4. MODELO PROPUESTO POR LUTZ SCHOLZ -1980.....	16
1.4.1. Modelo determinístico – Estocástico Lustz Scholz.....	16
a. Ecuación del balance hídrico.....	16
b. Coeficiente de escurrimiento.....	17
c. Evapotranspiración anual (EP).....	18
d. Precipitación efectiva (PE).....	21
e. Retención de la cuenca.....	23
f. Relación entre descargas y retención.....	23
g. Coeficiente de agotamiento.....	24
h. Almacenamiento hídrico.....	26
i. Abastecimiento de la retención.....	26
1.5. ANALISIS DE EVENTOS EXTREMOS.....	27
a. Intensidad de la Lluvia.....	28
b. Obtención de la intensidad.....	29
c. Coeficiente de esorrentía.....	31
d. Distribución de frecuencias.....	32
1.6. OFERTA HÍDRICA.....	33
1.7. DEMANDA HÍDRICA EN LA AGRICULTURA.....	35

a. Evapotranspiración (ET)	35
b. Evapotranspiración Potencial (ETo)	36
c. Evapotranspiración del cultivo (ETc)	36
d. Evapotranspiración actual (ETA)	36
e. Métodos para obtener la ETo	36
f. Cédula de cultivo.....	36
g. Precipitación pluvial	37
h. Eficiencia de aplicación.....	39
1.8. BALANCE HÍDRICO	39

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	41
2.1.1. Antecedentes	41
2.1.2. Ubicación y demarcación de la Unidad Hidrográfica.....	42
2.1.3. Demarcación Hidrográfica	42
2.1.4. Demarcación Política	42
2.1.5. Demarcación Administrativa	45
2.1.6. Cobertura vegetal.....	45
2.1.7. Clasificación de suelo	45
2.1.8. Accesibilidad – Vías de Comunicación.....	49
2.1.9. Actividades socio económicas.....	49
2.2. MATERIALES.....	49
2.2.1. Materiales y equipos	49
2.2.2. Programas.....	49
2.2.3. Información cartográfica	49
2.2.4. Información hidrometeorología	50
2.2.5. Trabajos de gabinete	50
2.3. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	50
2.3.1 Parámetros geomorfológicos.....	50
2.3.1. Variables climatológicas	53
2.3.2. Oferta de agua superficial.....	60
2.3.2.1. Método Racional para eventos extremos.....	68
2.1.1. Demanda de agua y necesidad de riego.....	79
2.1.2. Balance hídrico	84

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	85
3.1. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA PACAYCASA	85
3.2. VARIABLES CLIMATOLÓGICAS DE LA CUENCA PACAYCASA	89
3.3. ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA PRECIPITACION	95

3.4. OFERTA DE AGUA EN EL AMBITO DEL PROYECTO	100
3.4.1. Para fuentes existentes y caudales medios - Lutz Scholz	100
3.4.2. Para eventos extremos	102
3.5. DEMANDA DE AGUA PROYECTADA	103
3.6. BALANCE HIDRICO	111
3.7. CALIDAD DEL AGUA	114

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
4.1. CONCLUSIONES	116
4.2. RECOMENDACIONES	117
BIBLIOGRAFÍA.....	119
ANEXOS.....	122
ANEXO I: PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS	122
ANEXO II: VARIABLES METEOROLÓGICAS	129
ANEXO III: ANÁLISIS DE DATOS DE PRECIPITACIÓN	136
ANEXO IV: OFERTA DE AGUA	175
ANEXO V: MÁXIMAS AVENIDAS	184
ANEXO VI: DEMANDA DE AGUA	215
ANEXO VII: CALIDAD DE AGUA.....	232
ANEXO VIII: PANEL FOTOGRÁFICO	234
ANEXO IX: RELACIÓN DE PLANOS	240

CUADROS

Cuadro 1.1: Clasificación propuesta para el tamaño de cuencas.....	4
Cuadro 1.2: Coeficientes para el Cálculo de la Precipitación Efectiva	22
Cuadro 1.3: Almacenamiento durante la época de lluvia valores en porcentaje	27
Cuadro 1.4: Coeficiente de duración de lluvias entre 48 horas y una hora	30
Cuadro 1.5: Valores del coeficiente de escorrentía. En función del tipo y uso de suelo	31
Cuadro 1.6: Water Power Resources Service (WPRS)	38
Cuadro 2.1: Cobertura vegetal existente en la cuenca Pacayacasa	45
Cuadro 2.2: Clasificación de suelo según Soil Taxonomy	45
Cuadro 2.3: Clasificación de suelo según Soil Taxonomy en la cuenca Pacayacasa	46
Cuadro 2.4: Vías de acceso	49

Cuadro 2.5: Red de estaciones meteorológicas involucradas en el estudio	53
Cuadro 2.6: Temperatura media mensual (°C)	54
Cuadro 2.7: Red de estaciones meteorológicas involucradas en el estudio	55
Cuadro 2.8: Longitud de registro de las estaciones en estudio (1991-2013)	56
Cuadro 2.9: Análisis de correlación	58
Cuadro 2.10: Evapotranspiración Potencial	61
Cuadro 2.11: Coeficiente de escorrentía – método Turc	62
Cuadro 2.12: Coeficiente de retención de la cuenca Apacheta	62
Cuadro 2.13: Periodo seco comprendido entre abril y octubre	63
Cuadro 2.14: Generación de caudales del río Apacheta	63
Cuadro 2.15: Cálculo de caudales río Pacaycasa	64
Cuadro 2.16: Generación de caudales mensual (mm/mes)	66
Cuadro 2.17: Generación de caudales mensuales río Pacaycasa (m ³ /s)	67
Cuadro 2.18: Precipitación máxima en 24 horas, estación Pacaycasa	69
Cuadro 2.19: Ajuste de distribución Gumbel	70
Cuadro 2.20: Serie de precipitaciones máximas de 24 horas	71
Cuadro 2.21: Precipitación máxima de 24 horas	71
Cuadro 2.22: Coeficientes de bondad de ajuste	72
Cuadro 2.23: Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora	73
Cuadro 2.24: Coeficiente de escorrentía	75
Cuadro 2.25: Tiempo de concentración	76
Cuadro 2.26: Tiempo de llegada	76
Cuadro 2.27: Coeficiente de escorrentía	77
Cuadro 2.28: Distribución de los caudales	77
Cuadro 2.29: Generación de caudales máximos, para diferentes periodos de retorno	78
Cuadro 2.30: Distribución de los caudales	78
Cuadro 2.31: Generación de caudales máximos, para diferentes periodos de retorno	79
Cuadro 2.32: Consolidado de ETo	79
Cuadro 2.33: Kc de maíz grano	81
Cuadro 2.34: Área parcial de cultivo y periodos de cultivo	82
Cuadro 2.35: Precipitación efectiva del sector de riego Wayllapampa	83
Cuadro 3.1: Rectángulo equivalente	86
Cuadro 3.2: Pendiente promedio de la cuenca	87
Cuadro 3.3: Pendiente promedio de la red hídrica	87
Cuadro 3.4: Curva hipsométrica	88
Cuadro 3.5: Variación mensual temperatura media (°C)	90

Cuadro 3.6: Variación mensual temperatura máxima mensual (°C).....	91
Cuadro 3.7: Variación mensual temperatura mínima (°C)	91
Cuadro 3.8: Variación mensual de la humedad relativa (%).....	92
Cuadro 3.9: Variación mensual de la velocidad del viento (m/s)	93
Cuadro 3.10: Variación mensual de horas de sol (Horas)	94
Cuadro 3.11: Curva doble masa (1991 - 2012).....	95
Cuadro 3.12: Análisis de doble masa (1991 - 2012).....	96
Cuadro 3.13: Registro de precipitación media mensual (mm) de la cuenca Pacaycasa	98
Cuadro 3.14: Registro de precipitación media mensual (mm) del sector de riego.....	99
Cuadro 3.15: Rendimiento de la cuenca Pacaycasa	101
Cuadro 3.16: Resumen de caudales de máximas avenidas para periodos de retornos distintos	102
Cuadro 3.17: Áreas por unidades de riego Proyectada	104
Cuadro 3.18: Cédula de cultivo calendario agrícola actual	105
Cuadro 3.19: Cédula de cultivo calendario agrícola proyectada	107
Cuadro 3.20: Demanda de agua mensual con riego superficial por gravedad.....	108
Cuadro 3.21: Demanda hídrica (situación proyectada- Wayllapampa UNSCH).....	109
Cuadro 3.22: Distribución de caudales por unida de riego	110
Cuadro 3.23: Caudales medios mensuale de la cuenca Pacaycasa (Lutz Scholz).....	111
Cuadro 3.24: Demanda de agua de las unidades de riego (proyectada).....	112
Cuadro 3.25: Balance de la oferta – demanda.....	113
Cuadro 3.26: Resultados de análisis de calidad de agua de la cuenca Pacaycasa	115
Cuadro 4.1: Resumen de caudales de máximas avenidas para periodos de retornos distintos	117

FIGURAS

Figura 1.1: Modelo de curvas hipsométricas del ciclo de erosión (Senciales y Ferre, 1999)	8
Figura 1.2: Representación en diagrama de bloques del sistema hidrológico global (Ven Te Chow, 2000)	13
Figura 1.3: Clasificación de modelos hidrológicos de acuerdo con la forma, la aleatoriedad y la variabilidad especial temporal de los fenómenos hidrológicos (Ven Te Chow 2000).....	15
Figura 1.4: Esquema metodológico para la determinación de la oferta hídrica (SENAMHI, 2012).....	34

Figura 2.1: Mapa de ubicación hidrográfica.	43
Figura 2.2: Mapa de ubicación política.....	44
Figura 2.3: Esquema metodológico de parámetros geomorfológicos en la plataforma ArcMap.....	51
Figura 2.4: Ubicación de la bocatoma.....	51
Figura 2.5: Imágenes satelitales.....	52
Figura 2.6: Determinando del orden jerárquico y pendiente media de la cuenca del río Pacaycasa.....	52
Figura 2.7: Temperatura media mensual (°C).....	55
Figura 2.8: Curva de doble masa (1991-2012).....	59
Figura 2.9: Calibración del modelo Lutz Scholz.....	63
Figura 2.10: Caudales generados del río Pacaycasa.....	64
Figura 2.11: Curva de duración.....	67
Figura 2.12: Esquema metodológico para la generación de máximas avenidas a partir del método Racional.....	68
Figura 2.13: Plano n.2-C.....	74
Figura 2.14: Consolidado de ETo.....	80
Figura 3.1: Rectángulo equivalente.....	86
Figura 3.2: Perfil longitudinal del curso de agua.....	87
Figura 3.3: Curva hipsométrica de la cuenca Pacaycasa.....	88
Figura 3.4: Variación mensual temperatura media (°C).....	90
Figura 3.5: Variación mensual temperatura máxima mensual (°C).....	91
Figura 3.6: Variación mensual temperatura mínima (°C).....	91
Figura 3.7: Variación mensual de la humedad relativa (%).....	92
Figura 3.8: Variación mensual de la velocidad del viento (m/s).....	93
Figura 3.9: Variación mensual de horas de sol (Horas).....	94
Figura 3.10: Curva doble masa (1991 - 2012).....	96
Figura 3.11: Análisis de doble masa (1991 - 2012).....	97
Figura 3.12: Caudales medios mensuales al 75% de persistencia.....	101
Figura 3.13: Qmax. VS tiempo de retorno.....	102
Figura 3.14: Caudales medios mensuales de la cuenca Pacaycasa (Lutz Scholz).....	111
Figura 3.15: Demanda de agua de las unidades de riego (proyectada). ..	112
Figura 3.16: Balance de la oferta – demanda.....	113

INTRODUCCIÓN

Para Guevara (2015), “el agua superficial es un recurso natural disponible en la naturaleza de distribución irregular, tanto en el espacio, como en el tiempo; con fines de uso poblacional, agrícola, pecuario y otros, por lo que es necesario definir, su ubicación, cantidad, calidad, y distribución dentro de la cuenca”

El C.E. Wayllapampa capta la fuente de agua del río Pacaycasa de forma artesanal, para realizar el riego por gravedad bajo secano, que es de bajas eficiencias de distribución y aplicación, en contra de los principios de preservación, conservación y protección de los recursos hídricos.

El estudio permite la disponibilidad de agua de la cuenca del río Pacaycasa, a partir, del análisis de parámetros geomorfológicos y variables climatológicas, evaluando el potencial hídrico y la oferta de agua superficial en el punto de emisión, a fin de determinar los caudales medios mensuales y caudales de máximas avenidas con sus respectivos periodos de retorno; la demanda de agua y necesidades de riego de la cédula de cultivo propuesto para el respectivo balance hídrico, que permite el sustento del dimensionamiento de las estructuras hidráulicas previstas del esquema hidráulico del C.E. Wayllapampa (UNSCH) – Ayacucho.

Luego de la simulación hidrológica, permitirá el sustento del dimensionamiento de estructuras hidráulicas, como la construcción de una bocatoma en el punto de capta de la fuente de agua del río Pacaycasa. ubicada en la localidad de Occopa a inmediaciones de la localidad de Wayllapampa; para luego ser derivarla por el margen izquierdo y ser conducido en una longitud de 1+442.7km hasta el C.E. Wayllapampa, que beneficiará a los regantes aledaños y al C.E. Wayllapampa-UNSCH.

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El Centro Experimental Wayllapampa se encuentra a menos de 40 minutos de la ciudad de Huamanga, en el distrito de Pacaycasa, con una extensa propiedad que alcanza las 457 hectáreas de terreno; de la cual 30.31ha son tierra apta para riego bajo secano, destinada para la

investigación científica de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH.

La falta de la disponibilidad de agua, ha ocasionado que se trabaje llevando agua en cisternas para mantener los ganados; motivo por el cual se ha convertido en una inmensa área abandonada, donde los recursos no son aprovechados y donde, evidentemente no existe producción a gran escala y mucho menos de investigación.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.2.1 Objetivo general

Realizar la simulación hidrológica de la cuenca del río Pacaycasa para el sustento del dimensionamiento de las estructuras hidráulicas del sistema de riego del C. E. de Wayllapampa (UNSCH) – Ayacucho.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar los parámetros geomorfológicos y análisis de variables climatológicas de la cuenca del río Pacaycasa.
2. Evaluar el potencial hídrico y la oferta de agua superficial de la cuenca del río Pacaycasa.
3. Calcular la demanda de agua y necesidad de riego para la cédula de cultivos del sector de riego Wayllapampa.
4. Realizar el balance hídrico general para la cuenca del río Pacaycasa para las unidades de riego del C. E. de Wayllapampa.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Con el presente estudio se pretende mejorar la disponibilidad de agua de la fuente del río Pacaycasa con fines agrarios, para el sistema de riego del sector Wayllapampa, mediante el uso adecuado del recurso agua en los campos de cultivo, y así mejorar la calidad de vida. A partir de las características morfométricos y la información hidrometeorológica histórico, entre otros; mediante los modelos matemáticos determinados

por variables probabilísticos o aleatorios que no tienen un valor fijo en un punto particular del espacio y tiempo.

Para el adecuado uso del recurso hídrico disponible se complementa el cálculo de la demanda de agua para las áreas de riego, balance hídrico y el aporte para la toma de decisiones en el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas previstas del esquema hidráulico del C.E. Wayllapampa – UNSCH.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICO

1.1.1. Parámetros de superficie

Según Villón (2002), “se refiere al área proyectada en un plano horizontal, es de forma muy irregular, se obtiene después de delimitar la cuenca”.

a. Área o magnitud de la cuenca (A)

Es la característica geomorfológica más importante para el diseño. Está definida como la proyección horizontal, de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

Cuadro 1.1: Clasificación propuesta para el tamaño de cuencas

Tamaño de la cuenca (km²)	Descripción
Menos de 25	Muy pequeño
25 a 250	Pequeño
250 a 500	Intermedio pequeño
500 a 2500	Intermedio grande
2500 a 5000	Grande
Más de 5000	Muy grande

Fuente: Campos, 1992

b. Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro de la Unidad Hidrográfica, está definido por la longitud de la línea de división de aguas, que se conoce como el “parte aguas o Divortium Acuarium”, la unidad de medida es en Km.

1.1.2. Parámetros de Forma

Para Monsalve (2000), “estas características es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la hoya contribuya a la sección de la corriente en estudio, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de la misma”.

a. Longitud axial de la cuenca (L)

La longitud axial de la cuenca se mide siguiendo el curso del agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la cuenca.

b. Ancho medio (B)

Es la relación entre el área de la cuenca (A) y la longitud mayor del curso del río (L).

La expresión es la siguiente: $B = \frac{A}{L}$

Dónde:

B = Ancho promedio de la cuenca o unidad hidrográfica (km)

A = Área de la cuenca o unidades hidrográficas (km²)

L = Longitud mayor del río (longitud axial) (km).

c. Factor de Forma (Kf)

Horton (1945) sugirió un **factor adimensional de forma** (Kf)

$$Kf = \frac{A}{Lc^2}$$

Dónde:

F : factor adimensional de forma de Horton

A : área de la cuenca, km²

Lc²: Longitud de la cuenca, que se define como la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta. Km

Es la relación entre el área de la cuenca y su longitud mayor en dirección del curso de agua más largo.

$$F_f = 1$$

Así: Indica que la cuenca tiende a una forma más cuadrada y su punto de salida estaría en la mitad de uno de sus lados.

$$F_f = 0.5$$

Indica la misma tendencia geométrica que la anterior pero su salida estaría por una de sus esquinas.

d. Coeficiente de Compacidad (Kc)

El Coeficiente de Compacidad (Kc, adimensional), o Índice de Gravelious, constituye la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área – igual a la de un círculo – es equivalente al área de la cuenca en estudio, se determina mediante la siguiente expresión:

Así:

$K_c = 1$, para una cuenca circular

$K_c > 1$, indica mayor distorsión de la cuenca (alargada o asimétrica)

$$K_c = 0.28 \cdot \frac{P}{A^{1/2}}$$

Dónde:

Kc = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la cuenca (Km)

A = Área de la cuenca (Km²)

Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similitud con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación (FAO, 1998):

Clase Kc1: Rango entre 1 y 1.25 corresponde a forma redonda a oval redonda.

Clase Kc2: Rango entre 1.25 y 1.5 corresponde a forma oval redonda a oval oblonga.

Clase Kc3: Rango entre 1.5 y 1.75 corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.

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

e. Relación de Elongación (Re)

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma. La fórmula es la propuesta por Schumm (1956):

$$R_e = \frac{D}{L_c} = 1.1284 * \frac{\sqrt{A}}{L_c}$$

Siendo:

Re: Relación de elongación;

L_c : Longitud del cauce principal de la cuenca, a lo largo de una línea recta desde la salida hasta la divisoria, paralela al cauce principal, en km;

A : Área de la cuenca, en km².

- ✓ La fórmula anterior, es la más extendida para calcular este índice debido a la alta correlación que guarda con la hidrología de la cuenca. Valores cerca a la unidad implicará formas redondeadas y cuanto menor sea a la unidad, será más alargada (González, 2004).

- ✓ El cociente varía entre 0.60 y 1.00 para una amplia variedad de climas y geologías.
- ✓ En cambio, Re varía de 0.60 a 0.80 está asociado a fuertes relieves y pendientes pronunciadas del terreno.

1.1.3. Parámetros de relieve

Para Monsalve (2000) los parámetros de relieve están dadas por:

a. Curva hipsométrica (CH)

Es la representación gráfica del relieve de una olla. Representa el estudio de la variación de la elevación de varios terrenos de la olla con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestra el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones.

- **Utilidad.-** La topografía o relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre su respuesta hidrológica que la forma de la misma. Por otra parte, es frecuente definir el relieve de una cuenca por medio de su llamada curva hipsométrica, la cual represente gráficamente las elevaciones del terreno en función de las superficies correspondientes.
- **Construcción.-** La curva hipsométrica o curva de área–elevación indica el porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca en km² que existe por encima de una cota determinada.

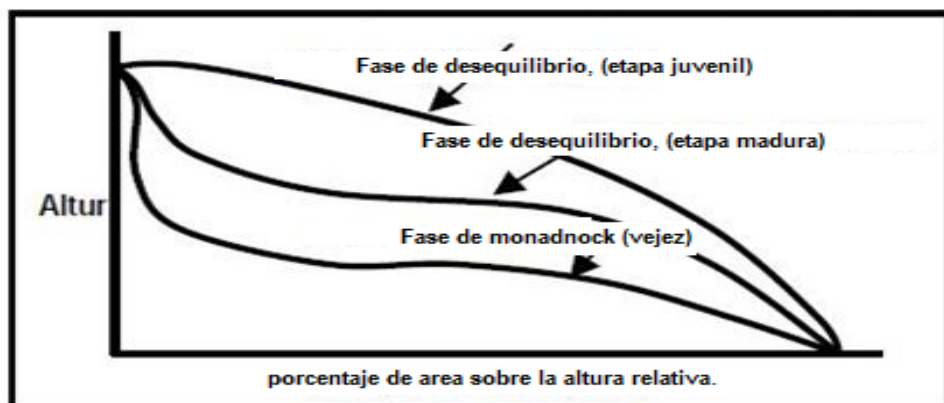


Figura 1.1:Modelo de curvas hipsométricas del ciclo de erosión (Senciales y Ferre, 1999)

Polígono de frecuencia de altitudes. Es la representación gráfica de la distribución en porcentaje, de las superficies ocupadas por diferentes altitudes.

- *Altitud media de la cuenca:* es la altitud que divide a la cuenca en dos áreas iguales. Es la ordenada media de la C.H.
- *Altitud más frecuente:* aquella cuyo valor en % es el mayor.
- *Altitud de frecuencia media:* altitud que corresponde a la abscisa media de la curva de frecuencias.

b. Rectángulo equivalente

Es el rectángulo que tiene la misma área y el mismo perímetro que la cuenca. En estas condiciones tendrá el mismo índice de compacidad I_c , así como también iguales parámetros de distribución de alturas, igual curva hipsométrica, etc.

Considerando L y l las dimensiones del rectángulo equivalente, se tendrá:

$$A = L * l ; \quad P = 2(L + l)$$

$$L_{mayor} = I_c * \frac{\sqrt{A}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c} \right)^2} \right]$$

$$L_{menor} = I_c * \frac{\sqrt{A}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c} \right)^2} \right]$$



Dónde:

- L = Longitud del lado mayor del rectángulo
- l = longitud del lado menor del rectángulo
- I_c = Índice de Compacidad o de Gravelious
- A = Área de la cuenca
- P = Perímetro de la cuenca

c. Elevación media de la cuenca (E)

La variación de la altitud y la elevación media de una cuenca son también importantes por la influencia que ejercen sobre la precipitación,

sobre las pérdidas de agua por evaporación y transpiración y, consecuentemente, sobre el caudal medio. Variaciones grandes de altitud conllevan diferencias significativas en las precipitaciones y la temperatura media; la cual, a su vez causa variaciones en la evapotranspiración.

La elevación media es determinada por medio de un rectángulo de área equivalente a la limitada por la curva hipsométrica y los ejes coordenados; la altura del rectángulo es la elevación media. A partir de la curva hipsométrica se puede determinar fácilmente la denominada elevación media de la cuenca, la cual equivale a la cota correspondiente al 50% del área de la cuenca. Otro método es mediante la utilización de la siguiente ecuación:

Donde E es la elevación media, e la elevación media entre dos curvas de nivel consecutivas, a el área entre las curvas de nivel y A el área total de la cuenca.

$$E = \frac{\sum e a}{A}$$

d. **Polígono de frecuencia de altitudes**

Es la representación gráfica de la distribución en porcentaje, de las superficies ocupadas por diferentes altitudes.

- ◆ Altitud media de la cuenca: es la altitud que divide a la cuenca en dos áreas iguales. Es la ordenada media de la C.H.
- ◆ Altitud más frecuente: aquella cuyo valor en % es el mayor.
- ◆ Altitud de frecuencia media: altitud que corresponde a la abscisa media de la curva de frecuencias.

e. **Relieve del cauce principal (S)**

El relieve del cauce principal se representa mediante el **perfil longitudinal** y puede ser cuantificado mediante parámetros que relacionan la altitud con la longitud del cauce principal.

El agua de lluvia se concentra en los lechos fluviales después de escurrir superficial y subterráneamente por la superficie de la cuenca en dirección a la desembocadura o salida. La pendiente del curso de agua influye en los valores de descarga del río de forma significativa, pues la velocidad con que la contribución de la cabecera alcanza la salida depende de la pendiente de los canales fluviales. Así, cuanto mayor la pendiente, mayor será la velocidad de flujo y más pronunciados y estrechos los hidrogramas de avenidas.

La pendiente del curso de agua (S) entre dos puntos, se obtiene dividiendo la diferencia total de elevación del lecho (H) por la longitud horizontal del curso de agua entre esos dos puntos (L).

$$S = \frac{H}{L} * 100$$

1.1.4. Características del sistema de drenaje

Según Villón (2002), “la red de drenaje de una cuenca, se refiere a las trayectorias o al arreglo que guardan entre sí, los cauces de las corrientes naturales dentro de ella. Es otra característica importante en el estudio de una cuenca, a que manifiesta la eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante, es decir, la rapidez con que desaloja la cantidad de agua que recibe. La forma de drenaje proporciona también indicios de las condiciones del suelo de la superficie de la cuenca”.

Las características de una red de drenaje, pueden describirse principalmente de acuerdo con:

- El orden de las corrientes.
- La longitud de los tributarios.
- Densidad de drenaje.

1.2. VARIABLES METEOROLÓGICAS

1.2.1. Temperatura

Según Chereque (1989), “es un factor importante en el ciclo hidrológico pues interviene en todas sus etapas. Desde el punto de vista práctico, la

temperatura interviene como parámetro en las fórmulas para calcular la evaporación y en las fórmulas para calcular las necesidades de agua de riego de las plantas”.

1.2.2. Humedad Atmosférica

Según Chereque (1989), “expresa el contenido de valor del agua de la atmosfera, vapor de agua que proviene de la evaporación que tiene lugar en los espejos de agua, en los suelos húmedos o a través de las plantas.

La humedad atmosférica interesa a la hidrología por dos motivo: por ser el origen delas aguas que caen por precipitación y porque determina en cierto modo la velocidad con que tiene lugar la evaporación”

1.2.3. Radiación solar

Según Chereque (1989), “es la fuente de energía del ciclo hidrológico... La radiación solar debe ser considerada como el factor más importante del ciclo hidrológico. Produce variaciones de vapor que se traducen en mayor o menor evaporación”.

1.2.4. Viento

Según Chereque (1989), “es un factor muy importante del ciclo hidrológico porque influye en el transporte del calor y de la humedad y el proceso de evaporación.

El viento es muy susceptible a la influencia del relieve de la vegetación, por lo que se tiene a estandarizar su medida a algunos metros sobre el suelo. Del viento interesa su velocidad”.

1.3. CICLO HIDROLÓGICO

Según Ordoñez (2011). “... el ciclo hidrológico se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Está animado por dos causas: La energía solar y la gravedad. La naturaleza ha creado una especie de máquina insuperable, regulando y gestionando las necesidades de cada uno de los seres vivos”.

Para Ven Te Chow (2000), “en la figura 1.2, el ciclo hidrológico global se representa como un sistema. Las líneas punteadas lo dividen en tres sub sistemas: el **sistema de agua atmosférico** contiene los procesos de precipitación, evaporación, interceptación y transpiración; el **sistema de agua superficial** contiene los procesos de flujo superficial, escorrentía superficial, nacimiento de agua subsuperficial y subterráneas, y escorrentía hacia ríos y océanos; y el **sistema de agua subsuperficial** contiene los procesos de infiltración, recarga de acuíferos, flujo superficial y flujo de agua subterránea. El flujo subsuperficial ocurre en la capa del suelo cercana a la superficie; el flujo de agua subterránea, en estratos profundos de suelo o roca”.

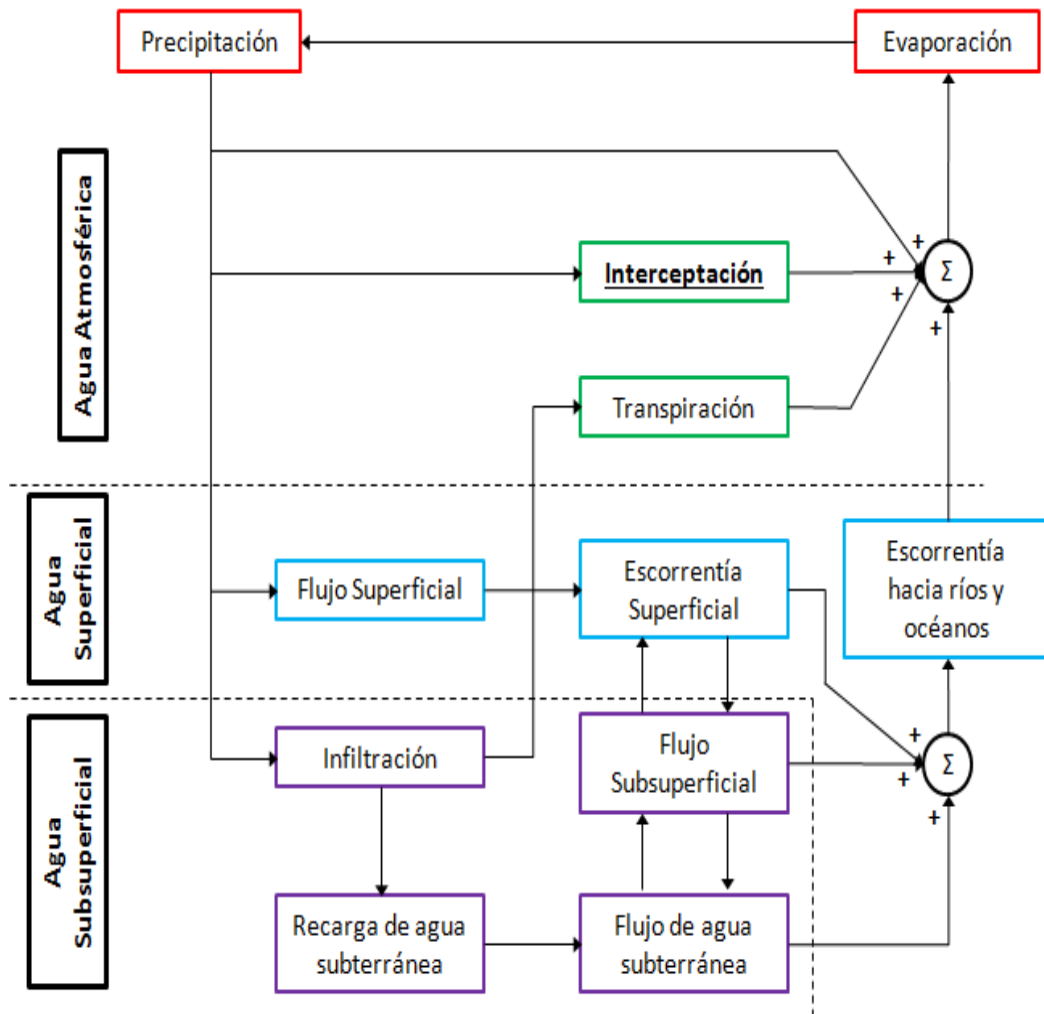


Figura 1.2: Representación en diagrama de bloques del sistema hidrológico global (Ven Te Chow, 2000)

1.3.1. Modelo del sistema hidrológico

Ven Te Chow (2000), “el objetivo del análisis del sistema hidrológico es estudiar la operación del sistema y predecir su salida. Un modelo de sistema hidrológico es un aproximado al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas.

El proceso de desarrollo de ecuaciones de trabajo y modelos de fenómenos hidrológicos es similar al que se da en la mecánica de fluidos, en hidrología sin embargo, existe generalmente un mayor error de aproximación al aplicar las leyes físicas de trabajo. Además, la mayor parte de los sistemas hidrológicos son intrínsecamente aleatorios porque su mayor entrada es la precipitación, un fenómeno altamente variable e impredecible. Por consiguiente, el análisis estadístico cumple un papel muy importante en el análisis hidrológico”.

1.3.2. Clasificación del modelo hidrológico

Para Ven Te Chow (2000) lo clasifica en dos características: “**modelos físicos y modelos abstractos**. Los primeros influyen modelos a escala que representan el sistema en una escala reducida, tal como un modelo hidráulico del vertedero de una presa; y modelos análogos que usa otro sistema físico con propiedades similares a las del prototipo.

Los modelos abstractos representan el sistema en forma matemática. La operación del sistema se describe por medio de un conjunto de ecuaciones que relacionan las variables de entrada de salida. Estas variables pueden ser funciones del espacio y del tiempo, y también pueden ser variables probabilísticas o aleatorias que no tienen un valor fijo en un punto particular del espacio y del tiempo, pero que están descritas a través de distribuciones de probabilidad. Por ejemplo, la lluvia que caerá mañana en un lugar particular no puede pronosticarse con exactitud, pero sí puede calcularse la probabilidad de que llueva”. Ver figura 1.3.

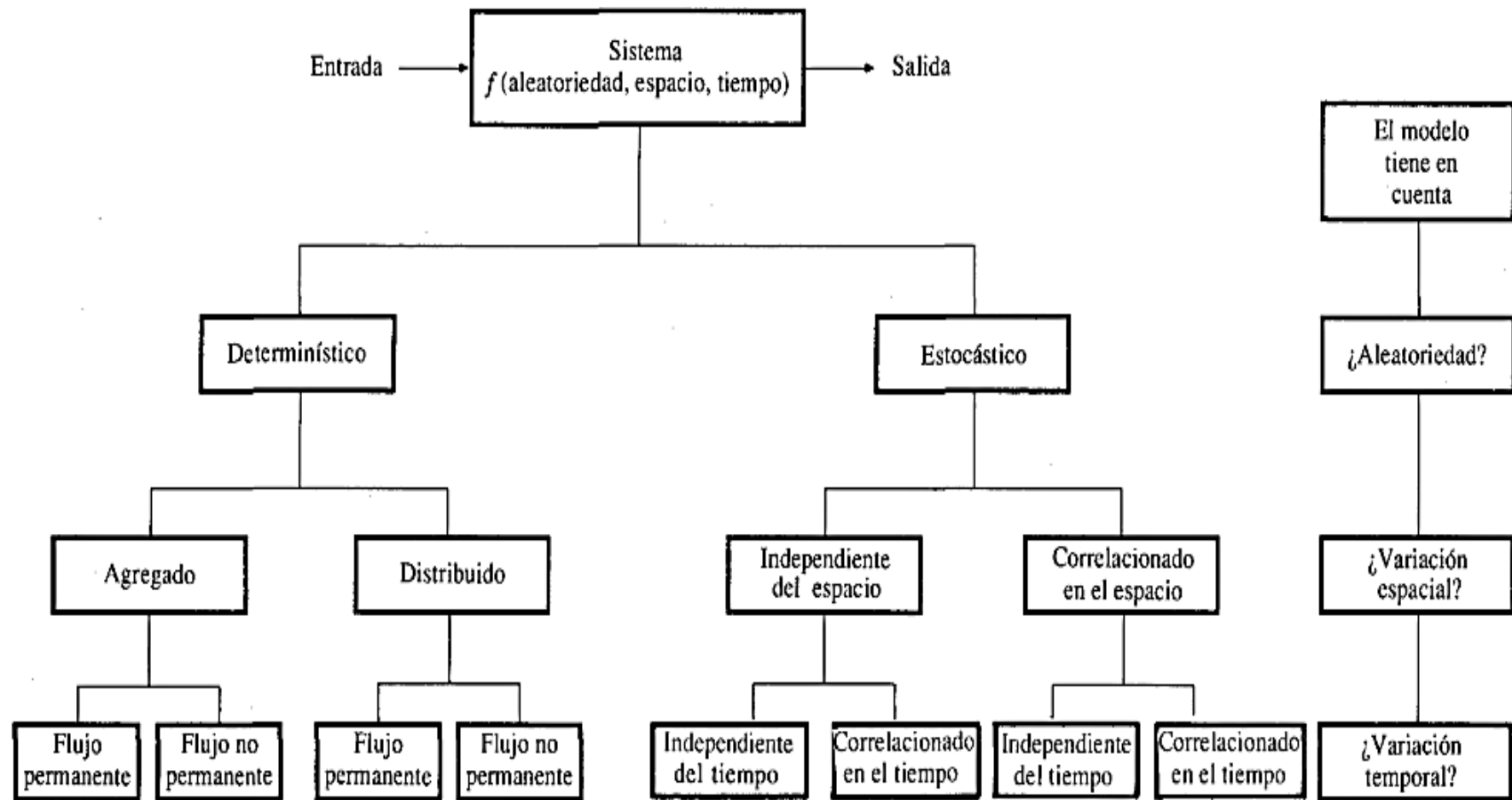


Figura 1.3: Clasificación de modelos hidrológicos de acuerdo con la forma, la aleatoriedad y la variabilidad espacial temporal de los fenómenos hidrológicos (Ven Te Chow 2000).

1.4. MODELO PROPUESTO POR LUTZ SCHOLZ -1980

La oferta de agua es determinada a partir del análisis de la **transformación de la precipitación en escurrimiento**, se ha realizado aplicando el método de “Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Scholz”, desarrollado por el Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones – Plan Meris II en 1980, cuyo cálculo está basado en la modelación matemática del ciclo hídrico. La bondad del modelo se puede apreciar al comparar los caudales generados con el modelo con los caudales registrados en la estación de control (Lutz, 1980).

1.4.1. Modelo determinístico – Estocástico Lutz Scholz

a. Ecuación del balance hídrico

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

$$Qm_i = P_i - D_i + C_i - A_i$$

Dónde:

Q_i : Caudal mensual en mm/mes

P_i : Precipitación total mensual sobre la cuenca en mm/mes

D_i : Déficit de escurrimiento en mm/mes

C_i : Gasto de la retención en la cuenca mm/mes (aporte)

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

Asumiendo que para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor, es decir $G = A$ y que para el año promedio, una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación; luego reemplazando $(P-D)$ por $(C*P)$, y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m³/s) la ecuación se convierte en:

$$Q = c' * C * P * AR$$

Que es la expresión básica del método racional, donde:

Q = Caudal (m³/s)

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

C = Coeficiente de escurrimiento
P = Precipitación total mensual (mm/mes)
AR = Área de la cuenca (m²).

b. Coeficiente de escurrimiento

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

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

Dónde:

C = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)
P = Precipitación Total anual (mm/año)
D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación de D se utiliza la expresión:

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

Dónde:

L = Coeficiente de Temperatura
T = Temperatura media anual (°C)
 $L = 300 + 25(T) + 0.05 (T)^3$

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:

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

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

Dónde:

C = Coeficiente de escurrimiento
D = Déficit de escurrimiento (mm/año)
P = Precipitación total anual (mm/año)
EP= Evapotranspiración anual según Turk, Thornthwaite, Hargreaves y Penman- Monteith FAO (mm/año)
r = Coeficiente de correlación

c. Evapotranspiración anual (EP)

Evapotranspiración potencial según Turk

Turc (1961) propone calcular la evapotranspiración potencial (mm/mes) para cada mes en función de la radiación solar media diaria de ese mes ($\text{cal.cm}^2.\text{día}^{-1}$) sobre una superficie horizontal, la temperatura media mensual ($^{\circ}\text{C}$) y una corrección basada en la humedad relativa media mensual (%). El método ha dado buenos resultados en España en su aplicación y comparación con el método de Penman, pero presenta la desventaja de requerir el dato de insolación y de humedad relativa, no disponible en la red termoplumiométrica.

$$ETP_{TURi} = f_i \cdot [tm_i / (tm_i + 15)] \cdot [R_i + 50] \cdot c_i$$

Dónde:

f_i : factor de corrección mensual : 0,37 para febrero; 0,4 para el resto de los meses

tm_i : temperatura media mensual en $^{\circ}\text{C}$.

R_i : radiación solar global media en el suelo ($\text{cal. Cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$), calcular por medio de la expresión

$$R_i = R_A \cdot (0,18 + 0,62 \cdot n/N_i)$$

Dónde:

R_A radiación solar extraterrestre ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$)

n_i horas de insolación reales (h/día)

N_i horas de insolación máxima (h/día)

c_i : factor de corrección para zonas áridas, en función a la humedad relativa del mes

$c_i = 1$ si $HR > 50\%$

$c_i = 1 + [(50 - HR_i) / 70]$ si $HR > 50\%$

Evapotranspiración potencial según Thornthwaite

Los cálculos de Thornthwaite (1948) están basados en la evapotranspiración en función de la temperatura media, con una corrección en función de la duración astronómica del día y el número de días del mes. El método es muy empleado en Hidrología y en la

estimación del balance hídrico para Climatología e Hidrología de cuencas. También es empleado en los índices y clasificaciones climáticas.

Thornthwaite comprobó que la evapotranspiración era proporcional a la temperatura media afectada de un coeficiente exponencial, a . Se propone la formula

$$e = 16. (10. tm/l)^a$$

Dónde:

- e : evapotranspiración mensual sin ajustar en mm(mm/mes)
- tm :temperatura media mensual en °C
- l :índice de calor anual

$$l = \sum i_j ; j = 1, \dots, 12$$

Que se calcula a partir del índice de calor mensual, i , como suma de los doce índices de calor mensuales:

$$i_j = (tm/5)^{1,514}$$

a : parámetro que se calcula, en función de l según la expresión

$$a = 0,000000675. l^3 - 0,0000771. l^2 + 0,01792. l + 0,49239$$

Para valores de temperatura media mensual superiores a 26,5°C, la ET_0 sin ajustar se obtiene directamente de la tabla (“valores de la ET_0 diaria sin corregir para temperaturas superiores a los 26,5°C”) al ser independiente del valor de l . En este caso, hay que considerar que para obtener el valor mensual hay que multiplicar por el número de días del mes.

Para el cálculo de la ET_0 de un mes determinado será preciso corregir la ET_0 sin ajustar “ e ” mediante un coeficiente que tenga en cuenta el número de días del mes y horas de luz de cada día, en función de la latitud. Para lo cual se introduce el índice de iluminación mensual en unidades de 12 horas, que deberá multiplicar a la ET_0 sin ajustar para obtener la ET_0 según Thornthwaite (mm/mes).

$$ETP_{Tho} = e.L$$

Dónde:

e : evapotranspiración mensual sin ajustar en mm

L : factor de corrección del número de días del mes (N_d) y la duración astronómica del día N_i – horas de sol:

$$L_i = N_d/30 \cdot N_i/12$$

El valor de “L” se puede obtener, así mismo, de la tabla “Valor L del método de

Thornthwaite. Coeficiente para la corrección de la ET_o debida a la duración media de la luz solar”

Evapotranspiración de referencia de Hargreaves

El método de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985), utiliza parámetros térmicos y radiación solar, que estima a partir de la radiación solar extraterrestre (datos disponibles en cualquier observatorio termométrico). El método presenta la ventaja de que se puede aplicar en cualquier observatorio con datos de temperatura y que el método da resultados muy correlacionados con los obtenidos con el método de Penman (FAO 56)

$$ETr = 0,0023 \cdot Ra \cdot (T - t)^{0,5} (t_m + 17,8) \text{ mm/día}$$

Dónde:

ETr : evapotranspiración del cultivo de referencia (césped) en mm/día

Ra : radiación solar extraterrestre expresada en equivalente de agua (mm/día)

T-t : diferencia entre la media mensual de temperaturas máximas y la de mínimas (°C)

t_m : temperatura media del aire (°C)

Para la conversión de unidades se tendrá en cuenta que:

$$1 \text{ cal cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1} = 4,185 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1} = 0,04185 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1} = 0,0171 \text{ mm/día}$$

$$1 \text{ mm/día} = 2,45 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1} = 58,5 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$$

Evapotranspiración según Penman- Monteith FAO

La ecuación de Penman - Monteith (Monteith, 1985) estima por medio de un modelo físico la evapotranspiración de referencia mediante la combinación de un término de radiación y de un término aerodinámico. La evapotranspiración de referencia, según Penman – Monteith corresponde a un cultivo hipotético que tiene una altura de 12cm, una resistencia de $208/U_2$ s/m, donde U_2 es la velocidad del viento a dos metros de altura; y un albedo de 0,23. Aquí recomendamos, para dosificación del riego, el uso de la ETr de Penman – Monteith (o la de Hargreaves a falta de datos) y la utilización de la publicación FAO (N° 56, 1998)

Simplificando la expresión (FAO 56) la ecuación tiene la forma:

$$ETr = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_v} \cdot \{Rn - G\} \right) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} \cdot \left(\frac{900 \cdot U_2}{\{tm + 273\}} \right) \cdot (e^\circ - ea) mm. (día)^{-1}$$

Dónde:

ETr =evapotranspiración según Penman – Monteith en mm/día

Δ =pendiente de la curva de saturación de vapor KPa/°C

γ =constante psicrométrica KPa/°C

γ^* =constante psiometrica modificada KPa/°C =
 $\gamma \cdot [1 + 0,34 \cdot U_2]$ [KPa/°C]

Rn =radiación neta MJ.m². día⁻¹

G =flujo de calor en el suelo MJ.m². día⁻¹

tm =temperatura media °C

U_2 =velocidad del viento a 2 metros, m/s

$(e^\circ - ea)$ =déficit de presión de vapor de la atmósfera, kPa

d. Precipitación efectiva (PE)

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

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

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Dónde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

ai = Coeficiente del polinomio

Se muestra los valores límite de la precipitación efectiva los tres juegos de coeficientes para, ai que permiten alcanzar por interpolación.

Límite superior para la Precipitación Efectiva.

Curva I : PE = P- 120.6 para P > 177.8 mm/mes

Curva II : PE = P - 86.4 para P> 152.4 mm/mes

Curva III : PE = P - 59.7 para P> 127.0 mm /mes

Cuadro 1.2: Coeficientes para el Cálculo de la Precipitación Efectiva

Descripción	Valor del Coeficiente		
	Curva I	Curva II	Curva III
a ₀	-0.01800	-0.02130	-0.0280
a ₁	-0.01850	0.13580	0.2756
a ₂	0.001105	-0.002296	-0.004103
a ₃	-1.20E-05	4.35E-05	5.53E-05
a ₄	1.44E-07	-8.90E-08	1.24E-07
a ₅	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

Fuente: PLAN MERIS II-Generación de caudales mensuales en la sierra Peruana-LUTZ SCHOLZ.

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

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

Dónde:

C = Coeficiente de escurrimiento

Q = Caudal anual

P = Precipitación Total anual

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

e. Retención de la cuenca

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:

$$R_i = CM_i - P_i$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Dónde:

CM_i = Caudal mensual (mm/mes)

PE_i = Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)

R_i = Retención de la cuenca (mm/mes)

G_i = Gasto de la retención (mm/mes)

A_i = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

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

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

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

f. Relación entre descargas y retención

Durante la estación seca, el gasto de la retención alimenta los ríos, constituyendo el caudal o descarga básica. La reserva o retención de la

cuenca se agota al final de la estación seca; durante esta estación la descarga se puede calcular en base a la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-at}$$

Dónde:

Q_t : Descarga en el tiempo t.

Q_0 : Descarga inicial.

a : Coeficiente de agotamiento.

t : Tiempo.

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

g. Coeficiente de agotamiento

Mediante la fórmula 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.

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

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

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

El análisis de las observaciones disponibles muestran, además, cierta influencia del clima, de la geología y de la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica para la sierra peruana:

$$a = 3.1249 \times 10^{67} A^{-0.144} EP^{-19.336} T^{-3.369} R^{-1.429} \quad ; \quad r = 0.86$$

Dónde:

- a : Coeficiente de agotamiento por día.
- A : Área de la cuenca en Km².
- EP : Evapotranspiración potencial anual en mm/año.
- T : duración de la temporada seca en días.
- R : Retención total de la cuenca en mm/año.

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

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

$$a = -0.00252 \ln A + 0.034$$

- Cuencas con agotamiento rápido, cuya retención varía entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna).

$$a = -0.00252 \ln A + 0.030$$

- Cuencas con agotamiento mediano, cuya retención es alrededor de 80 mm/año y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).

$$a = -0.00252 \ln A + 0.026$$

- Cuencas con agotamiento reducido por alta retención (>100mm/año) y vegetación mezclada.

$$a = -0.00252 \ln A + 0.023$$

Dónde:

- a = coeficiente de agotamiento por día
- AR = área de la cuenca (km²)
- EP = evapotranspiración potencial anual (mm/año)
- T = duración de la temporada seca (días)
- R = retención total de la cuenca (mm/año)

h. Almacenamiento hídrico

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

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

- Acuíferos

Siendo:

$$L_A = -750 I + 3.15 \quad (\text{mm/año})$$

LA = lámina específica de acuíferos

I = pendiente de desagüe: / <= 15 %

- Lagunas y Pantanos

$$L_L = 500 \text{ (mm/año).}$$

Siendo:

L_L = Lámina específica de lagunas y pantanos

- Nevados

$$L_N = 500 \text{ (mm/año)}$$

Siendo:

L_N = lámina específica de nevados

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

i. 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 se muestran en el cuadro siguiente:

Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias - (valores a_i %)

Cuadro 1.3: Almacenamiento durante la época de lluvia valores en porcentaje

Mes	Cuzco	Ayacucho	Junín	Cajamarca
	1	5	3	4
Ene	40.0	65.0	30.0	20.0
Feb	20.0	15.0	30.0	25.0
Mar	-	5.0	5.0	35.0
Abr				
May				
Jun				
Jul				
Ago				
Sep				
Oct	-	10.0	10.0	25.0
Nov	5.0	-	-	- 5.0
Dic	35.0	5.0	25.0	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: PLAN MERIS II-Generación de caudales mensuales en la sierra Peruana- LUTZ SCHOLZ.

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:

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

Siendo:

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

a_i = coeficiente de abastecimiento (%)

R = retención de la cuenca (mm/año)

1.5. ANALISIS DE EVENTOS EXTREMOS

Villón (2011), “el método puede ser aplicado a pequeñas cuencas de drenaje agrícola, aproximadamente si no exceden a 1300 has ó 13 Km²”.

Para el **Reglamento Nacional De Edificaciones (2014)** la describe de la siguiente manera:

Para áreas urbanas, donde el área de drenaje está compuesta de subáreas o subcuencas de diferentes características, el caudal pico proporcionado por el método racional viene expresado por la siguiente forma:

$$Q = 0.278 \sum_{j=1}^m C_j I_j A_j$$

Dónde:

Q es el caudal pico m³/s, **I** la intensidad de la lluvia de diseño en mm/hora, **A_j** es el área de drenaje de la j-ésima de las subcuencas en Km², y **C_j** es el coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuencas, y **m** es el número de subcuencas drenadas por un alcantarillado.

Las subcuencas están definidas por las entradas o sumideros a los ductos y/o canalizaciones del sistema de drenaje.

La cuenca está definida por la entrega final de las aguas a un depósito natural o artificial, de agua (corriente estable de agua, lago, laguna, reservorio, etc).

a. Intensidad de la Lluvia

- La intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto, y cuyo periodo de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje.
- La ruta de un flujo hasta un punto del sistema de drenaje está constituida por:

La parte donde el flujo fluye superficialmente desde el punto más remoto del terreno hasta su punto de ingreso al sistema de ductos y/o canalizaciones.

La parte donde el flujo fluye dentro del sistema de ductos y/o canalizaciones desde la entrada en él hasta el punto de interés.

- En correspondencia a las partes en que discurre el flujo, enunciadas en el párrafo anterior, el tiempo de concentración a lo largo de una ruta hasta un punto del sistema de drenaje es la suma de:

El tiempo de ingreso al sistema de ductos y canalizaciones, t_o .

El tiempo del flujo dentro de alcantarillas y canalizaciones desde la entrada hasta el punto, t_f . Siendo el tiempo de concentración a lo largo de una ruta hasta el punto de interés es la suma de:

$$t_c = t_o + t_f$$

- La selección de la ecuación idónea para evaluar t_o será determinada según ésta sea pertinente al tipo de escorrentía superficial que se presente en cada subcuenca.

b. Obtención de la intensidad

Para Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008), “el pronóstico de los caudales, el procedimiento racional requiere contar con la familia de curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF). En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica que se tiene, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas por lo que el valor de la intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración. En el cuadro 1.4 se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse, con criterio y cautela, para el cálculo de la intensidad cuando no se disponga de mejor información”.

Cuadro 1.4: Coeficiente de duración de lluvias entre 48 horas y una hora

Duración de la precipitación en horas	Coeficiente
1	1.32
2	1.00
3	0.97
4	0.93
5	0.90
6	0.87
7	0.83
8	0.79
9	0.73
10	0.64
11	0.56
12	0.50
13	0.44
14	0.38
15	0.31
16	0.25

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008.

A falta de información pluviométrica en zona de estudio el **Reglamento Nacional De Edificaciones (2014)**, Propone realizar la ecuación de intensidad regional «Hidrología del Perú» IILA - UM – SENAMHI 1983 modificado, las fórmulas IDF respectivas son las mostradas en las tablas 3 a y 3 b (anexo V: máximas avenidas – método racional IILA-SENAMHI-UNI).

Para $t \leq 3$ horas se usa

Si:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)(t + b)^{n-1}$$

Donde:

i = intensidad de la lluvia (mm/hora)

a = parámetro de intensidad (mm)

K = parámetro de frecuencia (adimensional)

b = parámetro (hora)

n = parámetro de duración (adimensional)

t = duración (hora)

Las constantes a, b, K y n fueron determinadas en el “Estudio de la Hidrología del Perú” realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI (Plano n.2-C), 1983.

c. Coeficiente de escorrentía

Los valores del coeficiente de escorrentía se muestra en el siguiente cuadro 1.5.

Done:

A : Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos

B : Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos

C : Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

Cuadro 1.5: Valores del coeficiente de escorrentía. En función del tipo y uso de suelo

USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En Hileras	0.24	0.27	0.3
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% - Poco -	0.14	0.2	0.28
Del 50 al 75% - Regular -	0.20	0.24	0.3
Menos del 50% - Excesivo -	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 0.75	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3

Fuente: Norma oficial mexicana NOM-011 -CNA-2000. 2002.

d. Distribución de frecuencias

Para Tarazona (2005), “cuando se dispone de datos hidrológicos recolectados, es necesario ordenarlos para apreciar la probabilidad de ocurrencia de cada evento. Los datos se agrupan en clases definidas por un límite superior y otro inferior. El número de elementos del conjunto de datos comprendidos entre estos dos límites viene a ser la frecuencia absoluta de clase...”

Villón (2011), para la distribución de frecuencias se sigue los siguientes pasos.

1. Ordenar la muestra en forma creciente o decreciente.
2. Calcular el rango R de la muestra.

$$R = x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n}$$

3. Seleccionar el número de intervalos de clase NC:

NC depende del tamaño de la muestra N:

$$NC = 1.33 \ln N + 1$$

4. Calcular la amplitud de cada intervalo de clase Δx , según la ecuación:

$$\Delta x = \frac{x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n}}{NC - 1}$$

5. Calcular los límites de clase de cada uno de los intervalos:

Como se manifestó en el punto 4, con el artificio de dividir entre NC-1, se logra que $x_{m\acute{i}n}$ y $x_{m\acute{a}x}$ queden centrados y representan las marcas de clase de la primera y última clase, entonces los límites de clase inferior y superior del primer intervalo de clase, son:

$$LCI1 = x_{m\acute{i}n} - \Delta x/2$$
$$LCI1 = x_{m\acute{i}n} + \frac{\Delta x}{2} = LCI1 + \Delta x$$

Los otros límites de clase, se obtienen sumando la amplitud Δx , al límite de clase anterior.

6. Calcular las marcas de clase de cada uno de los intervalos: las marcas se obtienen del promedio de los límites de clase. Así la marca de clase del primer intervalo es:

$$MC1 = \frac{LC11 + LCS1}{2}$$

Con el artificio realizado anteriormente la marca de clase del primer intervalo es igual al mínimo, de igual forma la marca de clase del último intervalo es igual al máximo, es decir:

$$MC1 = x_{\min} , \quad MCn = x_{\max}$$

Las otras marcas de clases, se obtienen sumando la aplicación Δx , a las marcas de clase anteriores.

1.6. OFERTA HÍDRICA

Para IDEAM (2004), “es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Usualmente esta porción de agua que escurre por los ríos es denominada por los hidrólogos como escorrentía superficial y su cuantificación conforma el elemento principal de medición en las redes de seguimiento hidrológico existentes en los distintos países”.

CORPONARIÑO (2009), “la oferta hídrica de una cuenca, corresponde también al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma. El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca”. Ver figura 1.4.

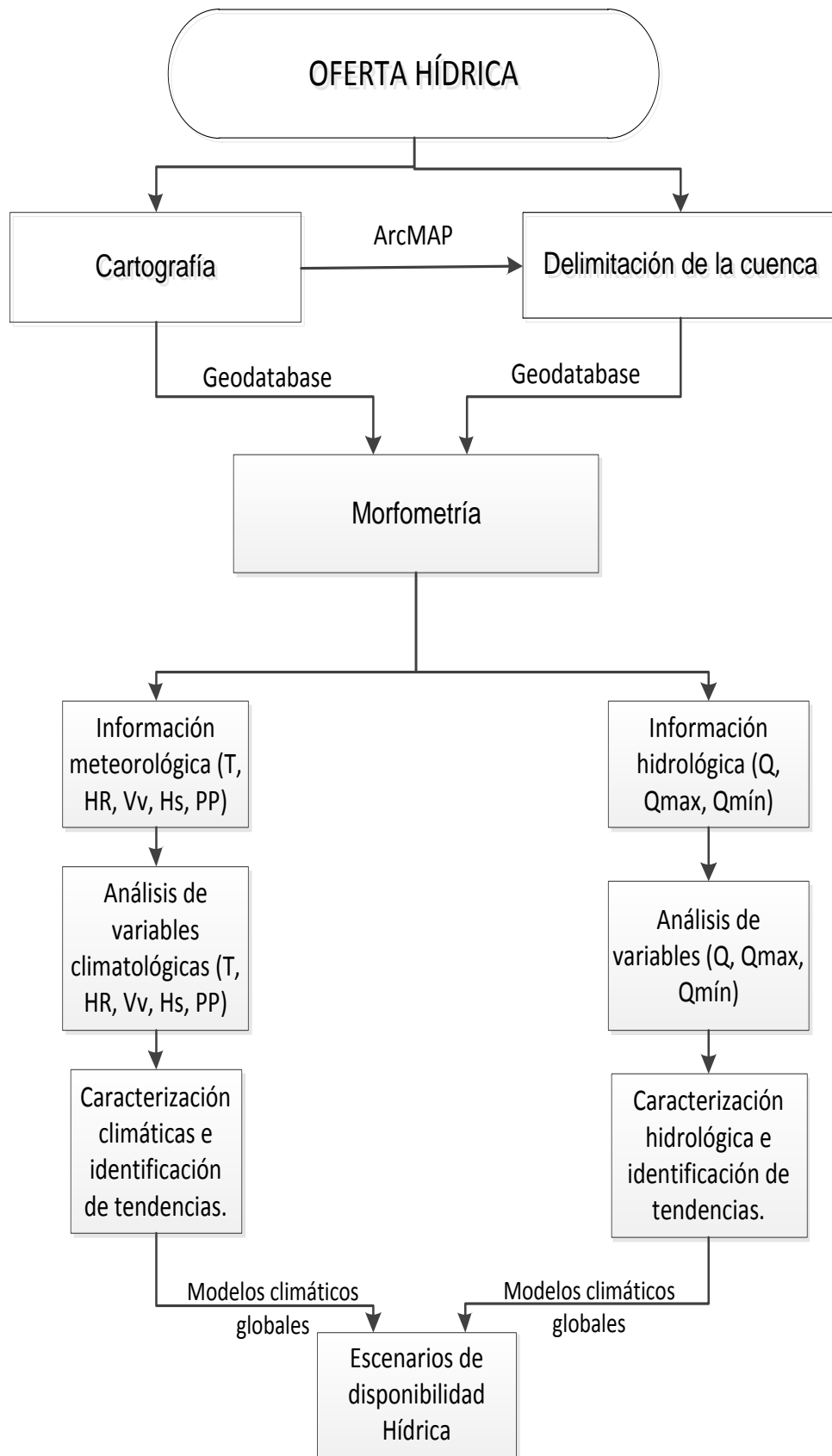


Figura 1.4: Esquema metodológico para la determinación de la oferta hídrica (SENAMHI, 2012)

1.7. DEMANDA HÍDRICA EN LA AGRICULTURA

Para Jesús (2013). Señala que la demanda de agua por los cultivos se mide generalmente en términos de evapotranspiración. La tasa de la evapotranspiración depende de factores meteorológicos como la humedad relativa, temperatura, viento, radiación, cantidad de horas de luz solar, precipitación, etc. y factores de campo tales como la humedad del suelo y propiedades de la superficie. Los requerimientos hídricos de los cultivos son por lo general estimados en base a la tasa de evapotranspiración potencial, ET_o . La evapotranspiración potencial se define como la tasa máxima de evapotranspiración que la atmósfera es capaz de extraer de un campo bien regado.

Los métodos para estimar la evapotranspiración potencial han sido desarrollados por Blaney y Criddle (1945), Thornthwaite y Mather (1955), Penman (1948) y Thomas (1981). El requerimiento de agua del cultivo se puede estimar de la siguiente manera:

$$ET_{\text{cultivo}} = K_c ET_o$$

Dónde:

ET_{cultivo} Es el requerimiento de agua para un determinado cultivo

K_c Es el coeficiente de cultivo empírico, que depende de los factores siguientes:

- Clima
- Temperatura
- Viento
- Humedad
- Cultivo
- Etapa de crecimiento
- Reflexividad del cultivo
- Altura y rugosidad de los cultivos
- Grado de cobertura del suelo

a. Evapotranspiración (ET)

Es la cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo, siendo el clima uno de los factores más importantes que determinan su cuantificación, pues está relacionado con la demanda evaporativa del aire y se expresa en mm/día o mm/periodo.

Se define tres tipos de evapotranspiración, que son:

b. Evapotranspiración Potencial (ET_o)

Representa la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa, cubierta de hierba verde de 8 a 15 cm. de altura, que está creciendo activamente, que sombrea completamente el terreno y que no escasea de agua.

El Comité técnico sobre requerimientos de riego ha utilizado a la alfalfa como pasto estándar para el cálculo de ET_o. Algunos investigadores han utilizado otros pastos (Ray grass).

c. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

Representa la ET_c en un cultivo determinado, en relación a la ET_o, para lo cual se aplica coeficientes para cada cultivo de acuerdo a su periodo vegetativo. (K_c).

$$ET_c = ET_o * K_c$$

La ET_c, se refiere a aquellas condiciones de cultivo, en que el agua es óptima para su crecimiento y desarrollo sin limitaciones, que crece en grandes campos y en condiciones agronómicas y de riego adecuadas, que como consecuencia se espere rendimientos óptimos.

d. Evapotranspiración actual (ETA)

Es la que se refiere, o la que realmente ocurre, de acuerdo a la disponibilidad de agua o intervalos de riego. Lo ideal es que ETA = ET_c, para que no ocurra penuria en los cultivos (ETA <ET_c).

e. Métodos para obtener la ET_o

Los más comunes son los siguientes:

- Turk
- Hargreaves
- Thornthwaite
- Penman- Monteith FAO

f. Cédula de cultivo

Determinar la cédula de cultivo, en un área de riego, incluye las consideraciones siguientes:

- Especies y períodos de sus cultivos.
- Áreas de cobertura de estas especies.

- Número de campañas agrícolas al año.

Para definir teóricamente una cédula de cultivo, “adecuada”, puede considerarse los criterios que a continuación indican, sin embargo éstos son relativos:

Criterios técnicos para elegir cédula de cultivo:

- Clima y aptitud de los suelos.
- Nivel de la demanda de agua de los cultivos.
- Rentabilidad de los cultivos.
- Comportamiento del mercado para la adquisición de insumos y para la venta de la producción.
- Tenencia de la tierra.
- Vías de comunicación.
- Disponibilidad de servicios para la producción y comercialización.

Valores Kc de los cultivos

La cédula de cultivo afecta la necesidad de agua de riego, de acuerdo a un factor Kc que se aplica a la ETo, y determina el valor máximo de la evapotranspiración y se denomina ETc (evapotranspiración máxima).

El valor de Kc de un cultivo, varía de acuerdo al período de desarrollo de cultivo, que se clasifican en:

- Período inicial.
- Medios del período.
- Desarrollo del cultivo.
- Finales del período.

g. Precipitación pluvial

De la cantidad de lluvia, que cae en una zona agrícola, parte es aprovechada en la ET y parte se pierde por escorrentía, percolación profunda y evaporación, por lo que se considera como precipitación efectiva, la que es utilizada por el cultivo.

Para el cálculo de la P.E., primero deberá definirse si se utiliza el promedio de los registros de lluvia o si se utiliza la precipitación al 75% de persistencia o probabilidad.

La definición entre estos dos valores depende de las consideraciones siguientes:

- Valor económico del cultivo
- Resistencia del cultivo a periodos de "penuria de agua"
- Periodo de registro de la Precipitación pluvial.

Cálculo de la precipitación efectiva (PE)

Los más conocidos, son tres métodos empíricos:

- **Servicio de recursos hídricos**
Water Power Resources Service (WPRS - USA)
- **Servicio de conservación del suelo**
Soil Conservation Service (SCS-USA)
- **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y alimentación (FAO)**

Cuadro 1.6: Water Power Resources Service (WPRS)

INCREMENTO DE LA PRECIPITACION (mm)	PORCENTAJE DE LA PRECIPITACION EFECTIVA
5	0
30	95
55	90
80	82
105	65
130	45
155	25
más de 155	5

Fuente: PLAN MERIS II-Generación de caudales mensuales en la sierra Peruana-LUTZ SCHOLZ.

METODO FAO

Formulas:

$$Pe = 0.8 P - 25 \text{ (Cuadro } Pe > 75 \text{ mm/mes)}$$

$$Pe = 0.6 P - 10 \text{ (Cuadro } Pe < 75 \text{ mm/mes)}$$

Dónde:

Pe = Precipitación efectiva

P = Precipitación mensual

h. Eficiencia de aplicación

La eficiencia de aplicación (E_a), representa la relación de las pérdidas (P) en el volumen aplicado ($V.A$).

Las pérdidas ocurren por escurrimiento (superficial) y percolación (infiltración por debajo de las raíces). Las pérdidas por percolación es más conocida, como eficiencia de aplicación.

La eficiencia de aplicación ideal ($E=1$), ocurre cuando la lámina de agua aplicada, desciende por infiltración, uniformemente hasta el final de la profundidad de las raíces, sin faltar y sin sobrepasar. En la práctica, esto es casi imposible en el riego por gravedad, siendo frecuente eficiencias de 40%. En el riego presurizado la eficiencia de riego por aspersión es 75%, microaspersión 85% y goteo 90%.

1.8. BALANCE HÍDRICO

Para Pladeyra (2003), "... la evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases, la forma en que el agua que se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración."

La ecuación de Balance Hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca.

En general podemos afirmar que:

- Del agua que cae en un determinado sitio (**precipitación = PP**)
- Parte vuelve a la atmósfera ya sea por evaporación directa o por transpiración de la vegetación (**evapotranspiración = ET**);
- Otra parte escurre por la superficie de la cuenca (**escorrentía superficial = Esc**).

Este escurrimiento, fluye a través de la red de drenaje hasta alcanzar los cauces principales y finalmente el mar, y el resto se infiltra en el terreno y se incorpora al sistema de aguas subterráneas o acuífero (infiltración = I). Estas magnitudes deben cumplir con la siguiente ecuación que se conoce con el nombre de Balance Hidrológico.

$$P = ETR + ES + I$$

La fórmula general que se utiliza en el Balance Hidrológico es la siguiente:

$$\text{CAPTACIÓN} - \text{EVAPOTRANSPIRACIÓN} = \text{ESCORRENTÍA SUPERFICIAL + INFILTRACIÓN (II)}$$

Del Balance Hidrológico, podemos conocer el estado de humedad de la cuenca la cual está asociada al aporte de precipitación recibida y descontando las pérdidas generadas, estamos en la condición de clasificar el tipo de año (húmedo, normal o seco).

Esto permitirá planificar el recurso hídrico, en base a las demandas.

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1.1. Antecedentes

Hasta la actualidad no se cuenta con estudios de simulación hidrológica del río Pacaycasa con fines agropecuarios, para el sistema de riego del C. E. Wayllapampa, que sería de mucha importancia en el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas; permitiendo la disponibilidad del agua de la fuente del río Pacaycasa.

Puesto que la simulación hidrológica del río Pacaycasa permite el modelamiento matemático a partir de la operacionalización por el sistema de conjunto de ecuaciones que relacionan las variables de entrada y de salida. Estas variables son probabilísticas o aleatorias, porque, varían en el espacio y el tiempo; es decir, la simulación del sistema hidrológico es un aproximado al sistema real.

El presente trabajo, constituye el estudio titulado: **“SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RIO PACAYCASA, DISTRITO PACAYCASA, HUAMANGA, AYACUCHO - 2016**, considerada el punto de emisión la localidad de Occopa a inmediaciones de la localidad de Wayllapampa, provincia de Huamanga, de la región Ayacucho, que aprovechará los recursos hídricos superficiales de la

cuenca Pacaycasa, de la cual se deriva el agua por una toma lateral por el margen izquierdo para el riego de 37.87ha de terrenos agrícolas del sector de riego de Wayllapampa.

2.1.2. Ubicación y demarcación de la Unidad Hidrográfica

La cuenca Pacaycasa tiene dos principales ríos (Lucanas y Huamánhura), para luego formar el río Pongora dentro de la región de Ayacucho.

2.1.3. Demarcación Hidrográfica

La cuenca del río Pacaycasa forma parte de la cuenca del río Mantaro. Como se muestra en la figura 2.1.

2.1.4. Demarcación Política

Políticamente, la cuenca se encuentra ubicada en:

Departamento : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Pacaycasa, Huamanguilla y Quinua

El área a beneficiar se ubica a inmediaciones de la localidad de Wayllapampa. Ver figura 2.2.

La captación de la fuente, está ubicada entre las coordenadas U.T.M. del río Pacaycasa, lugar de captación de agua para el sector de riego Wayllapampa:

Norte : 8560753.64

Este : 593181.59

Altitud : 3543.20m.s.n.m.

Zona : 18 S

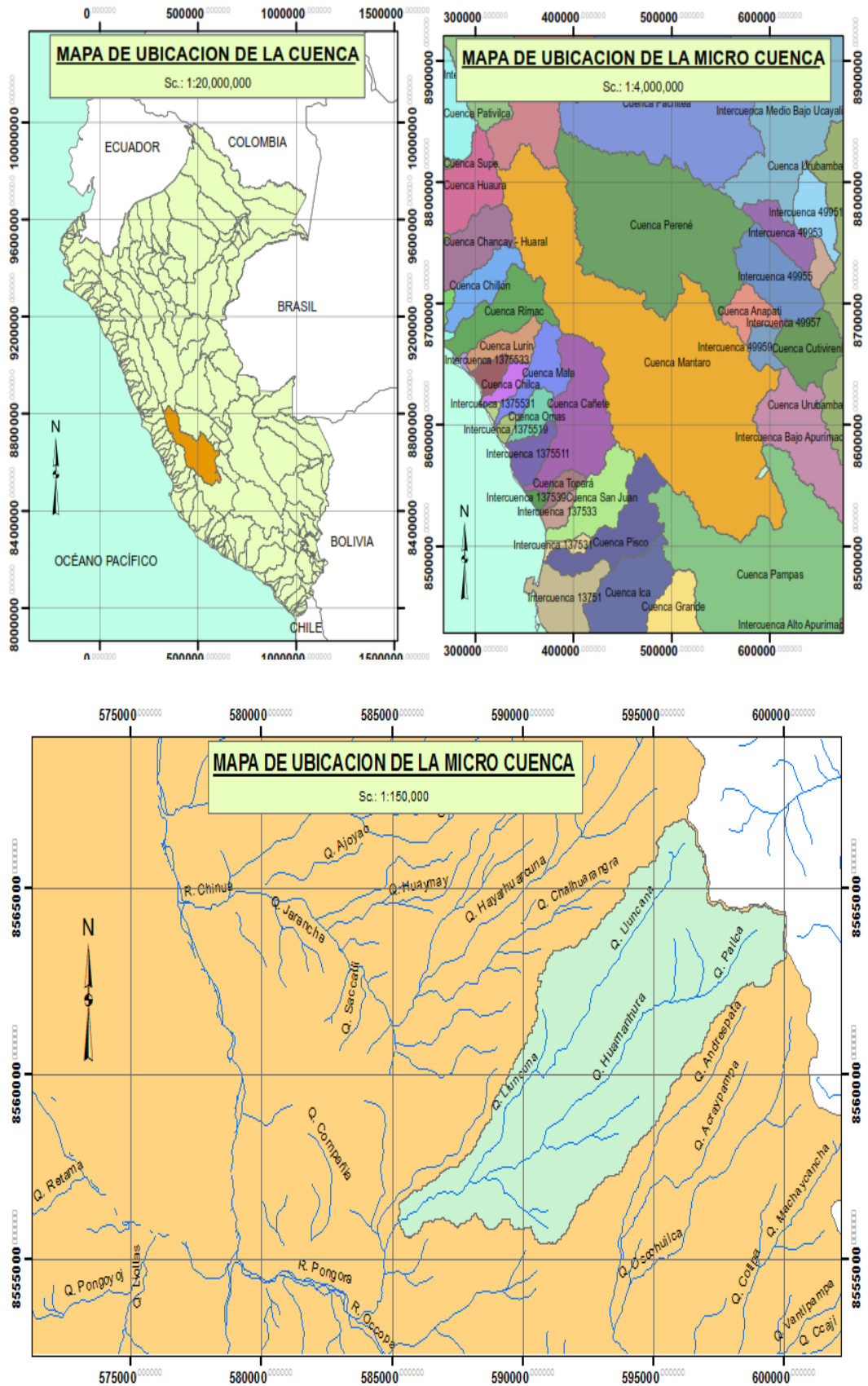


Figura 2.1: Mapa de ubicación hidrográfica.

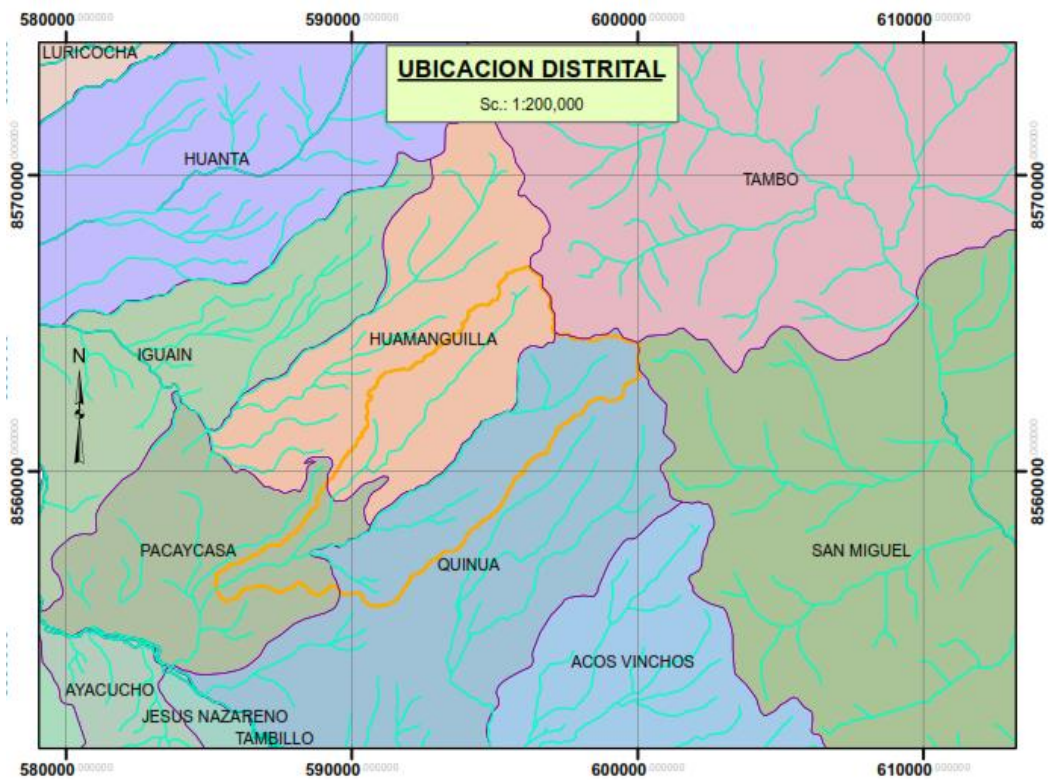
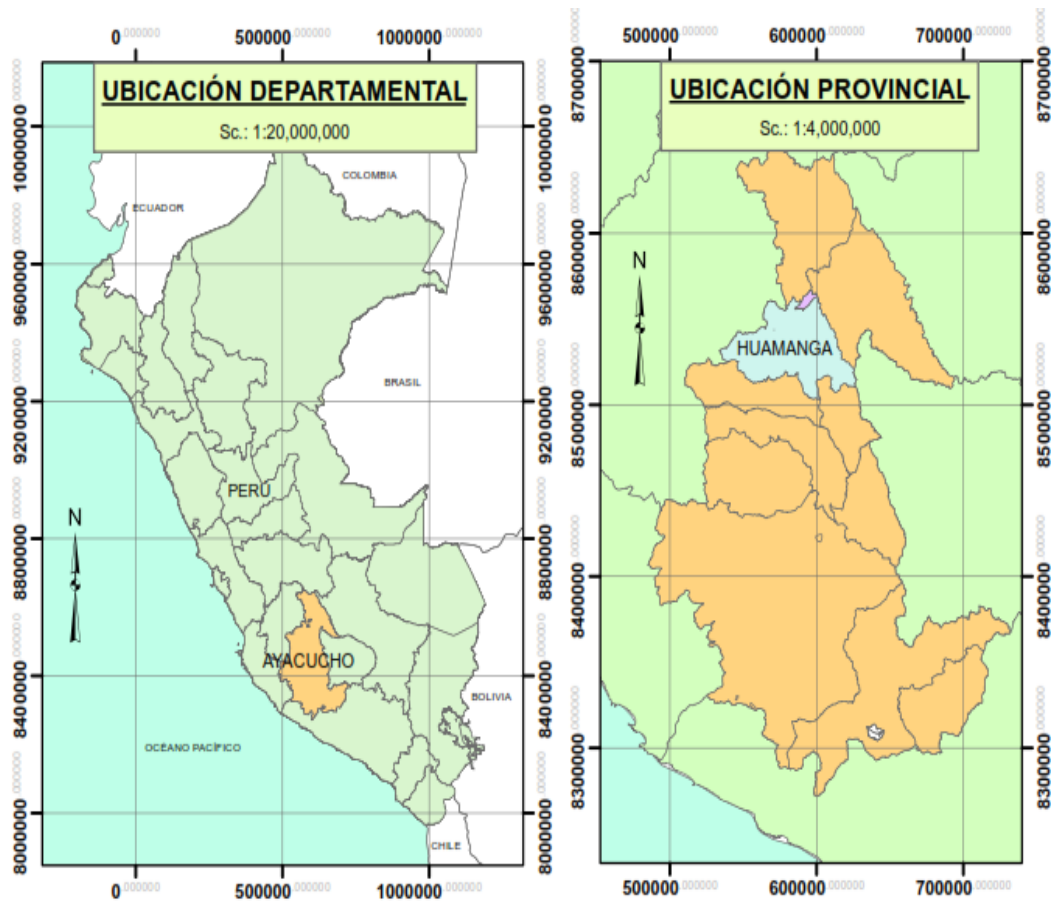


Figura 2.2: Mapa de ubicación política.

2.1.5. Demarcación Administrativa

Esta cuenca se ubica en la jurisdicción de la Administración Local de Aguas (ALA), Ayacucho comprendida en la Autoridad Administrativa de Agua Mantaro.

2.1.6. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal existente dentro de la cuenca Pacaycasa se muestra en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1: Cobertura vegetal existente en la cuenca Pacaycasa

Cobertura vegetación	Área	
	Km ²	(%)
Pajonal	20.793	31.57%
Áreas de Cultivo	30.021	45.58%
Áreas Urbanas	0.118	0.18%
Bofedales	0.871	1.32%
Bosque Seco	5.714	8.68%
Bosques Andinos Relictos	0.266	0.40%
Vegetación Arbustiva	8.078	12.27%
TOTAL	65.86	100.00%

Fuente: Gobierno Regional de Ayacucho en el proceso de zonificación ecológica económica de la región de Ayacucho, 2015.

2.1.7. Clasificación de suelo

La clasificación de suelo según SOIL TAXONOMY dentro de la cuenca Pacaycasa se muestra en el siguiente cuadro 2.2 y 2.3.

Cuadro 2.2: Clasificación de suelo según Soil Taxonomy

CLASIFICACIÓN SOIL TAXONOMY (USDA 2006)	SUPERFICIE	
	AREA (KM ²)	(%)
Lithic Cryopsamments	23.624	35.87%
Lithic Cryorthents	5.756	8.74%
Lithic Cryorthents - Lithic Udorthents	4.754	7.22%
Lithic Ustorthents	4.439	6.74%
Typic Haplustepts	6.957	10.56%
Typic Udipsamments	9.447	14.34%
Typic Ustipsamments	10.287	15.62%
Typic Ustorthents	0.478	0.73%
Área Urbana	0.118	0.18%
TOTAL	65.86	100.00%

Fuente: Gobierno Regional de Ayacucho en el proceso de zonificación ecológica económica de la región de Ayacucho, 2015.

Cuadro 2.3: Clasificación de suelo según Soil Taxonomy en la cuenca Pacayacasa

MORFOLOGÍA	CLASIFICACIÓN SOIL TAXONOMY (USDA 2006)	DESCRIPCIÓN	LIMITACIONES y/o POTENCIALIDADES	SIMBOLOGÍA	SUPERFICIE	
					(ha)	(%)
Estos suelos son a grandes crestas de las cordilleras y en las laderas secundarios asociados con afloramientos graníticos.	Lithic Cryopsamments	La capa superficial oscura de mineralogía mixta, de textura arena arcillosa o más gruesa, comúnmente está bien áspera, pero contiene menos del 35 por ciento de los fragmentos gruesos, pH ácido (5,5 - 6,2).	Ubicadas en las zonas muy altas, con presencia de pajonales. Se utiliza para la silvicultura, pastoreo.	LCAA	2,362.37	35.87%
Relieves aborregados ondulados y valles glaciares destruidos. Andesitas.	Lithic Cryorthents	Suelos negros producto del modelamiento glaciario, franco limosos, muy superficiales sobre roca, pH ácido.	Suelos fríos ubicados en zonas muy altas, donde existen abundantes afloramientos rocosos, no aptos para ninguna actividad agroproductiva.	LEBA	575.64	8.74%
Con relieves aborregados ondulados en la parte alta y coluviones antiguos con depósitos coluviales gruesos en la parte baja.	Lithic Cryorthents - Lithic Ustorthents	El parte alta con suelos negros producto del modelamiento glaciario, franco limosos, muy superficiales sobre roca, pH ácido. En la parte baja suelos franco arcillosos, muy superficiales, pH ácido, pueden presentar roca dentro de los 40 cm de profundidad.	En la parte con suelos fríos ubicados en zonas muy altas, donde existen abundantes afloramientos rocosos, no aptos para ninguna actividad agroproductiva. En la parte baja presentan abundante pedregosidad en superficie, que imposibilita totalmente su mecanización.	LEBA-LEFAr	475.43	7.22%
Coluviones antiguos	Lithic Ustorthents,	Suelos franco	Presentan abundante	LEFAr	443.94	6.74%

con depósitos coluviales gruesos.	esquelética-francosa	arcillosos, muy superficiales, pH ácido, pueden presentar roca dentro de los 40 cm de profundidad.	pedregosidad en superficie, que imposibilita totalmente su mecanización.			
De relieve plano a Plano - cóncavo y ligeramente inclinado	Typic Haplustepts	Suelos franco arenosos en la superficie y franco arcillosos a profundidad, con drenaje moderado, moderadamente profundo, prácticamente neutro (7,1), fertilidad mediana	Considerados como tierras aptas para pastos.	KEEW	695.71	10.56%
Lagos glaciares, terrazas corriente, y otros.	Typic Udipsamments	Suelo de arena fina o arena gruesa. La reacción pH varía de muy fuertemente ácido a neutro en el subsuelo inferior del sustrato.	El potencial de escorrentía superficial varía desde insignificante a medio. Se utilizan para las tierras de cultivo (maíz, cereales de grano pequeño , y heno)	LDFG	944.74	14.34%
Terraza media	Typic Ustipsamments	Suelos areno francos en la superficie y franco arenosos en la profundidad, pH prácticamente neutro (6.5), fertilidad baja, pedregosidad frecuente.	Bosques protectores y cultivos en limpio, este ultima en las parte de las terrazas.	LCDG	1,028.66	15.62%
De acuerdo con la Clasificación Natural, Soil Taxonomy (2006), suelos desarrollados a partir	Typic Ustorthents	Suelos franco arenosos en la superficie, drenaje bueno, profundidad superficial, pH	Apta para establecimiento de bosques protectores	LEEN	47.78	0.73%

de materiales no consolidados de origen aluvio coluvial, suelos jóvenes, localizados en terrazas medias o como deposiciones en laderas y piedemonte, de materiales provenientes de la descomposición principalmente de rocas calizas, areniscas, cuarcitas y lutitas. Se localizan mayormente en laderas de colina y piedemonte.		ligeramente alcalino (8,1), fertilidad media y pedregosidad frecuente.				
			Área urbana		11.84	0.18%
				TOTAL	6,586.10	100.00%

Fuente: Gobierno Regional de Ayacucho en el proceso de zonificación ecológica económica de la región de Ayacucho, 2015.

2.1.8. Accesibilidad – Vías de Comunicación

La ruta más transitable para llegar a la zona es la siguiente.

Cuadro 2.4: Vías de acceso

Desde	A	Tipo de Vía	Medio de Transporte	Km	Tiempo
Huamanga	Wayllapampa	Asfaltado	Cualquier tipo de vehículo	20	30 min.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.9. Actividades socio económicas

Actualmente el C.E. Wayllapampa se encuentra cultivando 21.93 has, que solamente se encuentran bajo riego por gravedad; sembrándose vid, manzana, pera, melocotón, alfalfa, maíz para ensilado, que por la falta de riego tecnificado los rendimientos son muy bajos.

Además el Centro Experimental se dedica a la producción agropecuario de ganado vacuno, animales menores, elaboración de vino, etc.

2.2. MATERIALES

2.2.1. Materiales y equipos

- Libreta de campo
- Cartográfico
- Equipo topográfico
- GPS Garmin.
- Wincha
- Flexómetro
- Cámara Fotográfica digital.
- Pc Intel Core i7.

2.2.2. Programas

- ArcGIS 10.2.2.
- Auto CAD 2014 y Civil 3D 2014.
- Global Mapper v18.
- Google Earth v.7.2.
- Microsoft office 2010 (Word, Excel, Powerpoint, etc)

2.2.3. Información cartográfica

- Se ha dispuesto de la Carta Nacional a escala 1:100 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

- Imágenes de satélite LANDSAT.
- Mapa uso actual de la tierra, vegetación, y capacidad de uso mayor; obtenida del Gobierno Regional de Ayacucho en el proceso de zonificación ecológica económica de la región de Ayacucho.
- Cartas Nacionales de MINEDU para la zona en estudio, escala 1/1 000 000 y 1/50 000 (26 ñ, 26 o, 27 ñ y 27 o).

2.2.4. Información hidrometeorología

Se ha tomado en cuenta la siguiente información:

- Información meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga - Ayacucho.

2.2.5. Trabajos de gabinete

- Determinar los parámetros geomorfológicos
- Análisis del clima en la cuenca y en la sector de riego.
- Análisis y tratamiento de la precipitación
- Determinación de la oferta de agua, caudales medios mensuales y eventos extremos para diferentes periodos de retorno.
- Análisis de la cédula de cultivos y demanda de agua proyectada.
- Balance hídrico.
- Estimación del transporte de sedimentos y evaluación de la calidad del agua.

2.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.3.1 Parámetros geomorfológicos

En la siguiente figura se muestra el esquema metodológico para determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Pacaycasa.

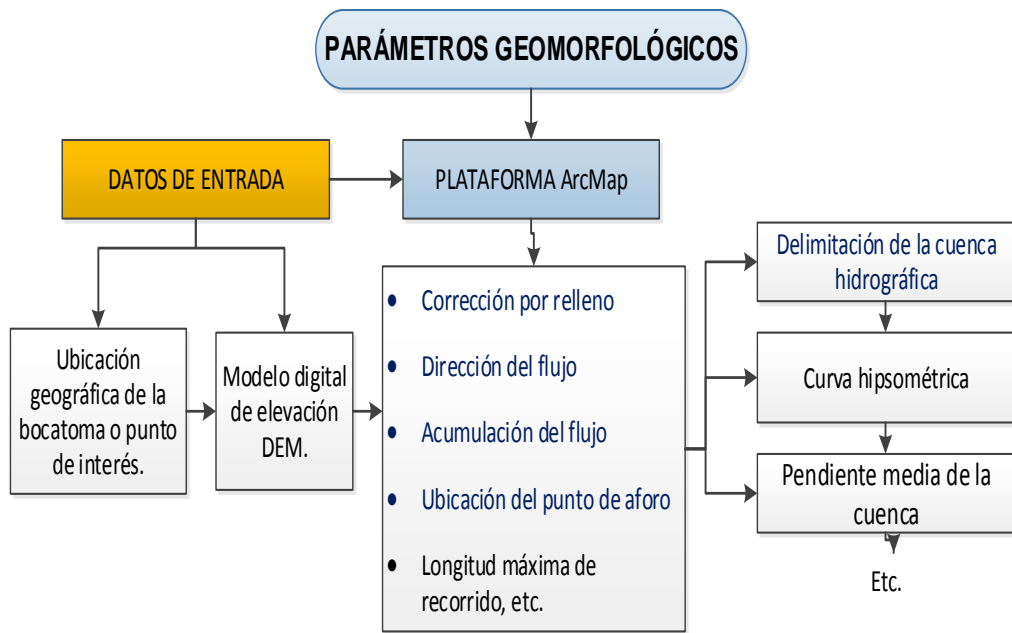


Figura 2.3: Esquema metodológico de parámetros geomorfológicos en la plataforma ArcMap

Las características hidrológicas son descritas en términos de parámetros de forma, relieve, red de drenaje y medidas lineales. Para lo cual se realiza lo siguiente:

- ✓ Ubicación de la toma lateral y georreferenciación con GPS Garmin, en el punto de interés donde ese construirá una bocatoma.



Figura 2.4: Ubicación de la bocatoma

- ✓ Descargar el modelo digital de terreno de la página web ASTER GDEM, para la delimitación de la cuenca en el ArcMap.

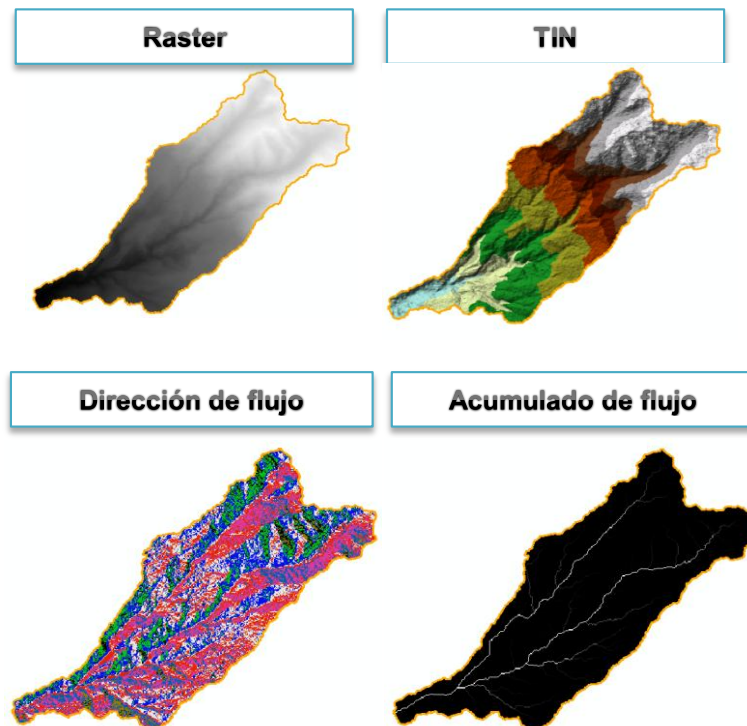


Figura 2.5: Imágenes satelitales

- ✓ Se calcula todas las propiedades geomorfológicas de la cuenca: área, perímetro, curva hipsométrica, pendiente media de la cuenca, rectángulo equivalente, pendiente del cauce, perfil longitudinal del curso de agua, orden de la cuenca, entre otros.



Figura 2.6: Determinando del orden jerárquico y pendiente media de la cuenca del río Pacaycasa

2.3.1. Variables climatológicas

El estudio climatológico permite identificar, describir y evaluar el tipo de clima existente en el área de estudio, teniendo en cuenta que el clima es uno de los factores principales que condicionan la estructuración de los proyectos agropecuarios.

Las variables climáticas como la temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa media mensual, velocidad del viento y horas de sol, son los de mayor importancia para los objetivos del presente estudio; en el cuadro 2.5, muestra la relación de las estaciones climatológicas utilizadas, son: Allpachaca, Apacheta, Chiara, Choccoro, San Pedro de Quicato, Cuchoquesera, Huamanga, Huanta, Pampa Cangallo, Pucaloma, Sachabamba y Tambillo; cuyos registros históricos multianuales muestran el comportamiento de cada una de estas variables.

Cuadro 2.5: Red de estaciones meteorológicas involucradas en el estudio

ESTACION	LATITUD (S)	LONGITUD (w)	ALTITUD (m.s.n.m.)	PROVINCIA	DISTRITO
ALLPACHACA	13°23'19"	74°16'00"	3550	Huamanga	Huamanga
APACHETA	13°20'51"	74°38'44"	4150	Cangallo	Paras
BELLAVISTA-CHIARA	13°16'00"	74°12'27"	3587	Huamanga	Chiara
CHOCORRO	13°24'48"	74°28'23"	4025	Cangallo	Paras
SAN PEDRO DE QUICATO	13°17' 44"	74°01'33"	3497	Huamanga	Acocro
CUCHOQUESERA	13°25'50"	74°20'32"	3724	Cangallo	Chuschi
HUAMANGA	13°08'51"	74°13'06"	2772	Huamanga	Ayacucho
HUANTA	12°56'51"	74°14'00"	2722	Hanta	Hanta
PAMPA CANGALLO	13°33'19"	74°11'04"	3375	Cangallo	Los Morochucos
PUCALOMA	13°12'20"	74°17'54"	3490	Huamanga	Socos
SACHABAMBA	13°27'38"	74° 06' 02"	3544	Huamanga	Chiara
TAMBILLO	13°13' 06"	74° 06' 22"	3343	Huamanga	Tambillo

La regionalización se realiza a partir de la regresión lineal, donde, la variable dependiente son las variables climatológicas y la variable independiente es la altura media de cada estación meteorológica.

$$Y = aX + b$$

Dónde:

Y= variables climatológicas (variable dependiente)

X= conformada por la altitud media (variable independiente)

Las variables climatológicas son generadas a partir de la identificación de la altitud media de la cuenca Pacaycasa y del sector de riego Wayllapampa. Como se en los siguiente cuadro 2.6 con sus respectiva figura 2.7, hace referencia la regionalización lineal de la temperatura media mensual, lo cual se hizo tanto para temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa media mensual, velocidad del viento y horas de sol (ver anexo II: variables meteorológicas).

Cuadro 2.6: Temperatura media mensual (°C)

ESTACIONES	Altitud	MESES												MEDIA
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
ALLPACHACA	3550	10.6	10.6	10.5	9.9	9.1	8.4	8.2	8.8	9.7	10.6	10.9	10.6	9.8
APACHETA	4150	7.0	6.9	6.9	6.6	5.8	5.2	4.8	5.4	6.1	7.3	7.6	6.8	6.4
BELLAVISTA-CHIARA	3587	14.2	12.3	12.9	13.4	13.0	12.8	16.3	13.7	13.4	13.7	14.3	13.5	13.6
CHOCORO	4025	6.9	6.7	6.7	6.4	5.8	5.6	5.2	5.3	6.0	6.4	7.2	7.3	6.3
SAN PEDRO DE QUICATO	3497	11.7	11.3	11.1	11.2	10.8	10.0	9.5	10.2	11.1	12.2	12.1	12.0	11.1
CUCHOQUESERA	3724	10.0	9.9	9.6	9.4	8.8	8.3	7.8	8.8	9.4	10.2	10.5	10.1	9.4
HUAMANGA	2772	10.8	10.5	10.3	10.1	9.7	9.2	9.1	9.5	10.6	11.6	11.9	10.8	10.4
HUANTA	2722	16.9	16.3	16.5	15.9	16.1	15.4	15.2	16.1	16.6	18.0	17.6	17.1	16.5
PAMPA CANGALLO	3375	13.2	12.8	12.7	12.4	11.7	10.9	10.8	11.5	12.4	13.4	13.9	13.4	12.4
PUCALOMA	3490	12.2	12.1	11.8	12.0	11.9	11.0	11.1	11.9	12.4	13.1	13.5	12.8	12.2
SACHABAMBA	3544	12.9	12.7	12.5	12.2	11.5	10.7	10.6	10.8	12.1	13.1	13.7	13.2	12.2
TAMBILLO	3343	13.6	13.3	13.3	13.7	13.6	13.0	12.6	13.3	13.9	14.6	14.9	14.0	13.6
ECUACION DE REGRESION (Y = bX + a)	a	29.0	28.1	28.0	27.7	28.9	27.8	27.8	29.3	30.4	32.2	31.3	29.4	29.2
	b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	r	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
CUENCA PACAYCASA	3,457.3	11.8	11.4	11.3	11.2	10.8	10.1	10.2	10.6	11.3	12.2	12.5	11.9	11.3
SECTOR DE RIEGO W.	2,450.0	16.8	16.3	16.2	16.0	16.1	15.3	15.3	16.0	16.8	18.0	17.9	17.0	16.5

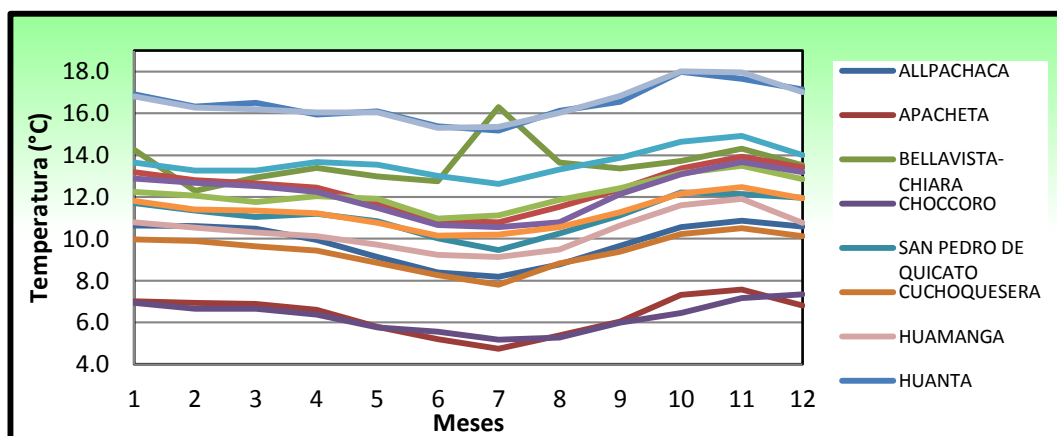


Figura 2.7: Temperatura media mensual (°C)

a. Red de estaciones pluviométricas

La información hidrometeorológica se ha obtenido de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Cabe resaltar que hemos encontrado una red de estaciones pluviométrica y climatológica muy débil en la cuenca y con periodos de tiempo muy intermitentes.

b. Análisis de la red de estaciones

Dentro de la cuenca del río Pacaycasa no existen estaciones pluviométricas ni hidrométricas; Sin embargo, recurriendo a cuencas vecinas podemos citar las siguientes estaciones.

Cuadro 2.7: Red de estaciones meteorológicas involucradas en el estudio

ESTACION	LATITUD (S)	LONGIUD (w)	ALTITUD (m.s.n.m.)	PROVINCIA	DISTRITO
ALLPACHACA	13°23'19"	74°16'00"	3550	Huamanga	Huamanga
APACHETA	13°20'51"	74°38'44"	4150	Cangallo	Paras
BELLAVISTA-CHIARA	13°16'00"	74°12'27"	3587	Huamanga	Chiara
CUCHOQUESERA	13°25'50"	74°20'32"	3724	Cangallo	Chuschi
PUCALOMA	13°12'20"	74°17'54"	3490	Huamanga	Socos
HUANTA	12°56'51"	74°14'00"	2722	Hanta	Hanta

c. Registro histórico

Para el estudio hidrológico de la cuenca Pacaycasa, se utilizó 6 estaciones pluviométricas que se encuentran dentro de la cuenca Cachi y en cuencas vecinas.

Las estaciones pluviométricas utilizadas en la cuenca de estudio, se encuentran actualmente operando, contándose con información, en el mejor de los casos, hasta el año 2013. Con registros históricos indicados en el cuadro 2.8

Cuadro 2.8: Longitud de registro de las estaciones en estudio (1991-2013)

ESTACION	ALTITUD (msnm)	LONGITUD DE REGISTRO: PRECIPITACION MEDIA MENSUAL																							
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
ALLPACHACA	3550																								
APACHETA	4150																								
BELLAVISTA-CHIARA	3687																								
CUCHOQUESERA	3724																								
PUCALOMA	3490																								
HUANTA	2722																								

d. Análisis de consistencia de los registros

La no-homogeneidad e inconsistencia en secuencias hidrológicas representa uno de los aspectos más importantes del estudio de hidrología, puesto que si éstos no son identificados y eliminados, un error significativo puede introducirse en todos los análisis futuros obteniendo resultados altamente sesgados.

Inconsistencia es sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias, y no-homogeneidad es definido como los cambios de los datos vírgenes con el tiempo.

En general, los datos medidos incluyen dos tipos de errores: (a) Errores aleatorios o accidentales y (b) Errores sistemáticos; los errores aleatorios se presentan a causa de la inexactitud en las mediciones y observaciones; teniendo entre las más comunes: lecturas poco conscientes, aparato ligeramente estropeado y mal colocado, errores de transcripción de cálculo, copia, impresión e interpretación. Los errores sistemáticos son los de mayor importancia, ya que los datos pueden ser incrementados o reducidos sistemáticamente; los errores sistemáticos pueden ser a la vez naturales, artificiales u ocasionados por la intervención de la mano del hombre, los mismos que ocurren como saltos y como tendencias.

Desde un punto de vista práctico son de mayor interés los errores sistemáticos ocasionados por la intervención de la mano del hombre y en ellos se concentra el análisis de consistencia.

Antes de evaluar la consistencia de la información pluviométrica, se realizó la completación de los datos mensuales faltantes, utilizando para ello, la información de los años con registros completos (es decir, aquellas que tengan durante los doce meses) aún éstas no sean consecutivas, obteniéndose de esta manera la precipitación promedio multianual a nivel mensual y anual, luego se procedió a hallar el factor adimensional (k) para cada mes del año, con la siguiente ecuación:

$$K_i = \frac{\bar{x}_i}{X}$$

Donde:

\bar{x}_i = Precipitación promedio multianual del mes,

X = Precipitación promedio multianual a nivel anual.

Con este factor K se procedió a hallar la precipitación de los meses faltantes. En el anexo III: análisis de datos de la precipitación, se presenta la información debidamente completada de las 6 estaciones.

Puesto que se dispone de series múltiples de la información pluviométrica en la cuenca de estudio, se procedió a realizar el **análisis de consistencia para la identificación de saltos**.

- **Análisis gráfico**

El análisis de doble masa, es una herramienta muy conocida y utilizada en la detección de inconsistencias en los datos hidrológicos múltiples (cuando se disponen de dos o más series de datos) en lo que respecta a errores que pueden haberse producido durante la obtención de los mismos, pero no para realizar una corrección a partir de la curva de doble masa.

Los posibles errores se pueden detectar por el quiebre o quiebres que presenta la recta de doble masa; considerándose un registro de datos con menos errores sistemáticos, en la medida que presenta 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 variación de la recta para un nivel de probabilidades dado (tal es el caso de las estaciones en estudio), entonces el salto no es significativo, el mismo que se comprobará mediante un análisis estadístico.

Para el análisis de doble masa de las estaciones, observando los gráficos, se seleccionó a partir de un análisis de correlación, como se ve el siguiente cuadro 2.9.

Cuadro 2.9: Análisis de correlación

ESTACION	ALLPACHACA	APACHETA	CHIARA	CUCHOQUESERA	PUCALOMA	HUANTA
ALLPACHACA	1.0000					
APACHETA	0.9988	1.0000				
CHIARA	0.9990	0.9989	1.0000			
CUCHOQUESERA	0.9982	0.9959	0.9960	1.0000		
PUCALOMA	0.9986	0.9961	0.9978	0.9983	1.0000	
HUANTA	0.9992	0.9983	0.9982	0.9989	0.9982	1.0000

Vale decir tiene menor número de puntos de quiebre, por tanto se considera como la más confiable.

Luego, la estación seleccionada como la más confiable se ploteó en el eje de las abscisas y en las ordenadas cada una de las demás estaciones, obteniéndose así tantas rectas como números de series se tengan menos uno, ver figura 2.8. En estos gráficos se definen el o los quiebres que pueden ser significativos para su posterior análisis estadístico.

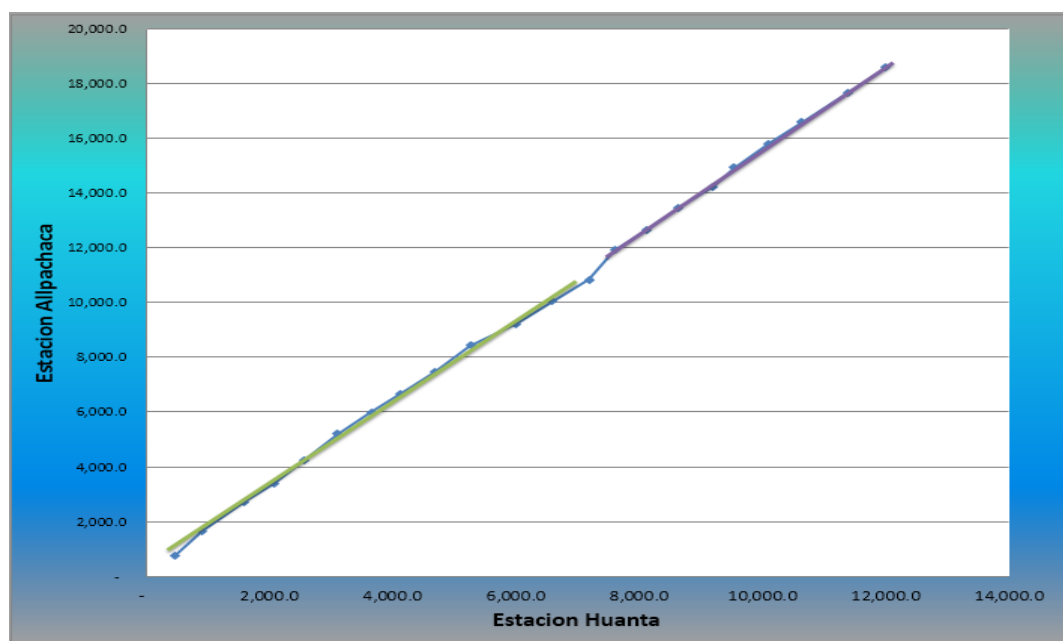


Figura 2.8: Curva de doble masa (1991-2012)

Una vez identificado el o los periodos con información dudosa, se procede a evaluar y cuantificar el salto, tratándolos a cada uno de los registros como series simples independientes y de tiempo de cambio conocido.

- **Análisis estadístico de saltos y tendencias**

En el anexo III: análisis de datos de precipitación, se presenta el análisis y tratamiento estadístico completo de las 06 estaciones utilizadas en el estudio de la cuenca incluido el análisis de saltos y tendencias, así como las respectivas correcciones de los datos erróneos.

e. Precipitación de la cuenca Pacaycasa y del sector de riego Wayllapampa

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. En el presente estudio se determinó la precipitación areal promedio de la cuenca en estudio, tanto anual como mensual, mediante el método de la regionalización de la precipitación a partir de los datos de precipitación de las estaciones de estudio; luego de realizar la completación, extensión de los datos y el análisis estadístico de las mismas.

De acuerdo a las características de la cuenca del río Pacaycasa se optó por usar el método de la regionalización de la precipitación ya que es de mejor aproximación y representatividad al incluir el efecto espacial en la cuenca, comportamiento debido a la buena correlación encontrada en relación precipitación vs altitud.

La determinación de la precipitación área de la cuenca del río Pacaycasa del sector de riego Wayllapampa, se puede observar de los cuadros del Anexo III: análisis de la precipitación.

2.3.2. Oferta de agua superficial

a) Modelo Determinístico – Estocástico Lutz Scholz

La **transformación de la precipitación en escorrentía**, se ha realizado aplicando el método de “Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Scholz”, desarrollado por el Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones – Plan Meris II en 1980. Este modelo hidrológico es combinado por que cuenta con una **estructura determinístico** 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 la situación de 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** (anexo IV: oferta de agua).

b) Calibración del modelo

La calibración de la cuenca del río Pacaycasa se realiza a partir de una cuenca vecina que cuenca con registros de aforo histórico; como la cuenca Apacheta.

- Previamente se ha procesado y analizado la información hidrométrica de la cuenca vecina del río Apacheta, con el cálculo de la proporción de lluvia que genera el coeficiente de escorrentía como se muestra en los cuadros 2.10 y 2.11.

Cuadro 2.10:Evapotranspiración Potencial

MES	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm/mes)				Promedio
	ETP TURC	ETP THORNTSWAITE	ETP HARGREAVES	ETP PENMAN MONTHEI	
Enero	50.90	52.69	142.90	117.73	91.05
Febrero	43.04	45.21	111.04	91.98	72.82
Marzo	45.42	48.28	109.62	97.49	75.20
Abril	48.79	45.07	101.05	93.43	72.08
Mayo	45.00	39.36	98.34	104.28	71.74
Junio	38.81	34.76	75.93	72.39	55.47
Julio	41.09	36.60	94.67	101.02	68.34
Agosto	43.23	37.19	123.64	143.86	86.98
Setiembre	46.49	40.64	115.27	112.87	78.82
Octubre	53.41	47.04	129.70	125.42	88.89
Noviembre	56.11	51.31	139.27	123.69	92.60
Diciembre	46.57	53.24	139.93	117.38	89.28
Total	558.85	531.39	1,381.35	1,301.53	943.28

Cuadro 2.11: Coeficiente de escorrentía – método Turc

Cálculo Coef. Escorrentía - Método Turc	
Temperatura Anual (T):	15.40
Coeficiente de Temperatura(L):	867.61
Déficit de Escurrimiento(D):	605.37
Coeficiente de Escorrentía(C):	0.25
Coeficiente de Escorrentía Elegido (C):	0.40

- Coeficiente de retención es constituida por fuentes existentes en las partes altas del ría apacheta. Ver cuadro 2.12 y 2.13.

Cuadro 2.12: Coeficiente de retención de la cuenca Apacheta

Descripción	Pendiente de la Cuenca	Lámina de Agua	Área	Retención Anual
	%	mm/año	Km2	m3/año
Napa Freática (Acuíferos)	6.67	600	17	1.0E+07
Lagunas		500	0	0.0E+00
Nevados		500		0.0E+00
TOTAL				1.02E+07

Con una retención Total=10.2, MMC=53.52mm/año

- Coeficiente de agotamiento
El coeficiente de agotamiento se determinó con la siguiente expresión:
 $a = -0.00252 \ln AR + 0.030$, Cuencas con agotamiento rápido, vegetación poco desarrollada (puna, para la cuenca Apacheta).
 $a = -0.00252 \ln AR + 0.026$, Cuencas con agotamiento mediano, vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados, para la cuenca Pacaycasa).
- Razón de agotamiento
$$b_0 = e^{-a*t}$$

Donde:
Razón Mensual: t =30 días
- Gasto de retención en el periodo seco

Cuadro 2.13: Periodo seco comprendido entre abril y octubre

N°	N° Días	Mes	$b_{mes\ i}$	$G_{mes\ i}$ mm/mes	A_i Región 5	$A_{mes\ i}$ mm/mes
1		enero			65.0	34.8
2		febrero			15.0	8.0
3		marzo			5.0	2.7
4	1	abril	0.605	22.26	-	-
5	2	mayo	0.354	13.02	-	-
6	3	junio	0.221	8.14	-	-
7	4	julio	0.125	4.60	-	-
8	5	agosto	0.074	2.74	-	-
9	6	septiembre	0.049	1.80	-	-
10	7	octubre	0.026	0.97	10.0	5.4
11		noviembre			-	-
12		diciembre			5.0	2.7
TOTAL			1.454	53.52	100.00	53.52

Cuadro 2.14: Generación de caudales del río Apacheta

N°	Mes	N° Días	PE	Gasto de	Abastecimiento	Caudales		Caudales
				Retención	de la Retención	Generados	Aforados	
		días	mm/mes	G_i (mm/mes)	A_i (mm/mes)	mm/mes	m^3/s	m^3/s
1	Ene	31	90.56	0.00	34.79	55.76	3.97	4.76
2	Feb	28	58.87	0.00	8.03	50.84	4.00	6.62
3	Mar	31	57.36	0.00	2.68	54.68	3.89	6.09
4	Abr	30	8.37	22.26	0.00	30.63	2.25	3.19
5	May	31	2.82	13.02	0.00	15.84	1.13	1.14
6	Jun	30	1.43	8.14	0.00	9.57	0.70	0.59
7	Jul	31	1.55	4.60	0.00	6.15	0.44	0.43
8	Ago	31	3.08	2.74	0.00	5.82	0.41	0.47
9	Sep	30	10.18	1.80	0.00	11.98	0.88	0.51
10	Oct	31	10.05	0.97	5.35	5.66	0.40	0.64
11	Nov	30	9.05	0.00	0.00	9.05	0.67	1.14
12	Dic	31	67.38	0.00	2.68	64.70	4.60	1.86
	Año	365	320.68	53.52	53.52	26.72	1.95	2.29

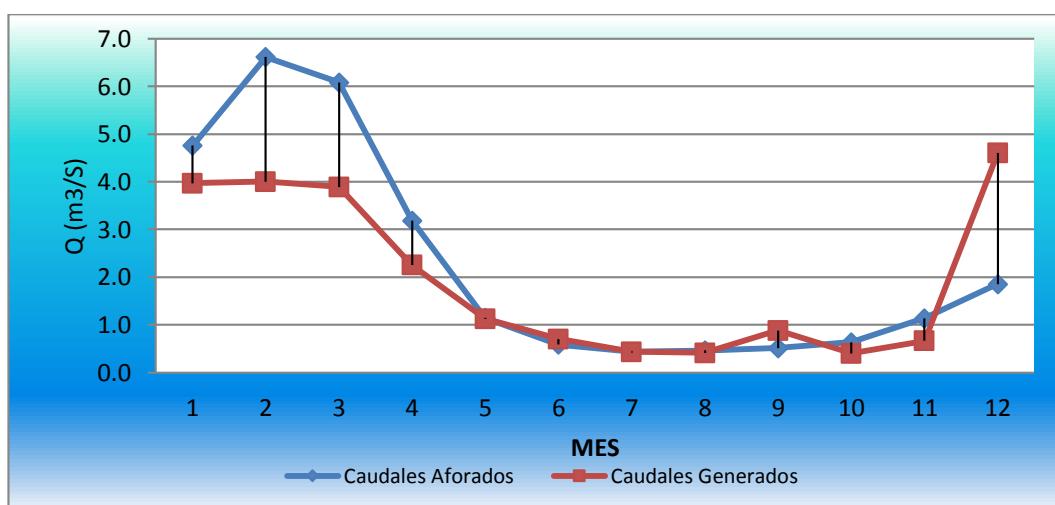


Figura 2.9: Calibración del modelo Lutz Scholz

c) Simulación

Una vez realizada la calibración, podemos realizar la simulación de caudales en los puntos de interés, utilizando los valores de los parámetros ajustados previamente.

La simulación, para nuestro caso fue en la altitud de frecuencia media de la cuenca Pacaycasa a una cota de 3543.2 msnm; tomando como estación de aforo en los puntos de interés de la cuenca, con una área de 65.86Km².

Como resultados de la Simulación, se obtienen los caudales medios mensuales, para el período 1991 – 2012; las que se muestran en el cuadro 2.15 y figura 2.10.

Cuadro 2.15: Cálculo de caudales río Pacaycasa

N°	Mes	N° Días	PE	Gasto de Retención	Abastecimiento de la Retención	Caudales Generados		Caudales Aforados
						mm/mes	m ³ /s	
		días	mm/mes	G _i (mm/mes)	A _i (mm/mes)	mm/mes	m ³ /s	m ³ /s
1	Ene	31	57.11	0.00	-4.34	61.45	1.51	0.00
2	Feb	28	73.02	0.00	-1.00	74.02	2.02	0.00
3	Mar	31	55.41	0.00	-0.33	55.74	1.37	0.00
4	Abr	30	7.15	-2.63	0.00	4.51	0.11	0.00
5	May	31	1.92	-1.61	0.00	0.31	0.01	0.00
6	Jun	30	1.21	-1.04	0.00	0.17	0.00	0.00
7	Jul	31	2.01	-0.62	0.00	1.40	0.03	0.00
8	Ago	31	1.99	-0.38	0.00	1.61	0.04	0.00
9	Sep	30	2.83	-0.26	0.00	2.57	0.07	0.00
10	Oct	31	6.97	-0.15	-0.67	7.50	0.18	0.00
11	Nov	30	9.36	0.00	0.00	9.36	0.24	0.00
12	Dic	31	25.25	0.00	-0.33	25.59	0.63	0.00
	Año	365	244.24	-6.68	-6.68	20.35	0.52	0.00

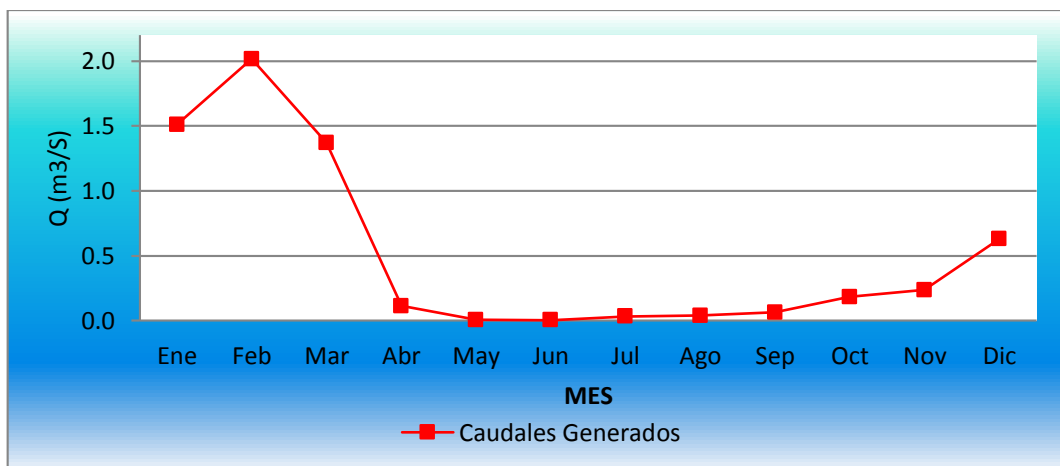


Figura 2.10: Caudales generados del río Pacaycasa

d) Generación de caudales mensuales para periodos extendidos

A fin de generar una serie sintética de caudales para periodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en una combinación de un proceso markoviano de primer orden, según la ecuación siguiente, con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva en la ecuación siguiente.

$$Q_{t i} = f(Q_{t-1})$$
$$Q = g(PE_t)$$

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

$$Z = z(S) (1-r^2)^{1/2}$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

Donde:

- Q_t = Caudal del mes t
- Q_{t-1} = Caudal del mes anterior
- PE_t = Precipitación efectiva del mes
- $B1$ = Factor constante o caudal básico.

Se calcula los parámetros B1, B2, B3, r y S sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión lineal con Q_t como valor dependiente y Q_{t-1} y PE_t como valores independientes. Para el cálculo se recomienda el uso de software comercial (hojas electrónicas) o de uso específico (programas elaborados tales como el SIH).

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

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo.
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes.

- Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor Q_0 sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

Los valores generados de gasto de la cuenca en estudio se presentan en los cuadros 2.16 y 2.17, y figura 2.11.

Cuadro 2.16: Generación de caudales mensual (mm/mes)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1991	36.5	56.9	29.5	2.3	1.2	1.1	1.4	1.4	2.1	8.6	7.4	6.6	154.8
1992	47.4	66.4	39.1	4.2	-0.1	2.5	2.3	1.3	1.1	23.1	2.1	22.9	212.2
1993	112.0	54.0	110.3	5.0	2.4	0.5	2.3	2.0	2.5	16.2	27.4	58.1	392.8
1994	44.0	63.5	53.5	5.1	2.5	0.0	-0.2	0.2	2.4	2.9	9.5	8.2	191.6
1995	45.5	62.3	88.5	0.3	1.2	0.5	1.0	0.5	2.5	4.0	29.2	4.8	240.3
1996	86.4	128.5	103.2	2.4	0.6	0.1	0.4	1.9	1.9	6.0	5.1	25.2	361.6
1997	81.9	76.3	14.4	4.1	0.9	-0.2	0.5	6.2	3.8	3.8	31.0	45.9	268.5
1998	68.5	36.5	36.8	0.5	0.2	1.1	0.2	1.5	0.7	4.3	5.5	20.7	176.5
1999	76.9	114.2	47.6	12.4	1.0	0.9	0.9	0.0	3.9	6.0	6.7	11.5	281.9
2000	52.0	165.4	62.3	2.1	3.3	3.0	4.3	2.0	1.4	10.6	3.1	15.1	324.5
2001	87.0	28.0	82.4	-1.8	5.8	0.8	2.5	2.1	1.8	2.6	27.6	12.9	251.7
2002	22.5	62.3	55.3	0.0	2.3	0.7	9.0	3.0	5.5	11.0	15.0	26.8	213.2
2003	22.4	117.7	121.0	4.5	1.9	0.2	0.4	2.8	1.8	2.9	5.5	39.9	321.0
2004	11.2	80.2	35.3	1.6	1.1	4.4	7.4	3.0	18.6	2.1	8.9	70.0	243.7
2005	36.2	23.2	79.9	-0.2	0.9	0.1	2.2	1.9	5.4	13.8	4.5	66.2	234.4
2006	101.9	65.0	73.8	8.6	-0.5	1.5	-0.1	3.9	-0.4	56.9	31.4	38.4	380.4
2007	65.4	28.2	98.5	1.4	0.6	0.0	0.6	-0.3	0.4	5.4	4.5	30.1	234.9
2008	72.7	77.5	30.0	1.4	2.8	0.8	-0.2	-0.2	2.1	8.8	2.6	27.2	225.6
2009	54.2	57.7	11.8	10.9	1.3	-0.2	1.9	0.3	0.1	5.4	28.3	11.0	182.7
2010	99.2	27.5	27.5	2.9	1.2	0.0	0.3	1.2	1.8	3.3	1.7	30.1	196.8
2011	145.3	161.2	62.4	20.7	0.3	-0.2	2.0	-0.1	3.7	3.5	7.1	20.3	426.2
2012	26.8	135.6	32.6	47.6	-2.0	1.1	0.3	0.4	0.5	3.5	4.0	61.0	311.3

**Cuadro 2.17: Generación de caudales mensuales rio Pacaycasa
(m3/s)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
1991	0.9	1.5	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3
1992	1.2	1.8	1.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.6	0.1	0.6	0.5
1993	2.8	1.5	2.7	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.4	0.7	1.4	0.8
1994	1.1	1.7	1.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4
1995	1.1	1.7	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.7	0.1	0.5
1996	2.1	3.5	2.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.8
1997	2.0	2.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.8	1.1	0.6
1998	1.7	1.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.5	0.4
1999	1.9	3.1	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6
2000	1.3	4.5	1.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	0.4	0.7
2001	2.1	0.8	2.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.7	0.3	0.5
2002	0.6	1.7	1.4	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.3	0.4	0.7	0.5
2003	0.6	3.2	3.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	1.0	0.7
2004	0.3	2.2	0.9	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.5	0.1	0.2	1.7	0.5
2005	0.9	0.6	2.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	1.6	0.5
2006	2.5	1.8	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.4	0.8	0.9	0.8
2007	1.6	0.8	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.7	0.5
2008	1.8	2.1	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.7	0.5
2009	1.3	1.6	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.3	0.4
2010	2.4	0.7	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.7	0.4
2011	3.6	4.4	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.5	0.9
2012	0.7	3.7	0.8	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	1.5	0.7
MAX	3.6	4.5	3.0	1.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	1.4	0.8	1.7	0.9
MIN	0.3	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3
PROM	1.6	2.1	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.7	0.6
R (lt/s/km2)	23.7	31.7	22.0	2.4	0.5	0.3	0.7	0.6	1.1	3.5	4.7	11.1	8.5
Q (75%)	0.9	1.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.5
Q (90%)	0.6	0.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4
Q (95%)	0.6	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4

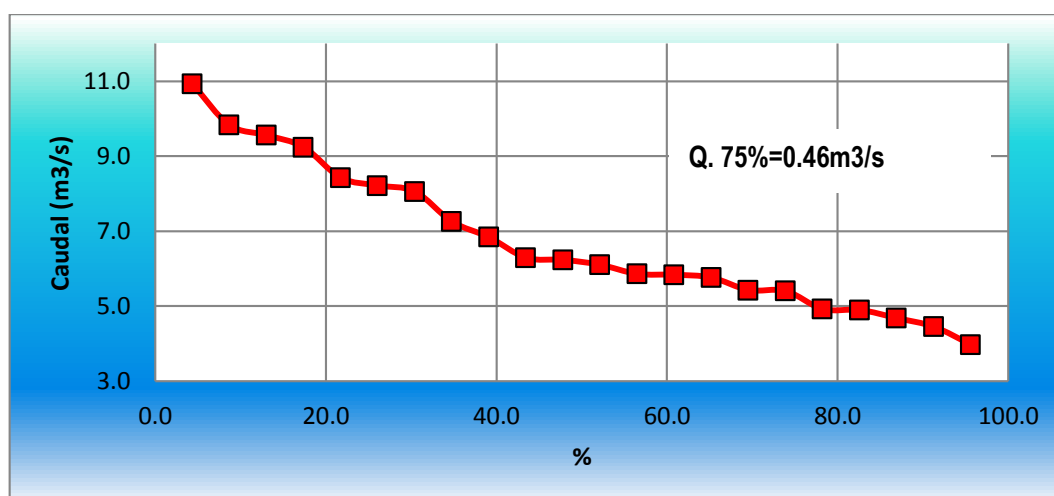


Figura 2.11: Curva de duración

2.3.2.1. Método Racional para eventos extremos

Para el cálculo de máximas avenidas se muestra el esquema en las figura 2.12.

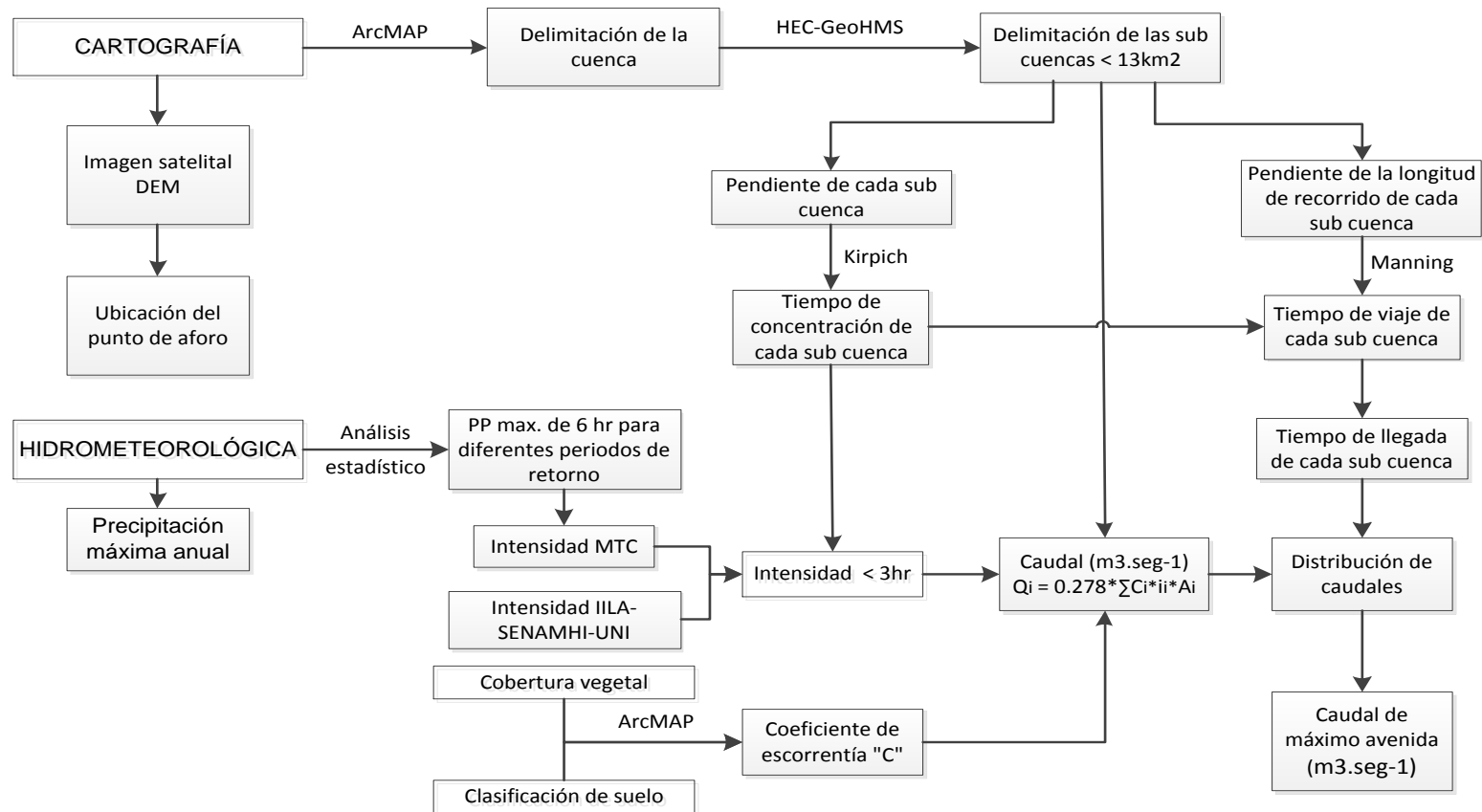


Figura 2.12: Esquema metodológico para la generación de máximas avenidas a partir del método Racional.

a) Intensidad obtenida a partir de los coeficientes según la duración de la precipitación, propuesta por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), 2008; a partir de la distribución de la Gumbel, Log-Gumbel y log Pearson III de la precipitación anual.

1. Selección de las estaciones próximas a la altitud media de la cuenca Pacaycasa.

Cuadro 2.18: Precipitación máxima en 24 horas, estación Pacaycasa

AÑO	Putacca	Choccoro	Allpachaca	Tambillo	Tunsulla	Chiara	PACAYCASA
	ALTITUD (msnm)						
	3589	4061	3550	3250	3900	3599	3377.45
1992	23.5	---	45.7	35.3	35.3	---	45.7
1993	31.8	---	57.4	37.9	38.1	31.0	57.4
1994	29.0	---	35.9	52.2	42.3	30.3	52.2
1995	37.1	---	34.5	24.5	47.9	22.4	47.9
1996	35.4	---	38.1	28.3	24.5	27.9	38.1
1997	43.4	---	28.3	41.7	50.1	23.7	50.1
1998	39.2	23.0	35.2	31.2	49.3	23.9	49.3
1999	45.1	19.2	21.1	28.6	47.9	24.4	47.9
2000	45.9	19.4	41.9	41.5	38.8	19.1	45.9
2001	35.7	19.2	28.5	48.5	43.7	38.0	48.5
2002	29.1	18.6	28.5	41.1	35.3	27.3	41.1
2003	21.5	18.8	25.4	38.4	35.3	30.2	38.4
2004	35.1	17.8	69.0	27.9	45.1	25.5	69.0
2005	31.4	18.8	27.6	47.0	25.0	27.3	47.0
2006	29.7	17.4	28.2	21.5	32.0	26.0	32.0
2007	29.0	19.6	43.5	27.0	18.0	22.0	43.5
2008	27.9	31.8	26.0	---	16.6	18.4	31.8
2009	0.0	31.8	0.0	---	---	24.0	31.8
2010	34.6	19.8	37.4	---	---	28.1	37.4
Prom.	31.8	21.2	34.3	35.8	36.8	26.1	36.8

2. Verificación de la frecuencia y la relación aleatoria entre los datos de la precipitación máxima por año a partir del método de Gumbel, Log-Gumbel, log Pearson III y valor extremo Tipo I (Gumbel) para la obtención de la precipitación máxima de 24 hr (ver cuadro 2.19 y 2.20); a partir del mejor ajuste de Kolmogorov-Smirnov. En el siguiente cuadro se ve la distribución de frecuencia Gumbel (frecuencias Log-Gumbel, log Pearson III y valor extremo Tipo I “Gumbel” (ver anexo V: Máximas avenidas).

Cuadro 2.19: Ajuste de distribución Gumbel

Datos de entrada			Weibull	Gumbel	
i	Empírico Pp (mm)	Empírico Pp (mm) A...Z		Distribución	Δ
			P(x) i/(n+1)	F(x) EXP(-EXP(-α*(x-β)))	abs(F(x)-P(x))
1	45.70	31.80	0.05	0.034	0.016
2	57.40	31.80	0.10	0.034	0.066
3	52.20	32.00	0.15	0.038	0.112
4	47.90	37.40	0.20	0.211	0.011
5	38.10	38.10	0.25	0.243	0.007
6	50.10	38.40	0.30	0.258	0.042
7	49.30	41.08	0.35	0.392	0.042
8	47.90	41.90	0.40	0.433	0.033
9	41.90	43.50	0.45	0.511	0.061
10	48.49	45.70	0.50	0.610	0.110
11	41.08	47.00	0.55	0.661	0.111
12	38.40	47.90	0.60	0.694	0.094
13	69.00	47.90	0.65	0.694	0.044
14	47.00	48.49	0.70	0.714	0.014
15	32.00	49.30	0.75	0.740	0.010
16	43.50	50.10	0.80	0.764	0.036
17	31.80	52.20	0.85	0.817	0.033
18	31.80	57.40	0.90	0.906	0.006
19	37.40	69.00	0.95	0.980	0.030
				Δmax =	0.112
Media	44.79			M. Momentos	
Desv. Est.	9.29			α =	0.14
n	19.00			β =	40.61
Prueba de bondad: Kolmogorov – Smirnov					
M_x =	44.79				
S_x =	9.29			Δ max = MAX[abs(F(x)-P(x))]=	0.11
Tabla Δ₀ (Kolmogorov – Smirnov)			Coefficientes de bondad de ajuste		
Nivel de significación:	0.05			Δ₀ (tabla)	Δ
Tamaño de muestra:	19.0				Δ₀>Δ
	Δ ₀ (tabla):	0.31			OK
Fuente: Máximo V. 2011, Hidrología Estadística. Lima-Prú. Pg. 250-256					
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_x$		$\beta = \bar{X} - 0.450047 * S_x$			

Cuadro 2.20: Serie de precipitaciones máximas de 24 horas

Nº	AÑO	P máx (mm)	A...Z	Ln(x)	Máx. verosimilitud	
					Pp (mm)	LOG10(P)
1	1992	45.70	31.80	3.46	30.69	1.49
2	1993	57.40	31.80	3.46	33.43	1.52
3	1994	52.20	32.00	3.47	35.14	1.55
4	1995	47.90	37.40	3.62	36.52	1.56
5	1996	38.10	38.10	3.64	37.75	1.58
6	1997	50.10	38.40	3.65	38.89	1.59
7	1998	49.30	41.08	3.72	40.00	1.60
8	1999	47.90	41.90	3.74	41.09	1.61
9	2000	41.90	43.50	3.77	42.19	1.63
10	2001	48.49	45.70	3.82	43.32	1.64
11	2002	41.08	47.00	3.85	44.51	1.65
12	2003	38.40	47.90	3.87	45.78	1.66
13	2004	69.00	47.90	3.87	47.17	1.67
14	2005	47.00	48.49	3.88	48.71	1.69
15	2006	32.00	49.30	3.90	50.50	1.70
16	2007	43.50	50.10	3.91	52.66	1.72
17	2008	31.80	52.20	3.96	55.46	1.74
18	2009	31.80	57.40	4.05	59.57	1.78
19	2010	37.40	69.00	4.23	68.15	1.83
Promedio	m =	44.8	44.8	3.8	44.8	1.6
Desv. Estánd.	s =	9.29	9.29	0.20	9.47	0.09
Coef. Asimet.	c.a. =	0.73	0.73	0.11	0.83	0.33
Nº Datos	n =	19	19	19	19	19

3. Obtención de la precipitación máxima de 24 hr para periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Cuadro 2.21: Precipitación máxima de 24 horas

Periodo de retorno	LONGITUD DE REGISTRO PARA N = 19 AÑOS							
	Frecuencia máxima			Frecuencia extremos				
	Gumbel	Log-Gumbel	PP corregida por máx. verosimilitud					
			Gumbel	Log - Pearson III		Gumbel I		
x _q	x _q	x _q	c.a. =	0.83	K	x _q		
Ppi (mm)			K	PP (mm)		PP (mm)		
1.05	32.55	33.57	32.05	-1.38	33.16	-1.55	30.16	
2.00	43.26	42.47	43.32	-0.14	42.72	-0.15	43.42	
5.00	51.47	50.84	51.96	0.78	51.47	0.93	53.58	
10.00	56.90	57.28	57.68	1.34	57.71	1.64	60.31	
25.00	63.77	66.59	64.91	2.00	66.07	2.53	68.80	
50.00	68.86	74.46	70.27	2.47	72.66	3.20	75.11	
100.00	73.92	83.19	75.59	2.91	79.56	3.86	81.36	
200.00	78.95	92.91	80.89	3.34	86.82	4.52	87.60	

- Distribución de frecuencia máxima

Gumbel

$$X_q = \beta + y * \alpha_1$$

Log-Gumbel

$$X_q = e^{(\beta+y*\alpha_1)}$$

Gumbel máx. Verosimilitud

$$X_q = a + bY_q, \quad a=0.53 \text{ y } b=.62$$

- Distribución de frecuencia extrema

Log - Pearson III

$$K = C_{g2} + \frac{(C_{g1}-C_{g2})(C_a-C_{s2})}{C_{s1}-C_{g2}} \quad X_q = 10^{\overline{\text{Log}_x} + k * S_{\text{Log}_x}}$$

Gumbel I

$$K = \frac{y - \bar{y}_n}{\sigma_n}$$

Del cuadro 2.22, el coeficiente de menor error de la prueba de bondad de ajuste al 95% de probabilidad es 0.027 para la frecuencia Log-Pearson III.

Cuadro 2.22: Coeficientes de bondad de ajuste

AJUSTE DE DISTRIBUCION		Δ_0 (tabla)	Δ	$\Delta_0 > \Delta$
	Gumbel	0.31	0.112	OK
	Log - Gumbel	0.31	0.146	OK
Max. berosimil	Gumbel	0.31	0.028	OK
	Log - Pearson III	0.31	0.027	OK
	Gumbel I	0.31	0.028	OK
Mínimo			0.027	Log - Pearson III

4. Calculo de la Intensidad obtenida a partir de los coeficientes según la duración de la precipitación, propuesta por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008.

Cuadro 2.23: Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora

Duración de la precipitación en horas							
1	2	3	4	5	6	8	10
0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.73
Duración de la precipitación en horas							
12	14	16	18	20	22	24	48
0.79	0.83	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.32

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2008

5. Determinación de la ecuación de intensidad según periodo de retorno y tiempo de duración de la precipitación; para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años.

$$I = \frac{90.2476 * T^{0.151301}}{t^{0.54625}}$$

Dónde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min.)

b) Intensidad a partir de la regionalización del Perú por la ecuación IILA-SENAMHI-UNI

1. Ubicación de la cuenca Pacaycasa dentro del plano n.2-C, para la determinación de las constantes a, b, K y n fueron determinadas en el “Estudio de la Hidrología del Perú” realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI (ver figura 2.13).

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T) * (t + b)^{n-1},$$

Formula obtenida del reglamento nacional de edificaciones 2006.

De donde:

i = intensidad de la lluvia (mm/hora)

a = parámetro de intensidad (mm)

K = parámetro de frecuencia (adimensional)

b = parámetro (hora)

n = parámetro de duración (adimensional)

t = duración (años)

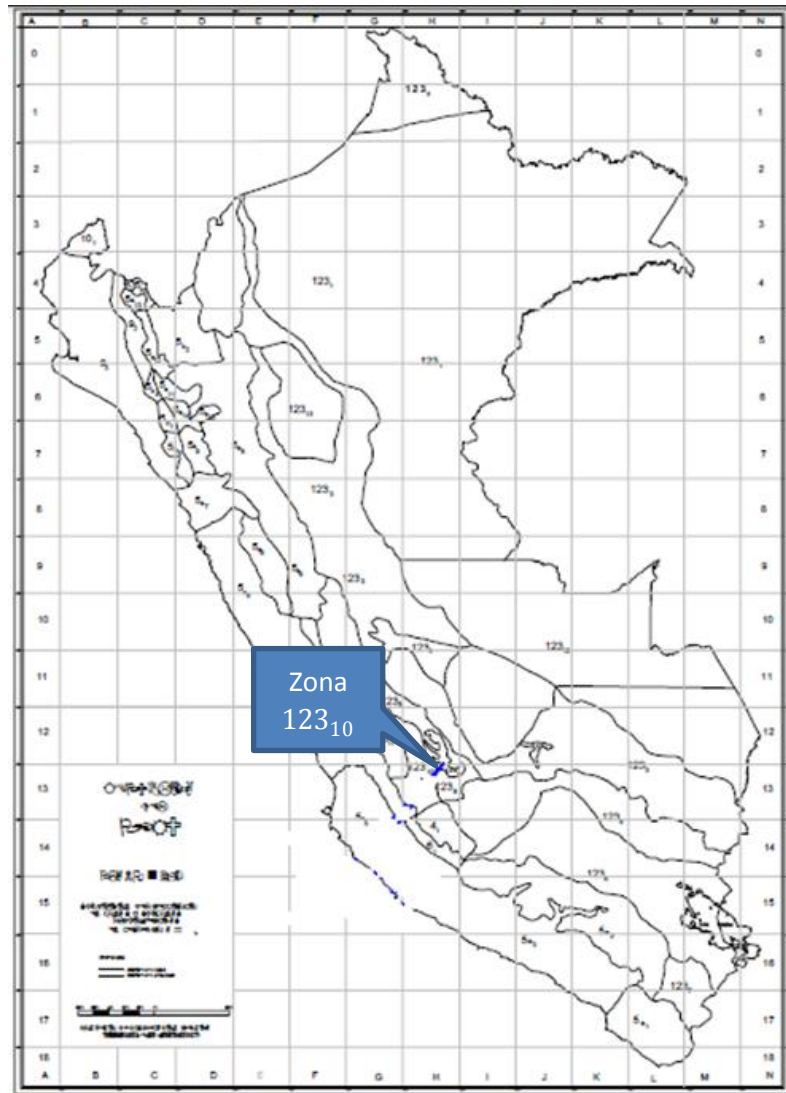


Figura 2.13: Plano n.2-C

2. Calculo de la ecuación de la intensidad a partir del tiempo de concentración $t \leq 3$ horas y periodos de retorno de 5, 10, 25, 50.

Cuenca del río Pacaycasa de 3457.3 msnm: Código = 123₁₀

$$a = 11.653 \text{ (mm)}, 3.01+0.0025*Y$$

$$K = 0.553 \text{ (adimensional)}$$

$$b = 0.4 \text{ (hora), para la sierra.}$$

$$n = 0.254 \text{ (adimensional).}$$

$$t = \text{duración (años), para 5, 10, 25, 50 y 100 años.}$$

$$i(t,T) = 11.653 * (1 + 0.55 * \log T) * (t + 0.44)^{0.254 - 1}$$

3. Obtención de coeficiente de escurrimiento generados en ArcGis 10.2.2; utilizando cobertura vegetal y la clasificación de suelo, obtenidas de Gobierno Regional de Ayacucho en el proceso de zonificación ecológica económica de la región de Ayacucho. Para las diferentes sub cuencas del río Pacaycasa. Ver anexo IX: planos- P: 01 coeficiente de escorrentía y cuadro 2.24.

Cuadro 2.24: Coeficiente de escorrentía

SUB CUENCA	"C"	Ar (Km2)
Cuenca 01	0.28	8.35
Cuenca 02	0.24	6.98
Cuenca 03	0.24	2.98
Cuenca 04	0.24	4.88
Cuenca 05	0.26	7.94
Cuenca 06	0.24	3.29
Cuenca 07	0.25	4.70
Cuenca 08	0.22	0.11
Cuenca 09	0.27	4.52
Cuenca 10	0.25	10.25
Cuenca 11	0.25	2.76
Cuenca 12	0.23	4.76
Cuenca 13	0.24	4.34
TOTAL		65.86

4. Calculo de tiempo de concentración con el Formula de Kirpich, como se muestra en el cuadro 2.25.

Si:

$$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

L : Máxima longitud de recorrido, en m

S : Pendiente del perfil de la corriente, en m/m

T_c : Tiempo de concentración, en min

Cuadro 2.25: Tiempo de concentración

Código de Subcuenca	Cota (m.s.n.m.)		Sub áreas (Km ²)	Longitud Max. De Recorrido (m)	Pendiente (S) m/m	Tiempo de Concentración (Tc)	
	Pto. Alto	Pto. Bajo				Minuto	Hora
1	4435	3938	8.351	10187.80	0.05	75.96	1.27
2	4381	3201	6.978	5948.34	0.20	29.24	0.49
3	4320	3201	2.981	5034.42	0.22	24.62	0.41
4	3685	2827	4.881	5882.12	0.15	32.64	0.54
5	4098	2827	7.941	6555.16	0.19	31.80	0.53
6	3194	2653	3.289	4504.29	0.12	28.63	0.48
7	3279	2653	4.696	5856.86	0.11	36.66	0.61
8	2790	2623	0.114	588.95	0.28	4.29	0.07
9	4443	4036	4.522	9691.56	0.04	77.44	1.29
10	4379	3116	10.246	7776.56	0.16	38.83	0.65
11	3841	3116	2.763	4603.17	0.16	26.23	0.44
12	3343	2623	4.758	6534.23	0.11	39.42	0.66
13	2976	2511	4.340	3676.61	0.13	24.02	0.40

5. Hallamos el Tiempo de viaje del recorrido del caudal de las subcuenas hasta el punto de aforo principal, ver cuadro 2.26.

Cuadro 2.26: Tiempo de llegada

N° de Áreas	Tiempo de Concentración (Tc)	Tiempo de Viaje (horas)	Tiempo de Llegada (horas)	Tiempo de Llegada (minutos)
1	1.27	1.74	3.01	180.58
2	0.49	1.37	1.85	111.30
3	0.41	2.51	2.92	175.13
4	0.54	1.09	1.63	97.81
5	0.53	1.09	1.62	96.96
6	0.48	0.81	1.28	77.03
7	0.61	0.96	1.58	94.53
8	0.07	0.40	0.47	28.32
9	1.29	1.54	2.83	169.92
10	0.65	1.07	1.72	102.98
11	0.44	2.45	2.89	173.13
12	0.66	0.44	1.09	65.54
13	0.40	0.00	0.40	24.02

6. Determinación del coeficiente de escorrentía "C" generados en ArcGis 10.2.2; utilizando cobertura vegetal y la clasificación de suelo, obtenidas del Gobierno Regional de Ayacucho en el proceso de zonificación ecológica económica de la región de Ayacucho. Para las diferentes sub cuencas del río Pacaycasa. Ver cuadro 2.27.

Cuadro 2.27: Coeficiente de escorrentía

UB CUENCA	"C"	Ar (Km2)
Cuenca 01	0.28	8.35
Cuenca 02	0.24	6.98
Cuenca 03	0.24	2.98
Cuenca 04	0.24	4.88
Cuenca 05	0.26	7.94
Cuenca 06	0.24	3.29
Cuenca 07	0.25	4.70
Cuenca 08	0.22	0.11
Cuenca 09	0.27	4.52
Cuenca 10	0.25	10.25
Cuenca 11	0.25	2.76
Cuenca 12	0.23	4.76
Cuenca 13	0.24	4.34
TOTAL		65.86

7. Distribución de caudales para diferentes periodos de retorno a partir de la ecuación de intensidad IILA-SENAMHI-UNI.

Cuadro 2.28: Distribución de los caudales

N° de Area	Tiempo Llegada (horas)	Caudal Q (m3/seg)				
		T= 5años	T= 10años	T= 25años	T= 50años	T= 100años
13	0.40	5.52	6.19	7.06	7.73	8.39
8	0.55	0.20	0.22	0.25	0.28	0.30
12	1.14	4.72	5.28	6.03	6.60	7.16
6	1.44	3.91	4.38	5.00	5.47	5.94
7	1.58	5.23	5.86	6.69	7.32	7.94
10	1.72	11.12	12.45	14.22	15.55	16.89
5	1.72	9.79	10.97	12.52	13.70	14.87
4	1.74	5.49	6.15	7.02	7.68	8.34
2	1.85	8.22	9.21	10.52	11.50	12.49
3	2.65	3.76	4.21	4.81	5.26	5.71
9	2.83	3.71	4.15	4.74	5.19	5.63
11	2.89	3.54	3.97	4.53	4.95	5.38
1	3.01	7.18	8.04	9.18	10.04	10.90

Cuadro 2.29: Generación de caudales máximos, para diferentes periodos de retorno

Intervalo de clase		Sub cuenca	Caudal acumulado m3/seg.				
Hr			T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
0.40 -	1.05	13-8	5.72	6.41	7.32	8.00	8.69
1.05 -	1.70	12-6-7	13.86	15.52	17.72	19.38	21.05
1.70 -	2.36	10-5-4-2	34.62	38.78	44.28	48.43	52.59
2.36 -	3.01	3-9-11-1	18.19	20.37	23.26	25.44	27.62

8. Distribución de caudales, a partir de la ecuación de intensidad de los coeficientes según la duración de la precipitación, propuesta por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), 2008.

Cuadro 2.30: Distribución de los caudales

N° de Area	Tiempo Llegada (horas)	Caudal Q (m3/seg)				
		T= 5años	T= 10años	T= 25años	T= 50años	T= 100años
13	0.40	5.87	6.52	7.49	8.32	9.24
8	0.55	0.36	0.40	0.46	0.51	0.57
12	1.14	4.71	5.23	6.00	6.67	7.41
6	1.44	4.04	4.49	5.16	5.73	6.36
7	1.58	5.25	5.83	6.70	7.44	8.27
10	1.72	9.99	11.09	12.74	14.15	15.71
5	1.72	5.59	6.20	7.13	7.91	8.79
4	1.74	11.11	12.34	14.17	15.74	17.48
2	1.85	8.48	9.42	10.82	12.01	13.34
3	2.65	3.98	4.42	5.08	5.64	6.26
9	2.83	7.03	7.81	8.97	9.96	11.06
11	2.89	3.63	4.03	4.63	5.15	5.71
1	3.01	3.71	4.12	4.73	5.26	5.84

Cuadro 2.31: Generación de caudales máximos, para diferentes periodos de retorno

Intervalo de clase Hr	Sub cuenca	Caudal acumulado m3/seg.				
		T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
0.40 - 1.05	13-8	6.24	6.93	7.96	8.83	9.81
1.05 - 1.70	12-6-7	14.00	15.55	17.86	19.84	22.03
1.70 - 2.36	10-5-4-2	35.16	39.05	44.85	49.81	55.32
2.36 - 3.01	3-9-11-1	18.35	20.38	23.41	26.00	28.87

De los cuadros 2.28 y 2.30 se deduce que la distribución de caudales no depende de la intensidad, si no del tiempo de concentración y del tiempo de viaje que forman el tiempo de llegada. A de más en los cuadros 2.30 y 2.31 se tienen 4 intervalos de ocurrencia de caudales bien diferenciados desde la ocurrencia de la precipitación hasta la llegada al punto de aforo.

2.1.1. Demanda de agua y necesidad de riego

Se realiza el cálculo de la siguiendo pasos indicados a continuación:

1. Cálculo de la evapotranspiración potencial del cultivo (ET_o) mensual, se calcula a partir del siguiente método Turc, Thornthwaite, Hargreaves y Penman monthei FAO. Ver cuadro 2.32 con su respectiva figura 2.14.

Cuadro 2.32: Consolidado de ET_o

MES	ET _o TURC	ET _o THORNTHWAITE	ET _o HARGREAVES	ET _o PENMAN MONTHEI (FAO)	ET _o PROMEDIO
	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes
Enero	72.7	62.4	156.2	78.0	92.4
Febrero	72.7	54.7	156.5	79.2	90.8
Marzo	84.9	61.9	190.7	90.3	106.9
Abril	101.1	60.7	195.7	101.8	114.8
Mayo	117.6	64.4	200.9	115.1	124.5
Junio	112.6	58.3	210.2	106.6	121.9
Julio	115.8	60.2	189.9	114.1	120.0
Agosto	117.1	63.4	186.3	118.7	121.4
Septiembre	106.1	64.7	190.7	107.6	117.3
Octubre	104.2	72.5	191.9	105.6	118.6
Noviembre	106.6	67.9	171.7	92.1	109.6
Diciembre	87.2	63.3	156.0	73.1	94.9
MAXIMOS	117.6	72.5	210.2	118.7	124.5

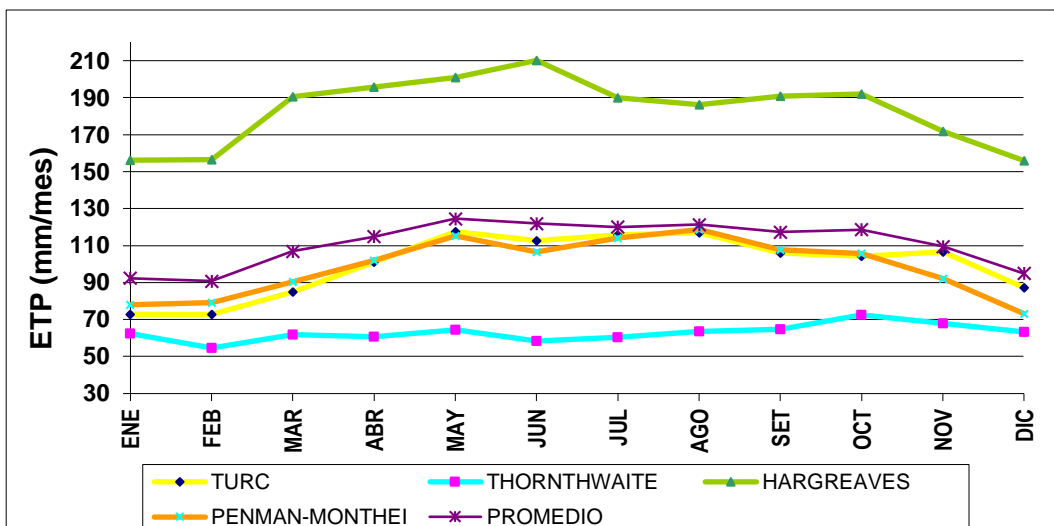
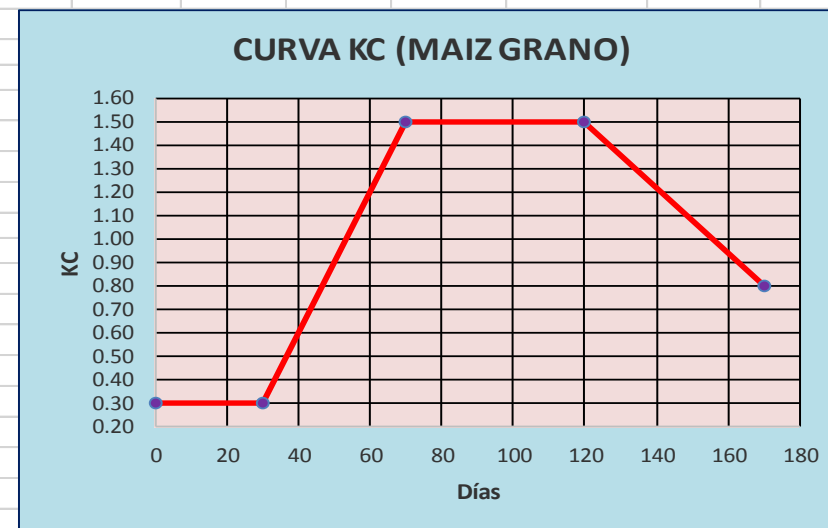


Figura 2.14: Consolidado de ETo

2. Cedula de cultivos, calendario de siembra y rotación de cultivos, se determina siguiendo la metodología recomendada en las publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). En el cuadro 2.33, se muestra el coeficiente del cultivo de maíz grano, para mayor detalle de los demás cultivos (alfalfa, maíz ensilado, melocotón, manzana, pera, lechuga, apio y cebolla), ver anexo VI: demanda de agua.

Cuadro 2.33: Kc de maíz grano

DATOS DEL CULTIVO													
cultivo de:	Maíz (grano)												
per. vegetativo	6 meses												
fecha de siembra	1ro. Noviembre												
ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha										
I	emergencia	30	01/11/2016	01/12/2016									
II	10-80% desarr. Vegetativo	40	01/12/2016	10/01/2017									
III	80% de formación del fruto	50	10/01/2017	01/03/2017									
IV	maduración (grano seco)	50	01/03/2017	20/04/2017									
		170											
DETERMINACION DEL Kc													
Kc - fase inicial													
ETo	=	92.06	mm/día (Elejido)										
Frecuencia de riego	=	7	días (Dato experimental)										
Kcini. (Fig. 29)	=	0.325											
Kcini. (Fig. 30)	=	0.175											
Lamina de agua (mm):	=	19.51	Calculado										
Kcini.	=	0.30											
K/c - mediad.													
Kmed. (Tabla. 12)	=	1.2	(Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)										
Kmed.	=	1.50	0	0.30									
			30	0.30									
			70	1.50									
Kc - final periodo													
Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.5	(Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)										
Kcfin.	=	0.80	120	1.50									
			170	0.80									
CARACTERISTICAS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)		16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)		77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)		78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS		1.26	1.50	1.50	1.08	0.8							0.30



Cuadro 2.34: Área parcial de cultivo y periodos de cultivo

	CULTIVOS BASE	ÁREA		Modalidad de Cultivo												CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA		
		Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Há	%	
REGANTES ALEDAÑOS																			
1	Maiz grano	7.00	92.59%	B	B	B	B	B	R	R	R	R			B	Lechuga	7	700.00%	
2	Alfalfa	0.56	7.41%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B				
	Total Ha	7.56	100.00%	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	0.56	0.56	7.56	Total Ha	7.0	23.09%
WAYLLAPAMPA - UNSCH																			
1	Maiz ensilado	13.10	43.22%	B	B	B	B		R	R	R	R	R		B	Maiz ensilado	10.00	64.52%	
2	Alfalfa	2.02	6.67%	B	B	B	B		B	B	B	B	B	B	B		0	0	
3	Vid	6.23	20.54%	B	B	B	B						B	B	B		0	0	
4	Melocotón	1.72	5.67%	B	B	B	B						B	B	B		0	0	
5	Manzana	0.22	0.72%	B	B	B	B						B	B	B		0	0	
6	Pera	0.22	0.72%	B	B	B	B						B	B	B		0	0	
7	Lechuga	1.13	3.74%	B	B	B	R		R	R	R				B	Apio	1.00	6.45%	
8	Apio	4.76	15.71%	B	B	B	R		R	R	R				B	Cebolla	4.00	25.81%	
9	Cebolla	0.91	3.01%	B	B	B	R		R	R	R				B	Lechuga	0.50	3.23%	
	Total Ha	30.31	100.00%	30.31	30.31	30.31	22.28	7.52	17.52	17.52	17.52	20.40	20.40	16.08	30.31	Total Ha	15.5	51.13%	
Kc de los Cultivos																			
	CULTIVOS BASE	ÁREA		Kc de los Cultivos												CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA		
		Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Há	%	
REGANTES ALEDAÑOS																			
1	Maiz grano	7.00	92.59%	1.26	1.5	1.5	1.08	0.8	0.4	1.1	1.3	1.2			0.3	Lechuga	7	700.00%	
2	Alfalfa	0.56	7.41%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		0	0.56	
	Total Ha	7.56	100.00%													Total Ha	7.0	23.09%	
WAYLLAPAMPA - UNSCH																			
1	Maiz ensilado	13.10	43.22%	1.4	1.4	1.4	0.8		0.4	1.4	1.4	1.4	0.8		0.3	Maiz ensilado	10.00	64.52%	
2	Alfalfa	2.02	6.67%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		0	0	
3	Vid	6.23	20.54%	0.9	0.8	0.7							0.3	0.7	1.0	1.0	0	0	
4	Melocotón	1.72	5.67%	1.2	1.2	1.2	0.9						0.6	1.0	1.2	1.2	0	0	
5	Manzana	0.22	0.72%	1.2	1.2	1.2	1.0						0.6	1.0	1.2	1.2	0	0	
6	Pera	0.22	0.72%	1.2	1.2	1.2	1.0						0.6	1.0	1.2	1.2	0	0	
7	Lechuga	1.13	3.74%	1.1	1.3	1.2	0.3	1.2	1.3	1.3	1.0				0.3	Apio	1.00	6.45%	
8	Apio	4.76	15.71%	1.3	1.3	1.0	0.5	1.1	1.4	1.4	0.5				0.3	Cebolla	4.00	25.81%	
9	Cebolla	0.91	3.01%	1.4	1.4	0.5		0.4	1.1	1.3	1.2				0.5	Lechuga	0.50	3.23%	
	Total Ha	30.31	100.00%													Total Ha	15.5	51.13%	
		Cult. Base		Cult. Rotación				T. en descanso											

3. Precipitación efectiva (PE), se estimado utilizando el método Water Power Resources Servivice, previa realización de la precipitación media anual al 75 % percentil.

**Cuadro 2.35: Precipitación efectiva del sector de riego
Wayllapampa**

MES	PE mensual (mm)
Enero	69.9
Febrero	92.7
Marzo	92.0
Abril	17.4
Mayo	0.0
Junio	0.0
Julio	0.0
Agosto	0.0
Septiembre	0.0
Octubre	7.4
Noviembre	19.5
Diciembre	9.1
Promedio	25.7

4. Eficiencia de riego (Er).

Para el riego por gravedad la Er=40% y para el riego presurizado (aspersión Er=75%, micro-aspersión Er=85% y goteo Er=90%)

5. Demanda de agua DMA (1000 m3).

$$DMA_i = \frac{A_i(ET_{om}Kc_i - PE_m)}{100 Er}$$

Dónde:

A= Área de cultivo (há)

ET_o = Evapotranspiración Potencia (mm)

Kc = Coeficiente de Cultivo

PE = Precipitación Efectiva al 75% (mm)

Er = Eficiencia de riego (%)

6. Módulo de riego Mr (l/seg/ha)

$$Mr = \frac{Q_{24 \text{ hr}}}{A_m}$$

Si,

$$Q_{24 \text{ hr}} = \frac{DMA_i * 1000}{3600 * n^\circ \text{días mes} * n^\circ \text{hr riego} * A_m} = \frac{m^3}{\text{seg}}$$

2.1.2. Balance hídrico

La ecuación de balance hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca.

El balance hídrico es la diferencia entre la oferta hídrica y la demanda hídrica.

Por tanto la oferta hídrica está conformada por el potencial hídrico y la oferta de agua superficial en el punto de interés y la demanda hidrológica por la demanda de agua y necesidades de riego para la cédula de cultivos propuesto.

$$B = O - D$$

Dónde:

B= Balance hidrológico (m3)

O= Oferta hídrica (m3)

D= Demanda hídrica (m3)

Cuando el balance hídrico sale negativo, existe déficit de agua; en cambio cuando es positivo existe suficiente agua para satisfacer la necesidad hídrica de los cultivos propuestos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA PACAYCASA

- Los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Pacaycasa en el punto de interés, a partir de información cartográfica y análisis estadístico reportado por ArcMap, ayudó a comprender la respuesta de la microcuenca en función al análisis de la escorrentía superficial, que permite inferir la importancia que tiene los glaciales y lagos para mantener el régimen de caudal en el punto de interés. (ver anexo I: parámetros geomorfológicos).
- El área es de 65.86 km², denominada como cuenca pequeña, según la clasificación de Campos (1992) y de perímetro 59.52 km.
- Factor de forma, coeficiente de compacidad y relación de elongación es de 0.16, 2.07 y 0.45 respectivamente, señalan que se trata de una cuenca rectangular, donde su punto de salida estaría por una de las esquinas, de forma oval oblonga o alargada y de relieve bajo; es decir, que la cuenca tiene una respuesta al escurrimiento variable por lo que no concentra el escurrimiento en una sola avenida.

- Según el criterio de los rectángulos equivalentes el largo promedio de la cuenca es de 27.35Km. y el ancho promedio es de 2.41 km, como se ve en el cuadro 3.1 con su respectiva figura 3.3.

Cuadro 3.1: Rectángulo equivalente

N° DE AREAS	COTAS		AREA	Li	Lm	L Acum
	INICIO	FINAL	PARCIALES (Km2)	Km	Km	Km
1	2511 -	2764	3.84	1.60	2.41	1.60
2	2765 -	2952	6.07	2.52	2.41	4.12
3	2953 -	3122	8.30	3.45	2.41	7.56
4	3123 -	3299	7.48	3.11	2.41	10.67
5	3300 -	3488	8.70	3.61	2.41	14.28
6	3489 -	3689	4.48	1.86	2.41	16.15
7	3690 -	3891	4.00	1.66	2.41	17.81
8	3892 -	4072	6.09	2.53	2.41	20.33
9	4073 -	4225	8.77	3.64	2.41	23.97
10	4226 -	4443	8.14	3.38	2.41	27.35
Sumatoria total			65.86	27.35		

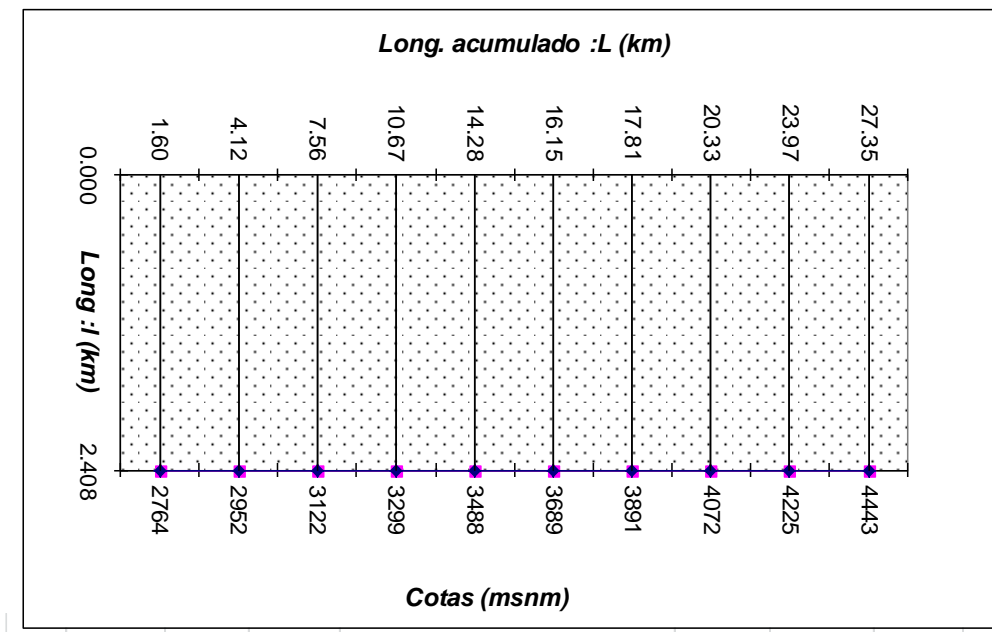


Figura 3.1: Rectángulo equivalente

- La pendiente promedio de la cuenca es de 26.58% y la pendiente promedio de la red hídrica es de 2.57% reportado por el análisis estadístico del ArcMap, en los cuadros 3.2 y 3.3 respectivamente.

Cuadro 3.2: Pendiente promedio de la cuenca

Nro	RANGO DE PENDIENTES (%)			NUMERO DE OCURRENCIAS (2)	(1)*(2)
	INFERIOR	SUPERIOR	PROMEDIO (1)		
1	0.00	10.00	5.00	8,450.00	42250.0
2	10.00	20.00	15.00	18,101.00	271515.0
3	20.00	30.00	25.00	17,423.00	435575.0
4	30.00	40.00	35.00	14,139.00	494865.0
5	40.00	50.00	45.00	7,937.00	357165.0
6	50.00	60.00	55.00	3,347.00	184085.0
7	60.00	70.00	65.00	1,104.00	71760.0
8	70.00	80.00	75.00	244.00	18300.0
9	80.00	90.00	85.00	63.00	5355.0
10	90.00	100.00	95.00	19.00	1805.0
TOTAL =				70,827.00	1882675.0
Pendiente (%) =					26.6

Cuadro 3.3: Pendiente promedio de la red hídrica

PENDIENTE PROMEDIO DE LA RED HIDRICA				
ORDEN DE LA RED HIDRICA	NUMERO DE VECES (1)	PENDIENTE PROMEDIO	(1)*(2)	LONGITUD (Km)
1	2677.00	2.82	7542.00	77.00
2	1036.00	2.43	2513.00	29.65
3	629.00	2.17	1368.00	17.26
4	634.00	2.40	1523.00	17.36
5	207.00	1.76	365.00	6.34
TOTAL =	5183.00		13311.00	147.61
Pendiente (%) =				2.57

- La pendiente del cauce principal es de 9.57%, como se ve en el perfil longitudinal del curso de agua de la figura 3.2.

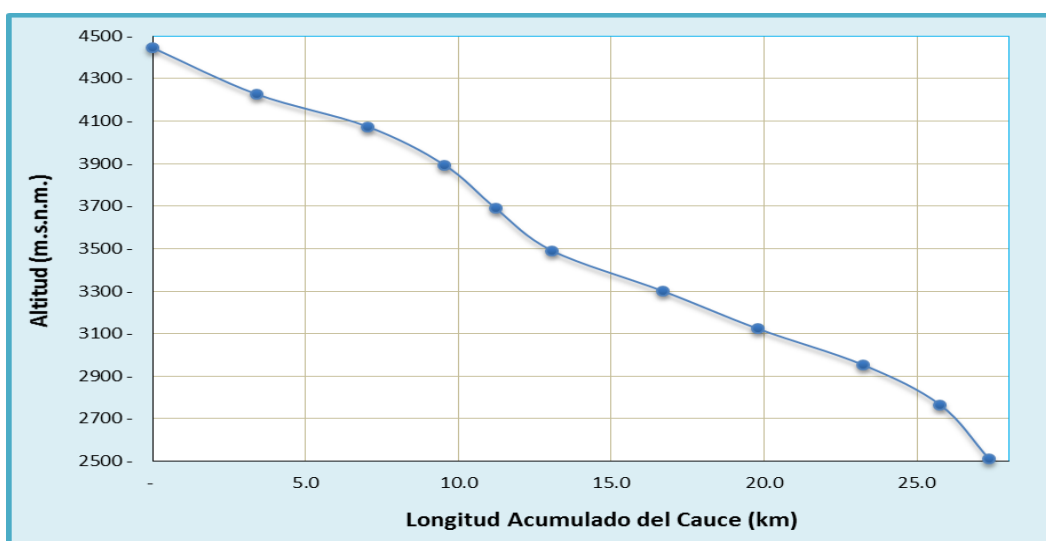


Figura 3.2: Perfil longitudinal del curso de agua

- La altitud media es 3543.2msnm, altitud de frecuencia media 3457.3msnm, altitud más frecuente 4149.0 msnm (8.77km² equivale 13.31%), como se observa en la curva hipsométrica. Ver cuadro 3.4 y la figura 3.3.

Cuadro 3.4: Curva hipsométrica

Altitud (msnm)	Cota media (msnm)	Areas parciales (Km2)	Areas acumuladas (Km2)	Áreas que quedan sobre las altitudes (Km2)	% del total	% del total de area que queda sobre la altitud	Altitud (msnm)	Cota media X Área
Punto mas bajo		0.000	0.000	65.860	0.000	100.000	2511	
2511 Al	2764	2637.5	3.842	62.018	5.834	94.166	2765	10,133.3
2765 Al	2952	2858.5	6.070	55.948	9.217	84.950	2953	17,351.1
2953 Al	3122	3037.5	8.298	47.650	12.599	72.350	3123	25,205.2
3123 Al	3299	3211.0	7.477	25.687	40.173	11.353	3300	24,008.6
3300 Al	3488	3394.0	8.703	34.390	31.470	13.214	3489	29,538.0
3489 Al	3689	3589.0	4.482	38.872	26.988	6.805	3690	16,085.9
3690 Al	3891	3790.5	3.998	42.870	22.990	6.070	3892	15,154.4
3892 Al	4072	3982.0	6.086	48.956	16.904	9.241	4073	24,234.5
4073 Al	4225	4149.0	8.765	57.721	8.139	13.309	4226	36,366.0
4226 Al	4443	4334.5	8.139	65.860	0.000	12.358	4443	35,278.5
Punto mas alto		65.860			100.000			233,355.4

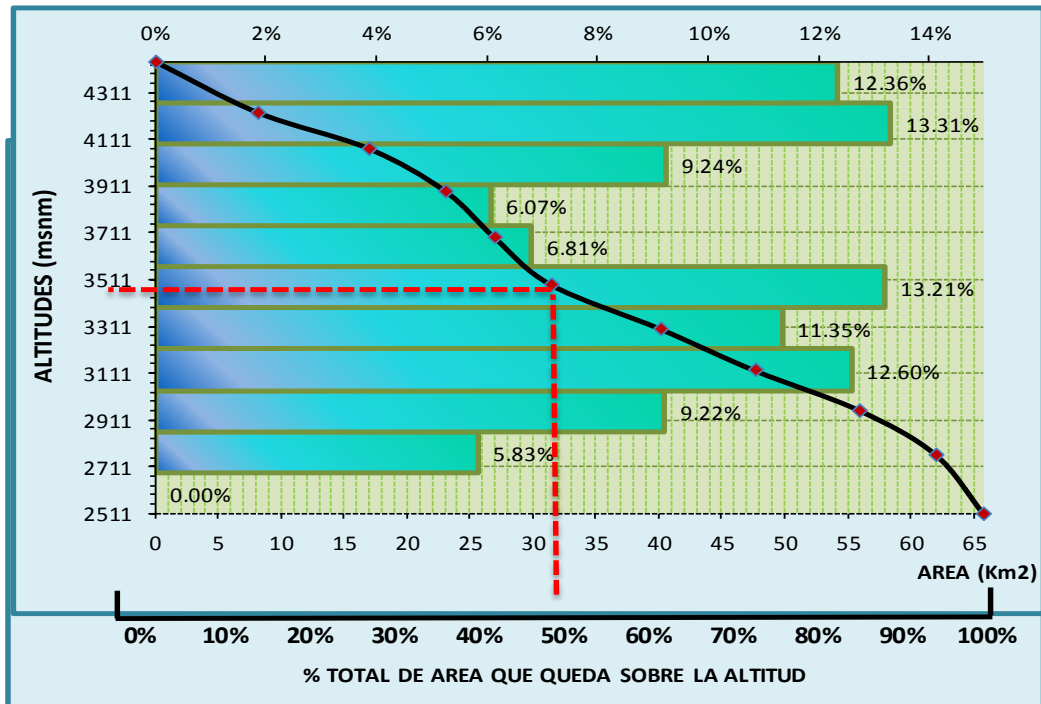


Figura 3.3: Curva hipsométrica de la cuenca Pacaycasa

- El orden de corriente es 5 o de quinto orden (Ver plano HI-03 - anexo IX: relación de planos), la densidad de drenaje es de 2.24km/km², lo cual está relacionado con el tipo de suelo y la cobertura vegetal.

3.2. VARIABLES CLIMATOLÓGICAS DE LA CUENCA PACAYCASA

El estudio climatológico tiene como finalidad identificar, describir y evaluar el tipo de clima existente en el área de estudio, teniendo en cuenta que el clima es uno de los factores principales que condicionan la estructuración de los proyectos agropecuarios.

Las variables climáticas como la temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa media mensual, velocidad del viento y horas de sol, son los de mayor importancia para los objetivos del presente estudio; en el anexo II: variables meteorológicas, se presenta la relación de las estaciones climatológicas utilizadas, las mismas que han registrado las variables anteriormente señaladas en las estaciones de Allpachaca, Apacheta, Chiara, Choccoro, San Pedro de Quicato, Cuchoquesera, Huamanga, Huanta, Pampa Cangallo, Pucaloma, Sachabamba y Tambillo; cuyos registros históricos multianuales muestran el comportamiento de cada una estas variables.

Temperaturas

La temperatura es el elemento más ligado en sus variaciones al factor altitudinal. De la red meteorológica utilizada para el estudio, se ha analizado la variación mensual de las temperaturas media, máximas y mínimas de doce estaciones meteorológicas: Allpachaca, Apacheta, Chiara, Choccoro, San Pedro de Quicato, Cuchoquesera, Huamanga, Huanta, Pampa Cangallo, Pucaloma, Sachabamba y Tambillo, en el que se aprecia el régimen de las temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales.

Los variación mensual de las temperaturas media, máxima y mínima respectivamente de las estaciones evaluadas, aledañas al proyecto, los

cuales fueron analizados, luego regionalizados, obteniendo la función matemáticas de cada variable de temperatura con la altitud de la zona de estudio, para obtener los valores de temperatura media mensual, máxima mensual y mínima mensual para el ámbito de la cuenca Pacaycasa y para la sector de riegos (areas de riego). Información útil para el comportamiento hidrológico de la cuenca y la propuesta de la cédula de cultivos y demanda de agua de la sector de riegos del proyecto.

De la regionalización se obtiene los siguientes resultados que caracterizan a la temperatura de la cuenca Pacaycasa y de la sector de riego, con los siguientes cuadro 3.5 con su respectiva figura 3.4.

Cuadro 3.5: Variación mensual temperatura media (°C)

ESTACIONES	Altitud	MESES											
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
CUENCA	3,457.30	11.80	11.40	11.34	11.23	10.77	10.15	10.21	10.57	11.27	12.17	12.47	11.93
SECTOR DE RIEGO W	2,450.00	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01

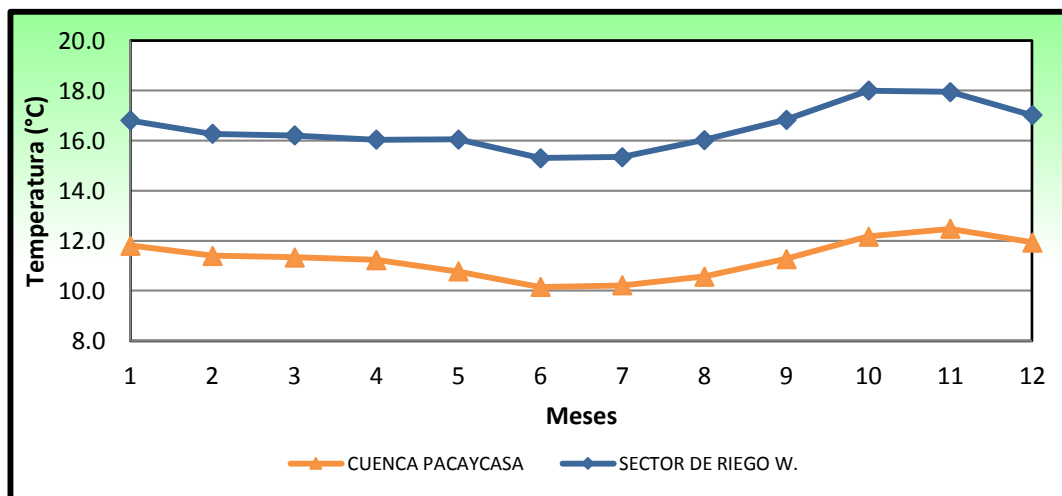


Figura 3.4: Variación mensual temperatura media (°C)

Para el ámbito de la **cuenca Pacaycasa**

- La Temperatura Media Mensual varía de 10.15°C (Junio) a 12.47°C (Octubre).

Para el ámbito de la **sector de riego**

- La Temperatura Media Mensual varía de 15.30°C (Julio) a 18.00°C (Octubre).

Cuadro 3.6: Variación mensual temperatura máxima mensual (°C)

ESTACIONES	Altitud	MESES											
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
CUENCA	3,457.30	25.01	23.57	23.51	23.82	24.46	24.97	24.20	26.27	25.40	26.62	25.83	25.79
SECTOR DE RIEGO W	2,450.00	33.17	31.55	31.62	32.10	31.89	38.02	31.26	29.99	33.86	34.82	34.59	33.92

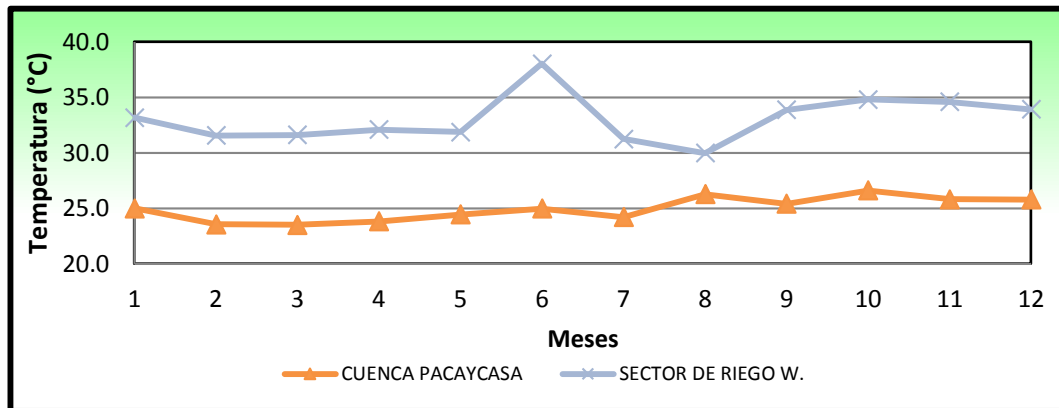


Figura 3.5: Variación mensual temperatura máxima mensual (°C)

Para el ámbito de la **cuenca Pacaycasa**

- La Temperatura Máxima Mensual varía de 23.51°C (Marzo) a 26.62 (Octubre)

Para el ámbito de la **sector de riego**

- La Temperatura Máxima Mensual varía de 29.99°C (Agosto) a 38.02 (Junio)

Cuadro 3.7: Variación mensual temperatura mínima (°C)

ESTACIONES	Altitud	MESES											
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
CUENCA	3,457.30	-1.05	-0.49	-0.05	-1.50	-2.86	-3.50	-3.17	-4.80	-1.95	-0.38	-2.58	-0.50
SECTOR DE RIEGO	2,450.00	7.17	4.47	3.64	2.98	3.35	2.46	4.14	5.00	5.81	6.37	4.97	6.61

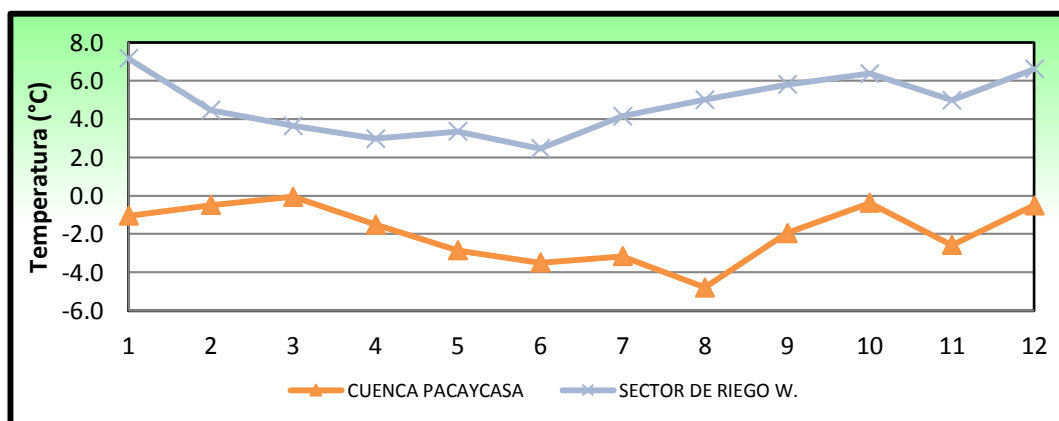


Figura 3.6: Variación mensual temperatura mínima (°C)

Para el ámbito de la **cuenca Pacaycasa**

- La temperatura Mínima Mensual varía de -4.8°C (Agosto) a -0.05°C (Marzo).

Para el ámbito de la **sector de riego**

- La temperatura Mínima Mensual varía de 2.46°C (Junio) a 7.17°C (Enero).

Humedad Relativa (HR)

Para el estudio de este elemento meteorológico, se ha contado con información proveniente de diez estaciones que se encuentran ubicadas en Allpachaca, Apacheta, Chiara, San Pedro de Quicato, Huamanga, Huanta, Pampa Cangallo, Pucaloma, Sachabamba y Tambillo.

El régimen de la humedad relativa para la cuenca Pacaycasa de 3457.3 m.s.n.m. varía entre 70.22% en noviembre a 77.61% en febrero. Así mismo, para la sector de riegos ubicado a 2450 m.s.n.m. la humedad relativa media varía de 54.79% en agosto a 81.79% en marzo; lo que indica que los valores altos se presentan de diciembre a abril, mientras que los valores bajos ocurren de mayo a noviembre. Ver cuadro 3.8 con su receptiva figura 3.7.

Cuadro 3.8: Variación mensual de la humedad relativa (%)

ESTACIONES	Altitud msnm	MESES											
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
CUENCA	3,457.30	76.06	77.61	76.99	76.48	70.54	70.80	72.15	71.70	71.33	70.23	70.22	73.25
SECTOR DE RIEGO	2,450.00	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95

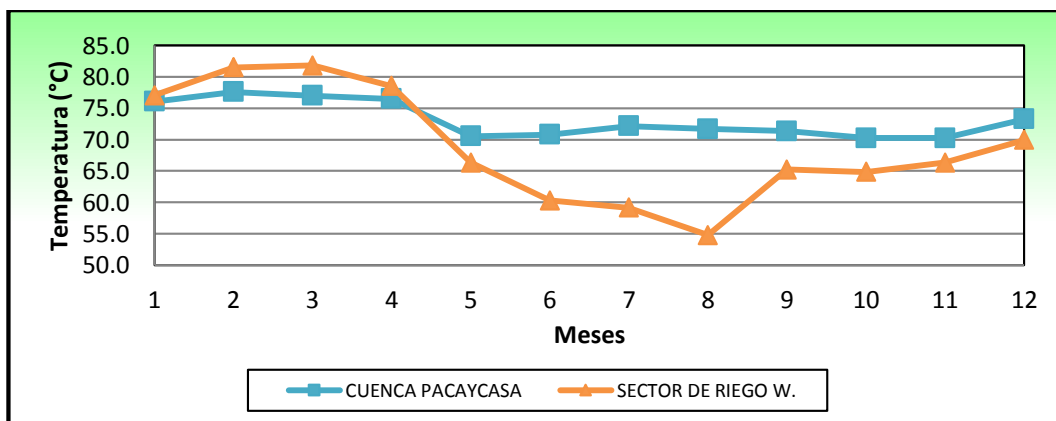


Figura 3.7: Variación mensual de la humedad relativa (%)

Esta variable es importante en la determinación de durante la estación seca para el régimen de caudal aportado por la cuenca Pacaycasa y las necesidades de riego de los cultivos, por lo que su evaluación se ha realizado en base a la escasa información existente en las estaciones analizadas.

Viento

Se ha realizado el análisis de la variable climática velocidad del viento en las estaciones de la red meteorológica del río Cachi; del análisis de los registros de doce estaciones, se tiene la variación mensual de la velocidad del viento.

Del cuadro 3.9 con su respectiva figura 3.8, muestra que la cuenca del río Pacaycasa de 3457.3 m.s.n.m., existe una variación de la velocidad del viento de 1.4 m/seg (abril) a 1.93 m/seg (noviembre); En cambio para la sector de riegos a una altitud de 2450.0 m.s.n.m. se tiene la variación de la velocidad del viento de 0.0 m/seg (julio) a 0.34 m/seg (noviembre).

Cuadro 3.9: Variación mensual de la velocidad del viento (m/s)

ESTACIONES	Altitud	MESES											
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
CUENCA	3,457.30	1.60	1.57	1.49	1.40	1.55	1.59	1.68	1.79	1.90	1.92	1.93	1.73
SECTOR DE RIEGO	2,450.00	0.10	0.18	0.02	0.06	0.09	0.04	0.00	0.31	0.32	0.34	0.34	0.11

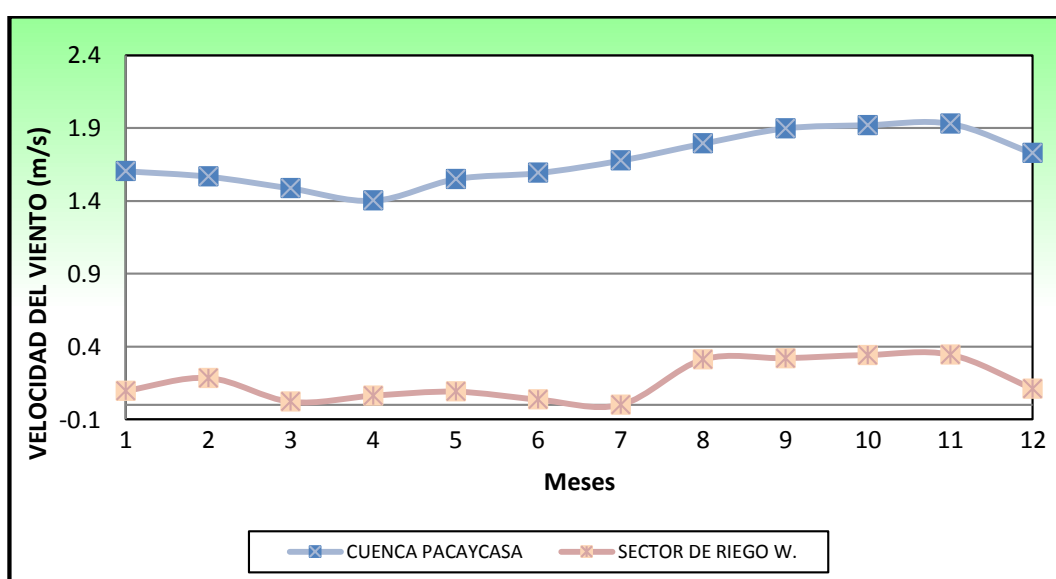


Figura 3.8: Variación mensual de la velocidad del viento (m/s)

Horas del Sol

Solo en las estaciones de Huamanga 2772m.s.n.m. y Tambillo 3343m.s.n.m. se cuenta con información de horas de sol, (que están ubicadas en la Subcuenca vecina del río Cachi).

Para la sector de riego de 2450m.s.n.m. se considera la estación Huamanga 2772m.s.n.m., por ser próxima. Los valores altos de las horas de sol promedio (8.20 a 8.27 h/día) ocurren en los meses de estiaje (Mayo a Agosto) y los valores bajos de 6.26 a 5.72 h/día de diciembre a marzo. En la estación Tambillo con valores inferiores a los anteriores, tiene similar comportamiento a lo largo del año.

Para la cuenca Pacaycasa de 3457.3 m.s.n.m. se considera la estación Tambillo 3343m.s.n.m., por ser próxima; Donde el valor de horas de sol se encuentra de 7.97 h/día a 7.93 h/día de mayo agosto respectivamente. En cambio, los valores bajos se encuentran entre 5.37 h/día a 5.72 h/día en diciembre a marzo respectivamente. Ver cuadro 3.10 con su respectiva figura 3.9.

Cuadro 3.10: Variación mensual de horas de sol (Horas)

ESTACIONES	Altitud	MESES												MEDIA
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
ALLPACHACA	3550	3.24	1.84	3.02	-	-	-	-	5.98	5.54	5.07	5.20	2.20	4.01
HUAMANGA	2772	5.37	5.44	5.72	6.73	8.20	8.72	8.80	8.27	6.80	7.20	7.53	6.26	7.09
TAMBILLO	3343	4.84	4.32	4.51	6.07	7.97	7.94	8.24	7.93	6.54	6.47	6.34	4.75	6.32
CUENCA PACAYCASA	3457.3	4.84	4.32	4.51	6.07	7.97	7.94	8.24	7.93	6.54	6.47	6.34	4.75	6.32
SECTOR DE RIEGO	2450.0	5.37	5.44	5.72	6.73	8.20	8.72	8.80	8.27	6.80	7.20	7.53	6.26	7.09

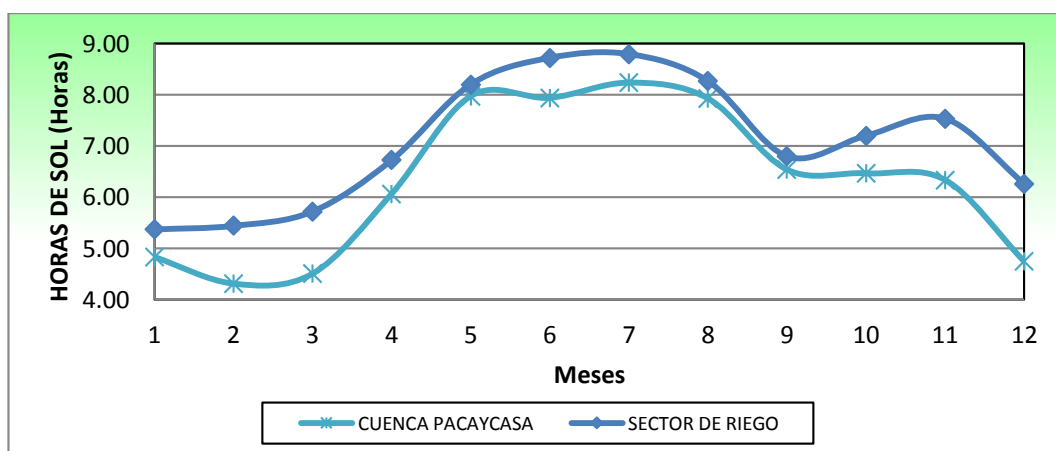


Figura 3.9: Variación mensual de horas de sol (Horas)

3.3. ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA PRECIPITACION

La precipitación es el elemento básico que determina el comportamiento hidrológico de una cuenca y como tal debe analizarse su comportamiento estacional, multianual e incluso regional.

- Para el análisis de información pluviométrica se ha considerado trabajar con seis estaciones pluviométricas ubicadas en cuencas vecinas procedente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI para el período entre 1991 - 2013. Los registros de precipitación en las estaciones de Allpachaca, Apacheta, Chiara, Cuchoquesera, Pucaloma y Huanta; fueron analizados, completando los datos faltantes, extendiendo los datos al periodo de análisis. Contando al final con datos completos y extendidos en cada una de ellas, con la elaboración de la curva doble masa (ver cuadro 3.11 con su respectiva figura 3.10, y anexo III: análisis de datos de precipitación).

Cuadro 3.11: Curva doble masa (1991 - 2012)

Año	ALLPACHACA		APACHETA		CHIARA		CUCHOQUESERA		PUCALOMA		HUANTA		PROMEDIO	
	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.
1991	750.5	750.5	1,075.2	1,075.2	680.4	680.4	785.1	785.1	569.6	569.6	460.1	460.1	720.1	720.1
1992	909.4	1,659.9	916.0	1,991.2	714.3	1,394.7	886.2	1,671.3	534.5	1,104.1	449.8	910.0	735.0	1,455.2
1993	1,060.4	2,720.2	1,012.7	3,003.9	882.8	2,277.5	1,261.5	2,932.8	804.4	1,908.5	692.4	1,602.4	952.4	2,407.6
1994	669.2	3,389.4	711.3	3,715.2	714.8	2,992.3	615.7	3,548.5	597.5	2,506.1	485.4	2,087.7	632.3	3,039.9
1995	847.3	4,236.7	699.3	4,414.6	657.1	3,649.4	738.9	4,287.4	562.5	3,068.6	490.2	2,577.9	665.9	3,705.8
1996	970.6	5,207.3	772.0	5,186.5	721.3	4,370.7	940.0	5,227.4	662.6	3,731.2	527.4	3,105.3	765.7	4,471.4
1997	779.2	5,986.5	841.7	6,028.2	734.1	5,104.8	856.7	6,084.1	811.5	4,542.7	552.5	3,657.9	762.6	5,234.0
1998	676.7	6,663.2	689.7	6,718.0	547.3	5,652.1	715.8	6,799.9	544.2	5,086.9	477.3	4,135.2	608.5	5,842.5
1999	796.1	7,459.3	807.8	7,525.7	725.5	6,377.6	931.5	7,731.3	703.6	5,790.4	539.8	4,675.0	750.7	6,593.2
2000	963.8	8,423.1	798.5	8,324.2	638.2	7,015.7	1,068.9	8,800.3	778.2	6,568.6	591.0	5,266.0	806.4	7,399.7
2001	791.6	9,214.7	766.5	9,090.8	735.9	7,751.7	1,044.0	9,844.3	629.8	7,198.4	742.6	6,008.7	785.1	8,184.7
2002	833.9	10,048.6	866.7	9,957.4	829.7	8,581.3	1,231.5	11,075.7	605.2	7,803.6	578.8	6,587.5	824.3	9,009.0
2003	771.2	10,819.8	759.8	10,717.3	732.1	9,313.4	812.4	11,888.1	845.3	8,648.9	599.6	7,187.1	753.4	9,762.4
2004	1,095.3	11,915.1	690.6	11,407.8	670.8	9,984.2	698.2	12,586.3	699.9	9,348.8	420.8	7,608.0	712.6	10,475.0
2005	705.1	12,620.2	617.7	12,025.6	832.7	10,816.9	682.4	13,268.8	725.4	10,074.3	509.2	8,117.2	678.8	11,153.8
2006	818.6	13,438.8	639.3	12,664.9	862.5	11,679.4	1,039.6	14,308.4	940.3	11,014.5	506.1	8,623.3	801.1	11,954.9
2007	773.7	14,212.5	909.4	13,574.3	617.4	12,296.8	798.6	15,107.0	650.6	11,665.1	571.0	9,194.3	720.1	12,675.0
2008	714.3	14,926.8	731.4	14,305.7	730.7	13,027.5	773.4	15,880.4	585.6	12,250.7	351.3	9,545.6	647.8	13,322.8
2009	860.1	15,786.9	1,071.1	15,376.8	833.5	13,861.0	724.6	16,604.9	520.2	12,770.9	554.5	10,100.1	760.7	14,083.4
2010	790.3	16,577.2	881.9	16,258.6	576.0	14,437.0	676.8	17,281.7	536.6	13,307.5	538.1	10,638.2	666.6	14,750.0
2011	1,080.5	17,657.7	1,010.5	17,269.1	1,101.0	15,538.0	1,012.0	18,293.7	691.8	13,999.4	759.8	11,398.0	942.6	15,692.6
2012	900.3	18,558.0	979.4	18,248.5	967.7	16,505.7	664.5	18,958.2	668.4	14,667.8	606.5	12,004.4	797.8	16,490.4

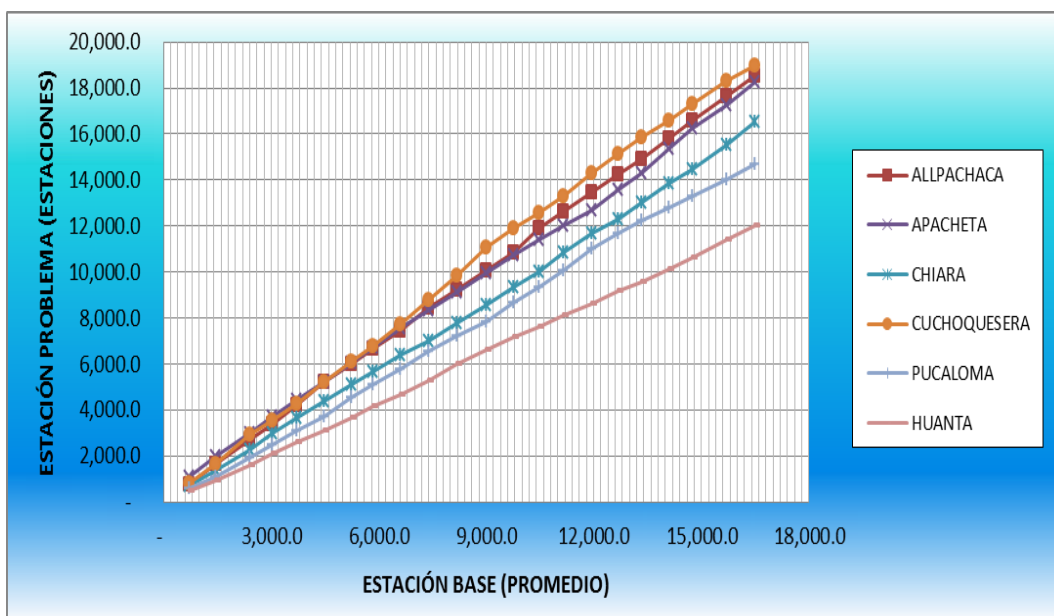


Figura 3.10: Curva doble masa (1991 - 2012)

- Luego el análisis estadístico de precipitación, el análisis de saltos y tendencias a nivel mensual y anual en cada estación. El resumen de precipitación corregida por saltos y tendencias, con la respectiva curva doble masa se muestra en el cuadro 3.12 con su respectiva figura 3.11.

Cuadro 3.12: Análisis de doble masa (1991 - 2012)

Año	ALLPACHACA		APACHETA		CHIARA		CUCHOQUESERA		PUCALOMA		HUANTA		PROMEDIO	
	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.
1991	750.5	750.5	1,075.2	1,075.2	680.4	680.4	785.1	785.1	569.6	569.6	460.1	460.1	720.1	720.1
1992	909.4	1,659.9	916.0	1,991.2	714.3	1,394.7	886.2	1,671.3	534.5	1,104.1	449.8	910.0	735.0	1,455.2
1993	1,060.4	2,720.2	1,012.7	3,003.9	882.8	2,277.5	1,261.5	2,932.8	804.4	1,908.5	692.4	1,602.4	952.4	2,407.6
1994	669.2	3,389.4	711.3	3,715.2	714.8	2,992.3	615.7	3,548.5	597.5	2,506.1	485.4	2,087.7	632.3	3,039.9
1995	847.3	4,236.7	699.3	4,414.6	657.1	3,649.4	738.9	4,287.4	562.5	3,068.6	490.2	2,577.9	665.9	3,705.8
1996	970.6	5,207.3	772.0	5,186.5	721.3	4,370.7	940.0	5,227.4	662.6	3,731.2	527.4	3,105.3	765.7	4,471.4
1997	779.2	5,986.5	841.7	6,028.2	734.1	5,104.8	856.7	6,084.1	811.5	4,542.7	552.5	3,657.9	762.6	5,234.0
1998	676.7	6,663.2	689.7	6,718.0	547.3	5,652.1	715.8	6,799.9	544.2	5,086.9	477.3	4,135.2	608.5	5,842.5
1999	796.1	7,459.3	807.8	7,525.7	725.5	6,377.6	931.5	7,731.3	703.6	5,790.4	539.8	4,675.0	750.7	6,593.2
2000	963.8	8,423.1	798.5	8,324.2	638.2	7,015.7	1,068.9	8,800.3	778.2	6,568.6	591.0	5,266.0	806.4	7,399.7
2001	791.6	9,214.7	766.5	9,090.8	656.5	7,672.2	1,044.0	9,844.3	629.8	7,198.4	742.6	6,008.7	771.8	8,171.5
2002	833.9	10,048.6	866.7	9,957.4	733.5	8,405.7	1,231.5	11,075.7	605.2	7,803.6	578.8	6,587.5	808.3	8,979.8
2003	771.2	10,819.8	759.8	10,717.3	653.3	9,059.0	812.4	11,888.1	845.3	8,648.9	599.6	7,187.1	740.3	9,720.0
2004	1,095.3	11,915.1	690.6	11,407.8	602.9	9,661.9	698.2	12,586.3	699.9	9,348.8	460.8	7,647.9	708.0	10,428.0
2005	705.1	12,620.2	617.7	12,025.6	736.0	10,397.9	682.4	13,268.8	725.4	10,074.3	531.9	8,179.9	666.4	11,094.4
2006	818.6	13,438.8	602.5	12,628.0	760.5	11,158.4	1,039.6	14,308.4	940.3	11,014.5	529.4	8,709.3	781.8	11,876.2
2007	773.7	14,212.5	818.0	13,446.0	559.1	11,717.5	798.6	15,107.0	650.6	11,665.1	581.6	9,290.9	696.9	12,573.2
2008	714.3	14,926.8	676.0	14,122.0	652.2	12,369.6	773.4	15,880.4	585.6	12,250.7	404.8	9,695.7	634.4	13,207.5
2009	860.1	15,786.9	947.0	15,069.0	736.6	13,106.2	724.6	16,604.9	520.2	12,770.9	568.3	10,264.1	726.1	13,933.7
2010	790.3	16,577.2	796.0	15,865.0	525.1	13,631.3	676.8	17,281.7	536.6	13,307.5	555.1	10,819.2	646.7	14,580.3
2011	1,080.5	17,657.7	898.7	16,763.7	956.4	14,587.7	1,012.0	18,293.7	691.8	13,999.4	733.5	11,552.7	895.5	15,475.8
2012	900.3	18,558.0	873.8	17,637.5	846.9	15,434.6	664.5	18,958.2	668.4	14,667.8	610.1	12,162.8	760.7	16,236.5

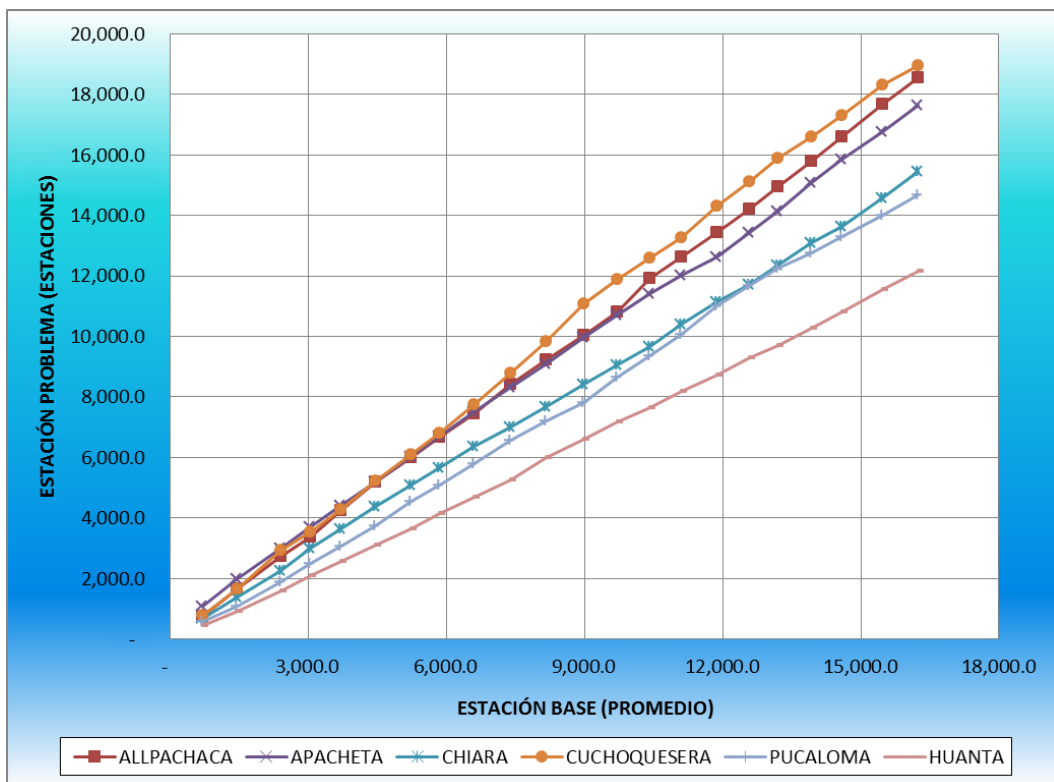


Figura 3.11: Análisis de doble masa (1991 - 2012)

- La Regionalización de la precipitación, con la precipitación media analizada en cada una de las estaciones aledañas a la zona de estudio, la media mensual y anual y la variación de la precipitación media mensual, determinando el modelo que relaciona **altitud - precipitación**. Elección de la estación a usar para generar precipitaciones mensuales entre 1991 - 2012 por ser mínima la variación de la precipitación anual para el año promedio y la precipitación anual generada con el modelo. Obteniendo finalmente la **precipitación mensual generada para la cuenca Pacaycasa** y la **precipitación mensual generada para el sector de riego** (áreas de riego), ver los cuadros 3.13 y 3.14 respectivamente.

Cuadro 3.13: Registro de precipitación media mensual (mm) de la cuenca Pacaycasa

Estación:	GENERADA - CUENCA PACAYCASA												
Distrito:	PACAYACASA						Altitud:			3457.3		msnm	
Provincia:	HUAMANGA						Latitud:			13	1	4	
Región:	AYACUCHO						Longitud:			77	15	33	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1991	108.6	132.4	103.6	31.7	10.4	9.7	12.0	12.1	17.4	56.5	53.1	49.5	
1992	121.4	141.6	115.8	46.4	1.9	20.0	19.9	11.9	9.2	89.8	27.1	89.6	
1993	178.0	133.5	178.1	63.5	22.5	5.8	19.8	17.3	21.0	77.3	97.9	133.1	
1994	120.7	138.9	130.6	53.4	23.3	2.5	0.2	2.5	20.3	25.4	59.8	56.2	
1995	119.5	137.9	160.9	39.4	9.5	4.7	8.9	4.9	20.4	33.8	99.4	46.7	
1996	156.7	194.6	175.6	53.2	5.8	1.6	4.5	15.9	16.3	45.0	41.9	93.7	
1997	153.8	151.7	81.6	39.0	8.9	0.4	4.3	46.0	33.3	32.8	101.7	121.1	
1998	143.4	113.0	111.3	21.0	2.6	8.9	3.1	12.2	7.1	35.5	44.0	86.2	
1999	149.4	182.1	127.4	73.9	13.0	7.3	7.7	1.4	31.4	46.2	49.8	66.6	
2000	126.4	238.9	143.6	41.8	28.8	27.1	35.8	18.1	12.6	62.9	30.2	74.6	
2001	157.6	103.8	154.4	21.9	43.1	9.2	21.1	18.6	16.2	23.1	96.8	72.8	
2002	89.9	136.7	132.2	24.4	18.6	6.7	57.5	29.1	43.4	64.7	75.4	96.7	
2003	91.1	182.7	189.6	63.8	17.7	3.2	3.6	23.1	15.5	24.1	43.1	113.0	
2004	70.2	151.8	112.2	28.5	9.3	36.0	52.2	28.3	81.9	26.1	57.7	143.1	
2005	112.8	93.1	152.1	33.4	7.7	2.4	18.0	17.5	42.2	72.1	40.9	139.4	
2006	171.8	142.9	148.8	67.9	1.3	12.5	1.2	31.3	0.0	130.6	106.1	112.9	
2007	140.3	102.5	167.4	48.2	5.6	1.2	5.3	0.1	3.9	41.9	38.0	100.7	
2008	146.3	152.3	105.6	25.0	24.2	8.1	0.1	0.0	17.8	57.0	26.1	96.3	
2009	129.4	134.1	74.0	65.5	15.5	0.0	15.5	3.9	2.3	41.5	98.1	68.1	
2010	167.3	103.9	98.8	35.4	11.1	1.4	2.8	9.5	15.1	28.3	15.8	100.4	
2011	207.4	244.2	143.5	91.4	11.6	0.4	16.5	1.4	30.5	30.1	50.6	85.5	
2012	97.2	198.1	112.6	123.0	4.4	8.0	3.4	4.3	4.8	29.5	34.5	134.6	
MEDIA	134.50	150.48	132.71	49.62	13.48	8.06	14.24	14.06	21.03	48.82	58.54	94.58	

Cuadro 3.14: Registro de precipitación media mensual (mm) de sector de riego

Estación:	GENERADA - SECTOR DE RIEGO												
Distrito:	PACAYACASA						Altitud:			2450		msnm	
Provincia:	HUAMANGA						Latitud:			13	4	33	
Región:	AYACUCHO						Longitud:			74	12	2	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1991	0.0	21.1	0.0	0.0	0.0	11.3	17.5	25.1	14.0	52.0	32.4	44.9	
1992	191.6	116.6	162.3	71.9	0.9	12.7	0.0	0.0	4.7	21.3	0.0	73.2	
1993	165.2	198.6	233.8	29.9	23.4	5.3	28.3	17.9	0.0	88.8	127.1	51.7	
1994	73.8	198.0	153.1	42.6	40.6	0.2	0.0	3.0	0.0	28.3	96.6	10.5	
1995	111.0	200.3	200.2	28.3	15.5	8.5	18.5	6.5	2.4	35.9	163.3	0.0	
1996	163.3	305.3	243.2	30.4	0.8	1.7	10.3	17.1	0.0	58.5	62.3	59.5	
1997	145.3	219.9	94.4	21.7	7.0	0.7	9.2	64.8	0.0	40.7	180.3	59.7	
1998	123.3	139.2	122.5	0.0	2.5	1.7	7.3	21.4	0.0	11.3	53.0	51.6	
1999	184.0	267.3	141.6	62.9	20.8	13.6	16.0	1.4	0.0	23.8	76.9	4.9	
2000	103.8	372.8	190.8	47.9	34.3	40.1	74.9	29.9	0.0	50.3	48.8	0.0	
2001	96.9	138.1	159.4	0.0	38.9	0.0	27.5	20.2	0.0	6.8	152.4	26.9	
2002	88.6	159.1	132.5	0.0	23.1	14.3	107.5	30.5	0.0	79.7	101.5	0.0	
2003	44.4	291.1	281.0	60.4	24.4	7.8	9.2	21.0	0.0	23.3	72.1	73.3	
2004	83.2	258.3	163.6	34.5	7.3	75.2	120.5	49.0	90.4	17.4	92.2	131.2	
2005	148.8	122.6	203.2	35.7	4.8	0.8	37.8	28.6	60.0	114.6	50.7	161.8	
2006	266.9	267.7	231.7	88.8	0.0	11.2	0.0	49.2	0.0	311.6	193.7	151.3	
2007	194.8	121.6	211.1	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	23.3	64.7	
2008	128.6	214.8	154.9	21.3	45.2	0.0	0.0	0.0	2.5	80.5	12.2	140.9	
2009	126.1	91.9	68.3	72.8	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	21.7	105.6	0.0	
2010	83.6	93.2	111.7	54.0	13.4	0.0	0.0	2.9	0.0	3.0	0.0	72.1	
2011	261.1	256.4	176.2	199.9	9.2	0.0	27.8	0.0	19.3	0.7	17.3	42.9	
2012	77.7	256.0	103.0	269.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	118.0	
MEDIA	130.08	195.89	160.84	54.57	14.19	9.32	23.51	17.66	8.78	49.00	75.53	60.87	

- De acuerdo a la información analizada del cuadro 3.13, la **precipitación pluvial media mensual** en la **cuenca Pacaycasa** con una altitud media aproximada de 3457.3 msnm varía desde 8.06 mm en julio (época de estiaje) hasta 150.48 mm en febrero (época lluviosa, con una precipitación anual promedio de 61.68 mm/año del mismo modo.
- Del cuadro 4.14, la **precipitación pluvial media mensual en la sector de riego de Wayllapampa** de 3450 msnm varía desde 8.78 mm en septiembre hasta 195.89 mm en febrero, con una precipitación anual promedio de 800.23 mm/año.
- Se deduce que las estaciones ubicadas en la zona andina presentan un régimen pluvial netamente de verano, donde las lluvias tienen sus inicios en los meses primaverales y van cobrando mayor intensidad (mes de febrero), para luego decrecer casi bruscamente durante el mes de abril, en que se inicia un periodo de estiaje que se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones muy escasas o por la ausencia definitiva de estas en algunos meses, especialmente durante los meses más fríos de junio a agosto.

3.4. OFERTA DE AGUA EN EL AMBITO DEL PROYECTO

3.4.1. Para fuentes existentes y caudales medios - Lutz Scholz

- La simulación de caudales en los puntos de interés, utilizando los valores de los parámetros ajustados previamente.
- La simulación, para nuestro caso fue en la altitud de frecuencia media de la cuenca Pacaycasa a una cota de 3457.3msnm; tomando como estación de aforo en el punto de interés de la microcuenca, con una área de 65.86 Km.
- Como resultados de la simulación, se obtienen los caudales medios mensuales, para el período 1991 – 2012; las que se muestran en el cuadro 3.15 y figura 3.12.

Cuadro 3.15: Rendimiento de la cuenca Pacaycasa

MESES	RENDIMIENTO MEDIO MENSUAL (Lt/seg/Km ²)	AREA DE CUENCA EN ESTUDIO (Km ²)	ESCURRIMIENTO ESTIMADO (lt/seg)	RENDIMIENTO AL 75% DE PERSISTENCIA
Enero	23.69	65.86	1,560.33	943.00
Febrero	31.72	65.86	2,088.93	1,489.00
Marzo	21.99	65.86	1,448.07	817.00
Abril	2.38	65.86	156.91	35.00
Mayo	0.49	65.86	32.21	14.00
Junio	0.32	65.86	21.36	0.00
Julio	0.67	65.86	44.01	7.00
Agosto	0.60	65.86	39.20	7.00
Septiembre	1.12	65.86	73.47	29.00
Octubre	3.47	65.86	228.65	85.00
Noviembre	4.70	65.86	309.73	114.00
Diciembre	11.08	65.86	729.92	330.00
Rendimiento promedio (Lt/seg/Km ²)			8.5	4.9

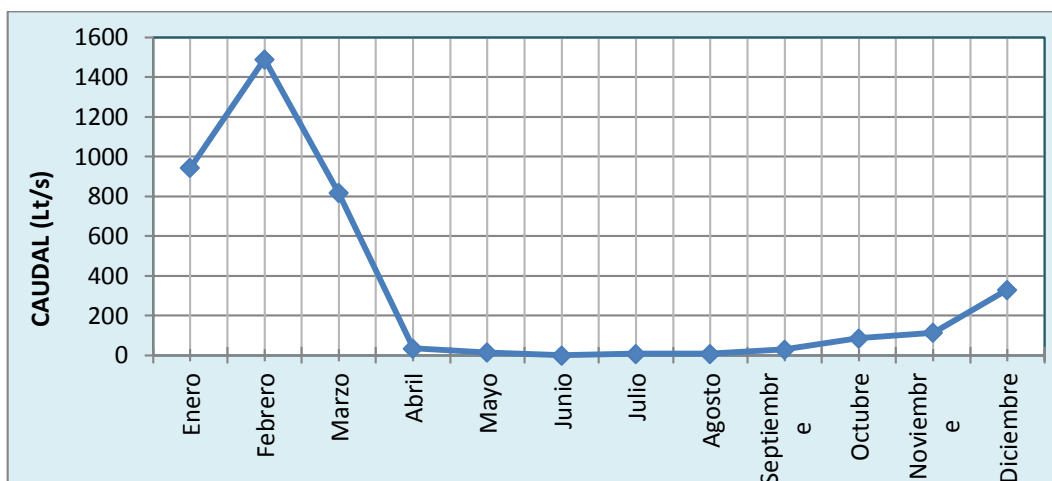


Figura 3.12: Caudales medios mensuales al 75% de persistencia

- El rendimiento hídrico de la unidad hidrográfica de Pacaycasa es de 4.9 lt/seg/Km² este valor se encuentra dentro del rango permisible para cuencas de la Sierra Central Sur.

Caudal medio mensual río Pacaycasa : 0.460m³/seg
= 460 l/seg.

Volumen de escurrimiento Superficial : 14,518,089.70m³
= 14.52 MMC.

Volumen de escurrimiento superficial redondeado : 15.0 MMC

3.4.2. Para eventos extremos

Para el diseño de obra de arte en el punto de captación del río Pacaycasa, es necesario tener como información básica los caudales máximos. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (5, 10, 25, 50, 100 años, son valores estándar).

El caudal máximas obtenido por el Método Racional, procesado bajo datos empíricos de la ecuación IILA-SENAMHI-UNI y datos de precipitación obtenidas de las estaciones meteorológicas que fueron analizadas por la distribución Gumbel, Log-Gumbel y log Pearson III y valor Extremo Tipo I (Gumbel); esto nos permite evaluar los caudales extremos bajo una simulación de lluvia en las subcuencas de la cuenca del río de Pacaycasa. Ver el cuadro 3.16 y figura 3.13.

Cuadro 3.16: Resumen de caudales de máximas avenidas para periodos de retornos distintos

Tiempo de retorno (Años)	RACIONAL	RACIONAL (IILA)	PROM.
	Q (m ³ /s)		
5	35.16	34.62	34.89
10	39.05	38.78	38.91
25	44.85	44.28	44.57
50	49.81	48.43	49.12
100	55.32	52.59	53.96

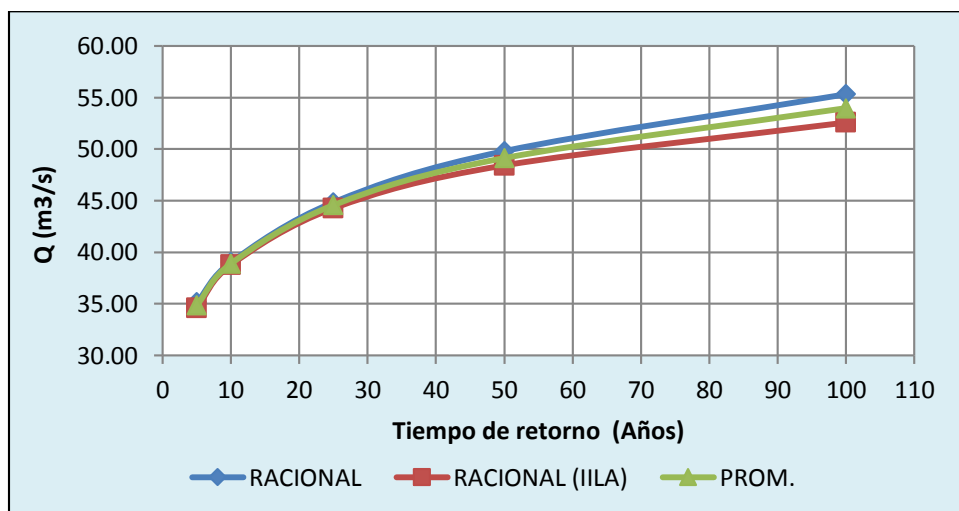


Figura 3.13: Qmax. VS tiempo de retorno

3.5. DEMANDA DE AGUA PROYECTADA

La determinación de la demanda de agua en las áreas bajo riego proyectado, tiene como principal objetivo el cálculo de los volúmenes de agua y caudales para fines agrícolas, los mismos que intervienen en la determinación del balance hídrico.

Para el sistema del sector de riego Wayllapampa, se ha realizado, el cálculo de la demanda de agua con fines agrarios para la situación futura. Se calcula la evapotranspiración potencial o del cultivo de referencia (ET_o) por el método Turk, Thornthwaite, Hargreaves y Penman- Monteith FAO. Luego la variación de los coeficientes de evapotranspiración de los cultivos (K_c) en el calendario agrícola, según la FAO; las necesidades de riego netos teniendo en cuenta los aportes de la precipitación efectiva PE; las necesidades de riego bruto o totales en función a las eficiencias de riego (40% para riego superficial por gravedad y 75%, 85% y 90% para riego presurizado); para finalmente determinar el módulo de riego mensual y con las áreas cultivadas, la demanda de agua del proyecto a nivel mensual en términos de caudal y volumen demandado para la cédula de cultivos proyectada (anexo VI: demanda de agua).

En cuanto al **método de riego a emplear**, se propone dos escenarios. Primero cuando la aplicación es mediante:

- Riego superficial por gravedad, con una eficiencia de riego total de 40%, y segundo cuando la distribución y aplicación es mediante riego presurizado, con una eficiencia de 75% en aspersión, 85% micro aspersión y 90% en goteo.

La distribución de la cédula de cultivo en las áreas de las dos unidades de riego, para beneficiar directamente al Centro Experimental de Wayllapampa-UNSCH y regantes aledaños. Actualmente cultivadas 21.93 para Wayllapampa y 4.4 para regantes aledaños en campaña grande, con producción principalmente bajo lluvia, donde el riego es suplementario, como se observa en el cuadro 3.18.

La cual se amplía la frontera agrícola a 78.57 ha de producción intensiva bajo riego para el C. E. de Wayllapampa-UNSCH y 19.42 ha para regantes aledaños. Ver cuadro 3.17.

Cuadro 3.17: Áreas por unidades de riego Proyectada

ESPECIE	AREA		UNIDADES DE RIEGO	
	(ha)	(%)	WAYLLAPAMPA UNSCH	REGANTES ALEDAÑOS
Maíz grano	14.42	14.72%		14.42
Maíz ensilado	53.15	54.24%	53.15	
Alfalfa	7.02	7.17%	2.02	5.00
Vid	6.23	6.35%	6.23	
Melocotón o durazno	1.72	1.75%	1.72	
Manzana	0.22	0.22%	0.22	
Pera	0.22	0.22%	0.22	
Lechuga	1.13	1.16%	1.13	
Apio	4.76	4.86%	4.76	
Cebolla	9.12	9.30%	9.12	
TOTAL AREA	97.99	100.00%	78.57	19.42

Cuadro 3.18: Cédula de cultivo calendario agrícola actual

CULTIVOS BASE	ÁREA		Modalidad de Cultivo												CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA	
	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Há	%
REGANTES ALEDAÑOS																	
Maiz grano	3.84	87.27%	B	B	B	B								B			
Alfalfa	0.56	12.73%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B			
Total Ha	4.40	100.00%	4.40	4.40	4.40	4.40	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	4.40	Total Ha	-	
WAYLLAPAMPA - UNSCH																	
Maiz ensilado	11.52	52.55%	B	B	B	B								B	0	0	
Alfalfa	2.02	9.23%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	0	0	
Vid	6.23	28.39%	B	B	B						B	B	B	B	0	0	
Melocotón	1.72	7.83%	B	B	B	B					B	B	B	B	0	0	
Manzana	0.22	1.00%	B	B	B	B					B	B	B	B	0	0	
Pera	0.22	1.00%	B	B	B	B					B	B	B	B	0	0	
Total Ha	21.93	100.00%	21.93	21.93	21.93	15.70	2.02	2.02	2.02	2.02	10.40	10.40	10.40	21.93	Total Ha	-	
Kc de los Cultivos																	
CULTIVOS BASE	ÁREA		Kc de los Cultivos												CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA	
	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Há	%
REGANTES ALEDAÑOS																	
Maiz grano	3.84	87.27%	1.26	1.5	1.5	1.08									0.3		
Alfalfa	0.56	12.73%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
Total Ha	4.40	100.00%													Total Ha	-	
WAYLLAPAMPA - UNSCH																	
Maiz ensilado	11.52	52.55%	1.4	1.4	1.4	0.8								0.3	0	0	
Alfalfa	2.02	9.23%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0	0	
Vid	6.23	28.39%	0.9	0.8	0.7						0.3	0.7	1.0	1.0	0	0	
Melocotón	1.72	7.83%	1.2	1.2	1.2	0.9					0.6	1.0	1.2	1.2	0	0	
Manzana	0.22	1.00%	1.2	1.2	1.2	1.0					0.6	1.0	1.2	1.2	0	0	
Pera	0.22	1.00%	1.2	1.2	1.2	1.0					0.6	1.0	1.2	1.2	0	0	
Total Ha	21.93	100.00%													Total Ha	-	
Cult. Base			Cult. Rotación				T. en descanso										

- Considerando las condiciones climáticas, los pisos ecológicos, la organización para la producción, la pericia de los agricultores para los cultivos y crianzas, así como la importancia de los cultivos para la seguridad alimentaria y su importancia económica se plantea la cédula de cultivos y su respectivo calendario agrícola propuesto. El cuadro 3.19 detalla las especies a cultivar y las áreas respectivas en las nueve unidades de riego involucrados en la **campaña grande**. El área total de producción en dicha campaña es de 37.87 ha.
- Siendo uno de los propósitos incorporar nuevas áreas de cultivo al sistema de producción intensiva bajo riego, se ha planeado la cedula de cultivos para la **campaña chica** (época de estiaje), cuya distribución de las especies a cultivar en las distintas unidades de riego se muestran en el cuadro 3.19, donde resaltan como especies de importancia alimenticia y económica los cultivos de de maíz grano, maíz ensilado, alfalfa, vid, melocotón, manzana, pera, lechuga, apio y cebolla; para la unidad de riego de Wayllapampa-UNSCH y regantes aledaños. El área total de producción en esta campaña chica es de 22.5 ha.

Cuadro 3.19: Cédula de cultivo calendario agrícola proyectada

CULTIVOS BASE	ÁREA		Modalidad de Cultivo												CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA	
	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Há	%
REGANTES ALEDAÑOS																	
Maiz grano	7.00	92.59%	B	B	B	B	B	R	R	R	R			B	Lechuga	7	700.00%
Alfalfa	0.56	7.41%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B			
Total Ha	7.56	100.00%	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	0.56	0.56	7.56	Total Ha	7.0	23.09%
WAYLLAPAMPA - UNSCH																	
Maiz ensilado	13.10	43.22%	B	B	B	B		R	R	R	R	R		B	Maiz ensilado	10.00	64.52%
Alfalfa	2.02	6.67%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		0	0
Vid	6.23	20.54%	B	B	B						B	B	B	B		0	0
Melocotón	1.72	5.67%	B	B	B	B					B	B	B	B		0	0
Manzana	0.22	0.72%	B	B	B	B					B	B	B	B		0	0
Pera	0.22	0.72%	B	B	B	B					B	B	B	B		0	0
Lechuga	1.13	3.74%	B	B	B	R	R	R	R	R				B	Apio	1.00	6.45%
Apio	4.76	15.71%	B	B	B	R	R	R	R	R				B	Cebolla	4.00	25.81%
Cebolla	0.91	3.01%	B	B	B	R	R	R	R	R				B	Lechuga	0.50	3.23%
Total Ha	30.31	100.00%	30.31	30.31	30.31	22.28	7.52	17.52	17.52	17.52	20.40	20.40	16.08	30.31	Total Ha	15.5	51.13%
Kc de los Cultivos																	
CULTIVOS BASE	ÁREA		Kc de los Cultivos												CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA	
	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Há	%
REGANTES ALEDAÑOS																	
Maiz grano	7.00	92.59%	1.26	1.5	1.5	1.08	0.8	0.4	1.1	1.3	1.2			0.3	Lechuga	7	700.00%
Alfalfa	0.56	7.41%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		0.56	
Total Ha	7.56	100.00%													Total Ha	7.0	23.09%
WAYLLAPAMPA - UNSCH																	
Maiz ensilado	13.10	43.22%	1.4	1.4	1.4	0.8		0.4	1.4	1.4	1.4	0.8		0.3	Maiz ensilado	10.00	64.52%
Alfalfa	2.02	6.67%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		0	0
Vid	6.23	20.54%	0.9	0.8	0.7						0.3	0.7	1.0	1.0		0	0
Melocotón	1.72	5.67%	1.2	1.2	1.2	0.9					0.6	1.0	1.2	1.2		0	0
Manzana	0.22	0.72%	1.2	1.2	1.2	1.0					0.6	1.0	1.2	1.2		0	0
Pera	0.22	0.72%	1.2	1.2	1.2	1.0					0.6	1.0	1.2	1.2		0	0
Lechuga	1.13	3.74%	1.1	1.3	1.2	0.3	1.2	1.3	1.3	1.0				0.3	Apio	1.00	6.45%
Apio	4.76	15.71%	1.3	1.3	1.0	0.5	1.1	1.4	1.4	0.5				0.3	Cebolla	4.00	25.81%
Cebolla	0.91	3.01%	1.4	1.4	0.5		0.4	1.1	1.3	1.2				0.5	Lechuga	0.50	3.23%
Total Ha	30.31	100.00%													Total Ha	15.5	51.13%
Cult. Base			Cult. Rotación				T. en descanso										

Demanda de agua proyectada para riego a gravedad

Para el sector de riego Wayllapampa, se tiene un módulo de riego que varía de 0.139 l/seg/ha en el mes de febrero y de 1.358 l/seg/ha para el mes de julio; Donde la campaña chica o "michka" se practicará la producción agrícola bajo riego de las 25.08 ha en dicho periodo, donde igualmente se observa que la demanda de agua y las necesidades de riego son mayores en los meses de estiaje, que coincide con la campaña chica, de mayo a octubre, con una producción intensiva bajo riego a la cédula de cultivos optimizada.

Cuadro 3.20: Demanda de agua mensual con riego superficial por gravedad

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		
Evapotranspiración Potencial	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10	mm/mes	
Precipitación Efectiva Mensual al 75%	69.88	92.65	91.99	17.37	-	-	-	-	-	7.42	19.51	9.09	mm/mes	
Área Cultivada total	37.87	37.87	37.87	29.84	15.08	25.08	25.08	25.08	27.96	20.96	16.64	37.87	ha	
CULTIVOS BASE	40%=Er	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	%	
	Maiz grano	4.98	4.57	7.61	16.21	16.11	8.06	20.90	25.96	24.93				Lechuga
	Maiz ensilado	12.89	5.96	11.28	20.99		10.66	39.93	41.54	37.65	19.27		6.60	Maiz ensilado
	Lechuga	0.50	0.29	0.46		3.45	3.47	3.71	2.97	0.00			0.57	Apio
	Apio	3.76	1.22	-0.20		12.20	14.93	15.97	5.93	0.00		0.72	9.36	Cebolla
	Cebolla	0.90	0.41			0.58	1.49	1.85	1.78			0.63	1.56	Lechuga
	40%=Er	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	%
	Vid	0.13	-	-						5.02	9.75	11.29	9.96	
	Melocotón	1.02	0.10	0.63	3.19					2.54	4.00	3.91	3.38	
	Manzana	0.13	0.01	0.08	0.46					0.35	0.52	0.50	0.43	
	Pera	0.13	0.01	0.08	0.46					0.35	0.52	0.50	0.43	
	40%=Er	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	%
	Alfalfa	1.53	0.15	1.06	6.77	8.92	8.26	8.84	9.20	8.34	7.71	5.87	5.08	
	DMA - TOTAL	25.97	12.73	20.99	48.08	41.26	46.86	91.21	87.38	79.18	41.77	23.42	37.37	1,000 m ³
Q/ha	0.69	0.34	0.55	1.61	2.74	1.87	3.64	3.48	2.83	1.99	1.41	0.99	1,000 m ³	
Q 24 MX=	0.010	0.005	0.008	0.019	0.015	0.018	0.034	0.033	0.031	0.016	0.009	0.014	m ³ /seg	
Mr - Módulo de Riego	0.256	0.139	0.207	0.622	1.021	0.721	1.358	1.301	1.092	0.744	0.543	0.368	l/seg/há	
Caudal de Diseño							0.034						m ³ /seg	
							34.05						l/seg	

Demanda de agua proyectada para riego presurizado

Para el sector de riego Wayllapampa, la distribución y aplicación del agua mediante riego presurizado (aspersión $E_r=75\%$, micro-aspersión $E_r=85\%$ y goteo $E_r=90\%$), por las ventajas de su alta eficiencia y distribución en la aplicación del agua de riego, ahorro de agua, mejor manejo y control. La demanda de agua proyectada en términos de módulo de riego varía de 0.062 l/seg/ha (febrero) y 0.615 l/seg/ha (julio).

Cuadro 3.21: Demanda hídrica (situación proyectada- Wayllapampa UNSCH)

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		
Evapotranspiración Potencial	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10	mm/mes	
Precipitación Efectiva Mensual al 75%	69.88	92.65	91.99	17.37	-	-	-	-	-	7.42	19.51	9.09	mm/mes	
Área Cultivada total	37.87	37.87	37.87	29.84	15.08	25.08	25.08	25.08	27.96	20.96	16.64	37.87	ha	
CULTIVOS BASE	90%=Er	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	%	
	Maiz grano	2.21	2.03	3.38	7.20	7.16	3.58	9.29	11.54	11.08				Lechuga
	Maiz ensilado	5.73	2.65	5.01	9.33		4.74	17.75	18.46	16.73	8.56		2.93	Maiz ensilado
	Lechuga	0.22	0.13	0.21		1.53	1.54	1.65	1.32	0.00			0.25	Apio
	Apio	1.67	0.54	-0.09		5.42	6.63	7.10	2.64	0.00		0.32	4.16	Cebolla
	Cebolla	0.40	0.18			0.26	0.66	0.82	0.79			0.28	0.69	Lechuga
	85%=Er	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	%
	Vid	0.06	-	-						2.36	4.59	5.31	4.69	
	Melocotón	0.48	0.05	0.29	1.50					1.20	1.88	1.84	1.59	
	Manzana	0.06	0.01	0.04	0.22					0.17	0.25	0.23	0.20	
	Pera	0.06	0.01	0.04	0.22					0.17	0.25	0.23	0.20	
	75%=Er	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	%
	Alfalfa	0.82	0.08	0.56	3.61	4.76	4.41	4.72	4.91	4.45	4.11	3.13	2.71	
DMA - TOTAL	11.71	5.68	9.44	22.08	19.13	21.56	41.32	39.65	36.15	19.64	11.35	17.43	1,000 m ³	
Q/ha	0.31	0.15	0.25	0.74	1.27	0.86	1.65	1.58	1.29	0.94	0.68	0.46	1,000 m ³	
Q 24 MX=	0.005	0.002	0.004	0.009	0.007	0.008	0.015	0.015	0.014	0.007	0.004	0.007	m ³ /seg	
Mr - Módulo de Riego	0.132	0.062	0.093	0.285	0.474	0.332	0.615	0.590	0.499	0.350	0.263	0.172	l/seg/há	
Caudal de Diseño							0.015						m ³ /seg	
							15.43						l/seg	

- Se necesita de 15.43 l/seg. que será derivado del margen izquierdo del río Pacaycasa, conducido en una longitud de 1+442.7km. considerando las áreas en producción tanto en campaña grande como en campaña chica, para satisfacer la demanda de agua de riego en dichas unidades, se distribuirá el agua a lo largo del recorrido beneficiando a los regantes aledaños 3.08 lt/seg. y para el C.E. Wayllapampa-UNSCH 12.35 lt/seg. La distribución de caudales para cada unidad de riego se indica en el cuadro 3.22.

Cuadro 3.22: Distribución de caudales por unida de riego

DESCRIPCION		UNIDAD DE RIEGO PROYECTADA	
DESCRIPCION	UND	WAYLLAPAMPA UNSCH	REGANTES ALEDAÑOS
MODULO DE RIEGO (gravedad)	(Lt/s/ha)	1.36	1.36
MODULO DE RIEGO (presurizado)	(Lt/s/ha)	0.62	0.62
ÁREA CULTIVADA (Mes diseño)	(%)	66.23	66.23
CAUDAL RIEGO POR GRAVEDAD	(Lt/s)	27.26	6.80
CAUDAL RIEGO PRESURIZADO	(Lt/s)	12.35	3.08

3.6. BALANCE HIDRICO

Los caudales mensuales del río Pacaycasa en el punto de interés (sector de riego proyectada) tiene un régimen en promedio de 0.32 m³/seg, para la época en estiaje 0.0 l/seg (junio) y en época de precipitación de 1,489.0 l/seg (febrero). Ver cuadro 3.23.

Cuadro 3.23: Caudales medios mensuale de la cuenca Pacaycasa (LUTZ SCHOLZ)

DATOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
CUENCA PACAYCASA	0.94	1.49	0.82	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.09	0.11	0.33	3.87	0.32
DISPONIBLE (m ³ /s)	0.94	1.49	0.82	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.09	0.11	0.33	3.87	0.32

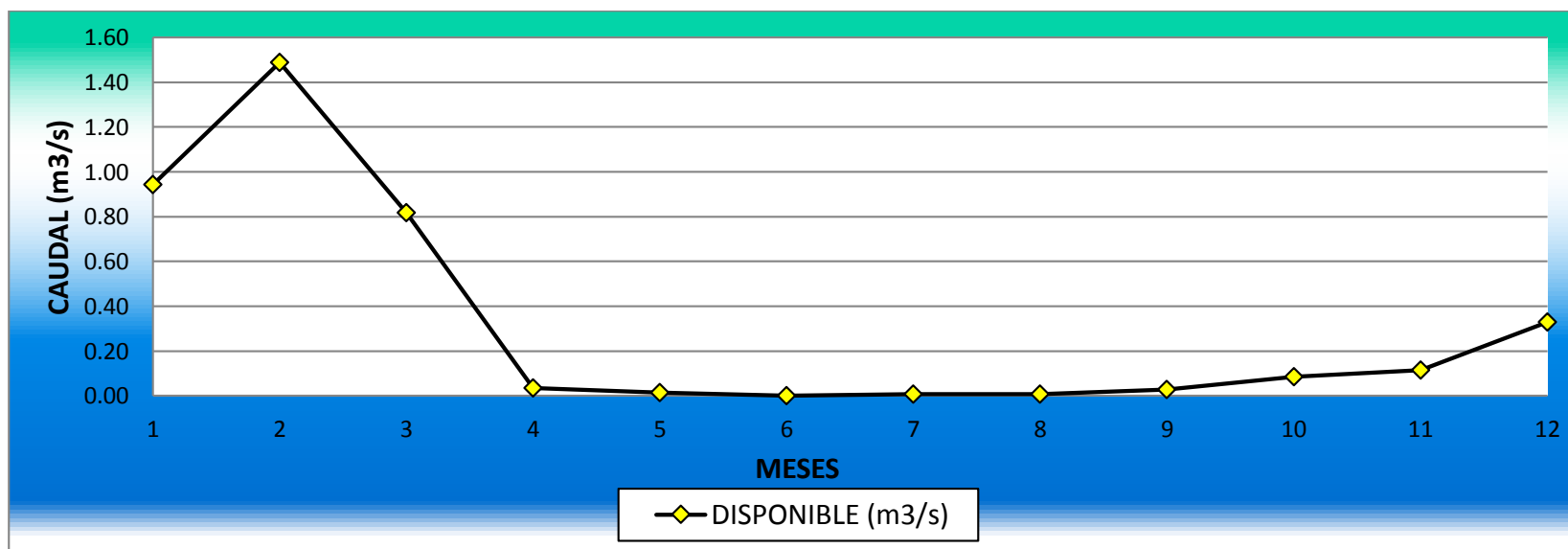


Figura 3.14: Caudales medios mensuale de la cuenca Pacaycasa (LUTZ SCHOLZ)

La demanda hídrica, se muestra el cuadro 3.24 y figura 3.15, determinados a partir de la cédula de cultivos optimizados para la sector de riego, que involucra a la producción agrícola tanto en campaña grande como de campaña chica, cuya demanda en términos de caudal mensual varía de 0.0154 m³/seg. en el mes de julio, hasta 0.0023 m³/seg. en el mes de febrero; caudal demandado por una superficie cultivada de 37.87ha en campaña grande y de 22.5 ha de suelos cultivados en campaña chica para el sector Wayllapampa. Considerando la distribución y aplicación de agua mediante sistema de riego presurizado con énfasis a la campaña chica (época de estiaje).

Cuadro 3.24: Demanda de agua de las unidades de riego (proyectada)

DATOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
Sector Wayllapampa	0.004	0.002	0.004	0.009	0.007	0.008	0.015	0.015	0.014	0.007	0.004	0.007	0.0966	0.0081

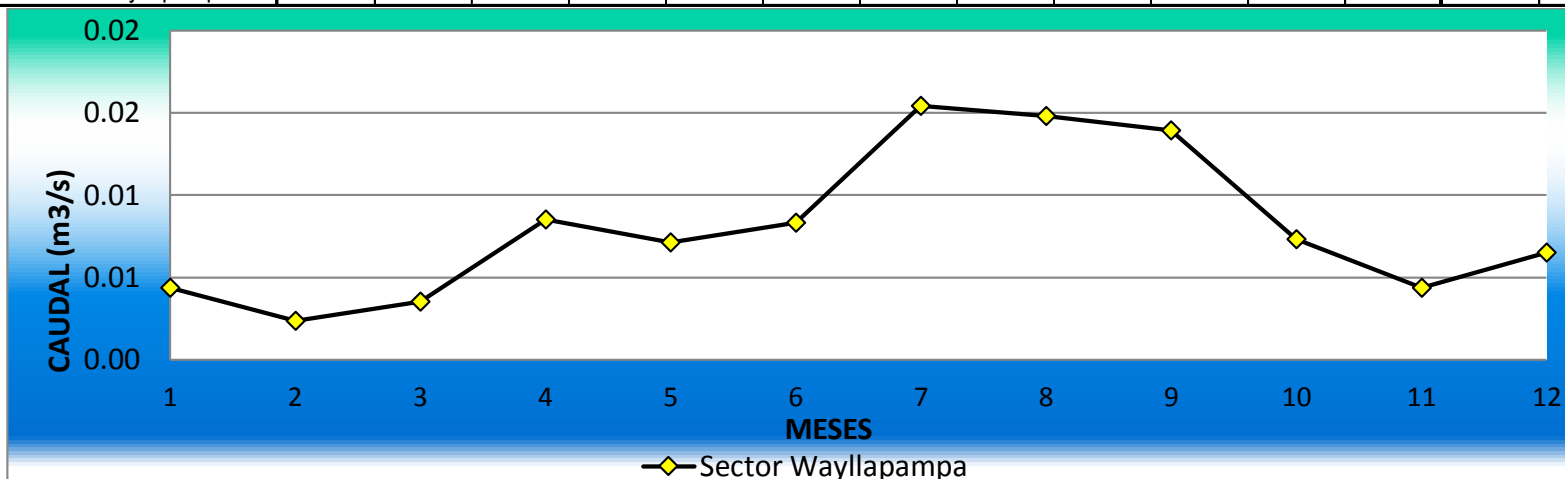


Figura 3.15: Demanda de agua de las unidades de riego (proyectada)

Para la demanda de agua con fines de riego de 37.87ha en campaña grande y de 22.5 ha especialmente en campaña chica muestra déficit. Por tanto, la demanda críticos está comprendida entre los meses de junio a agosto, tal como se observa en el cuadro 3.25 y figura 3.16.

Cuadro 3.25: Balance de la oferta – demanda

DATOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
CUENCA PACAYCASA (m3/s)	0.943	1.489	0.817	0.035	0.014	0.000	0.007	0.007	0.029	0.085	0.114	0.330	3.87	0.32
Sector Wayllapampa (m3/s)	0.004	0.002	0.004	0.009	0.007	0.008	0.015	0.015	0.014	0.007	0.004	0.007	0.10	0.01
BALANCE OFERTA- DEMANDA	0.939	1.487	0.813	0.026	0.007	-0.008	-0.008	-0.008	0.015	0.078	0.110	0.323	3.77	0.31

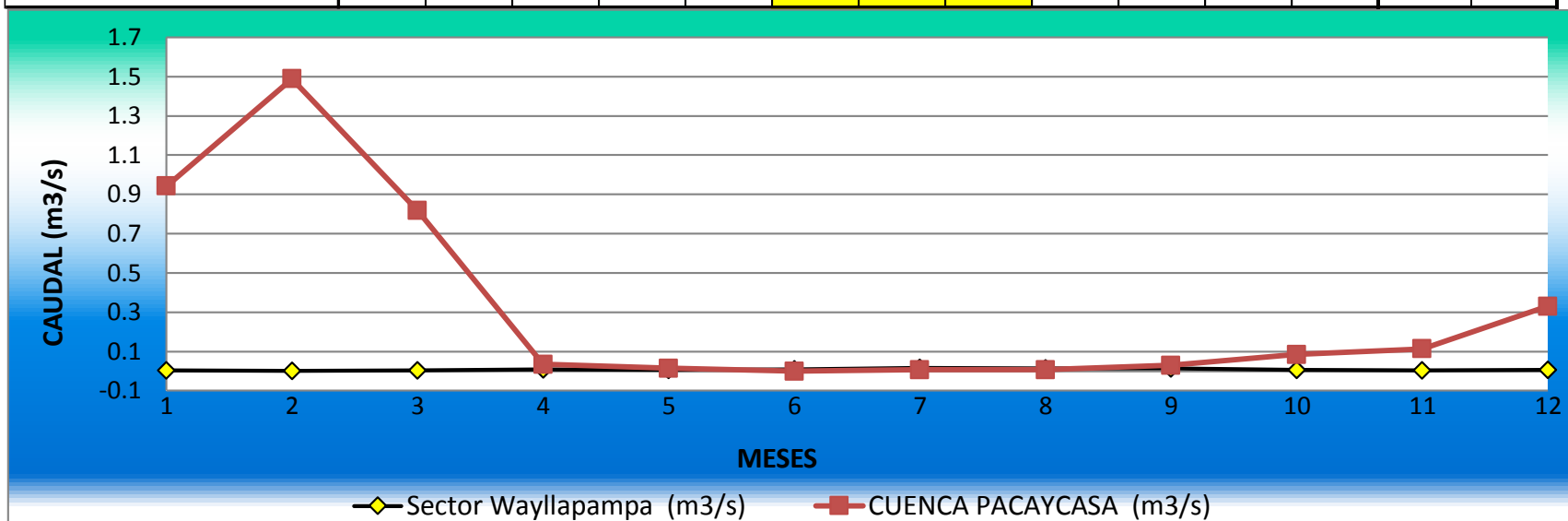


Figura 3.16: Balance de la oferta – demanda

3.7. CALIDAD DEL AGUA

No necesariamente toda disponibilidad de agua es apta para el uso de riego; por tanto, la fuente de agua no apta, puede contener sustancias químicas tóxicas y/o bacterias dañinas a las plantas o a personas y animales que se alimentan con él, o que, al reaccionar con el suelo, pueden producir características de humedad no aparentes.

La evaluación de la calidad del agua del río Pacaycasa se ha realizado la toma de muestra, cuyos análisis ha sido realizado en el laboratorio de suelos y aguas del programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga - Ayacucho, indicando el punto y época de muestreo. Los resultados del análisis físico - químico, de la muestra tomada durante la fase de campo (16 de noviembre del 2016). Ver anexo VII: calidad de agua.

Interpretación de análisis de calidad del agua del río Pacaycasa

Del cuadro 3.26 se tiene los siguientes resultados:

1. La Clasificación del agua basada en su Conductividad Eléctrica (CE= 0.97) y Sales Solubles Totales (TDS=504), le tipifica como **salinidad alta**; es decir afectara a muchas plantas, por tanto, se requiere la selección de plantas tolerantes a la salinidad, buen drenaje y lixiviación.
2. En cuanto al peligro de Sodio basado en el valor de Relación de Absorción de Sodio (SAR=01), le clasifica con **bajo peligro de sodio**, puede usarse para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de la destrucción de la estructura.
3. En cuanto al peligro de Sodio basado en el valor de Carbonato de Sodio Residual (CSR=0.05), se encuentra con **bajo peligro de sodio**, existe alguna remoción del Ca y Mg del agua de riego.
4. Con pH próximo al neutro, con sólidos en suspensión bajos de 0.078 g/litro y dureza total alta.

Del análisis físico-químico de la fuente del río Pacaycasa en el punto de captación o derivación para el proyecto, es clasificado como **C3-S1**,

con **alta salinidad**, con bajo peligro de Sodio; características que le atribuyen como **AGUA APTA PARA FINES DE RIEGO**, con restricciones de cultivos tolerantes a la salinidad.

Cuadro 3.26: Resultados de análisis de calidad de agua de la cuenca Pacaycasa

DETERMINANTES	RÍO PACAYCASA
CATIONES (meq/litro)	
CALCIO (Ca ⁺⁺)	4.12
MAGNESIO (Mg ⁺⁺)	1.56
POTASIO (K ⁺)	0.75
SODIO (Na ⁺)	4.02
AMONIO (NH ₄ ⁺)	0.00
ANIONES (meq/litro)	
BICARBONATOS (HCO ₃ ⁻)	5.55
CARBONATOS (CO ₃ ⁻)	0.18
CLORUROS (Cl ⁻)	3.48
FOSFATOS (PO ₄ ⁻³)	0.00
NITRATOS (NO ₃)	0.00
SULFATOS (SO ₄ ⁻)	1.25
OTRAS DETERMINACIONES	
pH	7.88
CE (dS/m)	0.970
Sólidos en suspensión (g/litro)	0.078
Sales solubles totales (ppm)	504.0
Relación de adsorción de sodio	2.39
Dureza total (ppm CaCO ₃)	284.0
CLASIFICACION	C3-S1

Fuente: Análisis de Aguas y Suelos PIPG – UNSCH.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. El factor de forma, coeficiente de compacidad y relación de elongación es de 0.16, 2.07 y 0.45 respectivamente, señalan que se trata de una cuenca rectangular, de forma oval oblonga o alargada y de relieve bajo; es decir, que la cuenca tiene una respuesta al escurrimiento variable por lo que no concentra el escurrimiento en una sola avenida.
2. De la regionalización de variables hidrometeorológica presentan una época seca, comprendida entre abril a octubre y una época lluviosa de noviembre a marzo.
3. Las fuentes hídricas en la cuenca Pacaycasa, está constituida por dos bofedales provenientes de la quebrada Pallca y Lluncuna. Además, la cuenca Pacaycasa tiene un rendimiento de 4.9 l/seg/km² y un caudal medio mensual de 460 l/seg, con un volumen de escurrimiento superficial de 15.0 MMC.
4. Los caudales máximos extraordinarios para periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años se muestran en el cuadro 4.1, para la construcción de una bocatoma.

Cuadro 4.1: Resumen de caudales de máximas avenidas para periodos de retornos distintos

Tiempo de retorno (Años)	RACIONAL	RACIONAL (IILA)	PROM.
	Q (m3/s)		
5	35.16	34.62	34.89
10	39.05	38.78	38.91
25	44.85	44.28	44.57
50	49.81	48.43	49.12
100	55.32	52.59	53.96

5. La demanda hídrica para un riego presurizado del sector Wayllapampa en términos de módulo de riego varia de 0.062 l/seg/ha (febrero) a 0.615 l/seg/ha (julio) y el caudal de diseño en el mes más crítico es 15.43 l/seg.
6. La oferta hídrica del río Pacaycasa es de 0.32 m3/seg para el régimen medio, 0.0 l/seg para la época de estiaje (junio) y 1,489.0 l/seg para la época lluviosa (febrero), para el punto de interés de la construcción de una bocatoma.
7. Para la demanda de agua con fines de riego de 37.87ha en campaña grande y de 22.5 ha especialmente en campaña chica, muestra déficit, porque la demanda crítica está comprendida entre los meses de junio a agosto.
8. Del análisis físico-químico de la fuente del río Pacaycasa en el punto de captación o derivación para el proyecto, es clasificado como **C3-S1**, con **alta salinidad**, con bajo peligro de Sodio; características que le atribuyen como **AGUA APTA PARA FINES DE RIEGO**, con restricciones de cultivos tolerantes a la salinidad.

4.2. RECOMENDACIONES

- Considerar para el diseño hidráulico de la bocatoma o captación directas del río, período de retorno no menor de 25 años de las máximas avenidas.

- Se recomienda a los agricultores la instalación de sistemas de riego tecnificado de altas eficiencias, como los de riego presurizado por aspersión, micro aspersión y goteo, no sólo para el ahorro de agua, sino para ampliar las áreas de riego e incrementar la productividad.
- Es necesario que la Juntas de Usuarios y Comisiones de Regantes soliciten los resultados de la estación meteorológica ubicada dentro del área de cultivo del C. E. Wayllapampa, dirigida a SENAMHI de Huancayo, a fin de implementar y validar los resultados del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, M. (1999). Modelos matemáticos en Hidrología. Modelo hidrológico Lutz-Scholtz. Apuntes del I Congreso Nacional de Hidrología. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- CHEREQUE, W. (1989). Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil. Lima, Perú: CONCYTEC.
- CHOW, V, MAIDMENT, D y MAYS, L. (1994). Hidrología Aplicada. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Nomos S. A.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO (CORPONARIÑO). (2009). Índice de Escasez de Agua Superficial Cuenca Río Guátara, Colombia.
- GONZÁLEZ, M. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. Boletín de la A.G.E. N° 38.311.
- GUEVARA, E. (2015). Métodos para el Análisis de Variables Hidrológicas y Ambientales. Lima, Perú. Ministerio de Agricultura y Riego.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (DEAM), (2004). Guía para el monitoreo y seguimiento del agua, Bogotá.
- JESÚS, J. (2013). Parámetros de eficiencia. Aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos. Ministerio de Agricultura, autoridad nacional del agua. Lima, Perú.
- LUTZ, S. (1980). Generación de Caudales Mensuales en la Sierra del Perú. Cuzco, Perú: Plan Meris II
- MONSALVE, G. (2000). Hidrología en la Ingeniería. Colombia: Escuela de Ingeniería.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). (1998).

Evapotranspiración de cultivos, Directrices para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia: Documento de la FAO sobre riego y drenaje.

PLANEACIÓN, DESARROLLO RECUPERACIÓN AMBIENTAL (PLADEYRA). (2003). Paisajes hidrológicos y balance hídrico de la cuenca Lerma Chapala. México: Instituto Nacional de Ecología.

SCHUMM, S. (1956). The evolution of drainage system and slopes in badlands at Pearth Amboy, New Jersey. Boletín de la Sociedad Geológica de América. Estados Unidos.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENAMHI). (2012). Oferta hídrica actual y futura de la cuenca Huacrahuacho. Cusco, Perú.

SENCIALES, J. y FERRE, E.. (1999). Análisis morfométrico de la cuenca del río Benamargosa (provincia de Málaga) en López B. F., C. Conesa y M.A. Romero: Estudios de Geomorfología en España. Actas de la II Reunión Nacional de Geomorfología, Murcia.

TARAZONA, S. (2005). Generación de descargas mensuales en subcuencas de la cuenca del río Santa utilizando el método de Lutz Scholz. (Tesis para optar el título de ingeniero agrícola). Universidad nacional agraria La Molina, Lima, Perú.

VILLÓN, M. (2011). Hidrología Estadística. Lima, Perú: MaxSoft.

VILLÓN, M. (2002). Hidrología. Lima, Perú: Villón.

ANEXOS

ANEXO I:
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

1.- AREA DE LA CUENCA (A) = 65.86 Km²

2.- PERIMETRO DE LA CUENCA (P) = 59.52 Km

* los siguientes datos se obtuvieron a través del programa Arc Gis 10.2.2

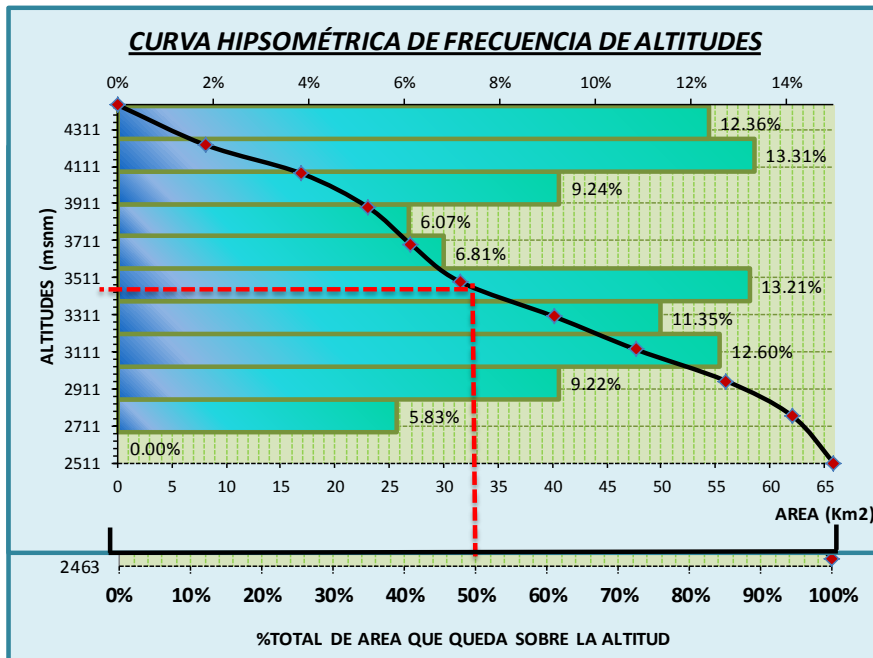
3.- ESTUDIOS DE RELIEVE

CURVA HIPSOMETRICA

Representa la relación entre la altitud, y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud las subareas que se marcaron siguiendo las curvas de nivel cada 198m.

Cuadro N° 1.1:
CURVA HIPSOMETRICA

Altitud (msnm)	Cota media (msnm)	Areas parciales (Km ²)	Areas acumuladas (Km ²)	Areas que quedan sobre las altitudes (Km ²)	% del total	% del total de area que queda sobre la altitud	Altitud (msnm)	Cota media X Área
Punto mas bajo		0.000	0.000	65.860	0.000	100.000	2511	
2511 Al	2764	2637.5	3.842	3.842	62.018	5.834	2765	10,133.3
2765 Al	2952	2858.5	6.070	9.912	55.948	9.217	2953	17,351.1
2953 Al	3122	3037.5	8.298	18.210	47.650	12.599	3123	25,205.2
3123 Al	3299	3211.0	7.477	25.687	40.173	11.353	3300	24,008.6
3300 Al	3488	3394.0	8.703	34.390	31.470	13.214	3489	29,538.0
3489 Al	3689	3589.0	4.482	38.872	26.988	6.805	3690	16,085.9
3690 Al	3891	3790.5	3.998	42.870	22.990	6.070	3892	15,154.4
3892 Al	4072	3982.0	6.086	48.956	16.904	9.241	4073	24,234.5
4073 Al	4225	4149.0	8.765	57.721	8.139	13.309	4226	36,366.0
4226 Al	4443	4334.5	8.139	65.860	0.000	12.358	4443	35,278.5
Punto mas alto		65.860			100.000			233,355.4



ALTITUD MEDIA: = 3543.2 msnm

ALTITUD DE FRECUENCIA 1/: = 3457.3 msnm (Intersección de las curvas hipsométricas y de frecuencia de altitud)

ALTITUD MAS FRECUENTE: = 13.31 % es el máximo valor en porcentajes de la curva de frecuencia de altitudes = 4149.0 msnm

4.- INDICES REPRESENTATIVOS

FACTOR DE FORMA DE UNA CUENCA (F)

$$F = \frac{B}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: Area de la cuenca = 65.860 Km²

B: Base de la cuenca = 5.290 Km

L: Longitud de la cuenca = 20.183 Km

Entonces:

F: Factor de forma = **0.162**

ÍNDICE DE COMPACIDAD O ÍNDICE DE GRAVELIUS (K):

$$K = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P: Perimetro de la cuenca = 59.524 Km

A: Area de la cuenca = 65.860 Km²

Entonces:

K: I.Gravelius = **2.068** Alargada o asimétrica

5.- CÁLCULO DEL RECTÁNGULO EQUIVALENTE:

$$L_{mayor} = K * \frac{\sqrt{A}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K} \right)^2} \right]$$

$$l_{menor} = K * \frac{\sqrt{A}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K} \right)^2} \right]$$

Calculo de los lados:

a).- Lado mayor (L)

Donde:

K: Índice de gravelious = 2.068

A: Area de la cuenca = 65.860 Km²

Entonces:

L: Lado mayor = **27.355 Km**

a).- Lado menor (l)

Donde:

K: Índice de gravelious = 2.068

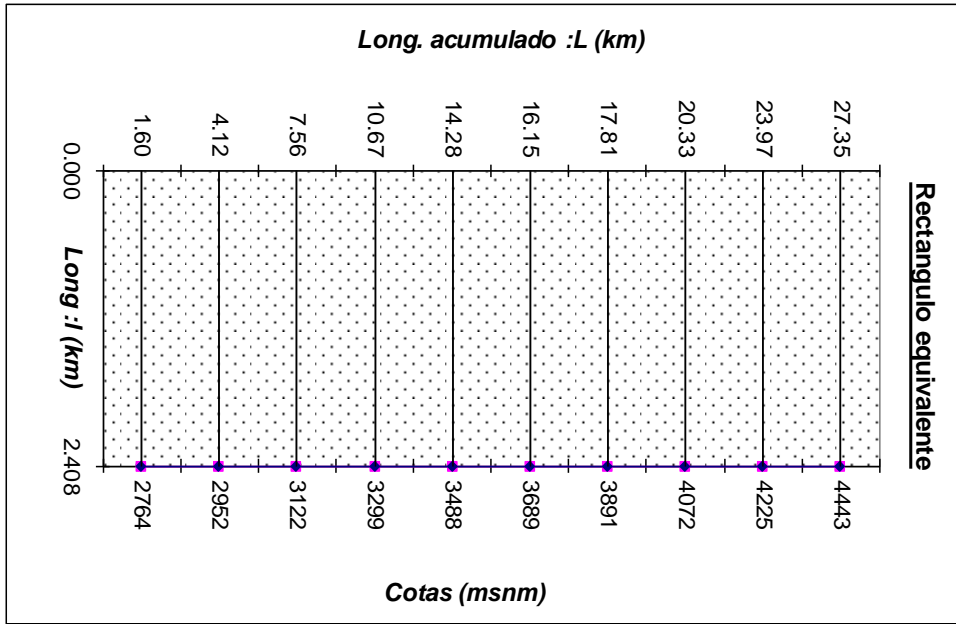
A: Area de la cuenca = 65.860 Km²

Entonces:

l: Lado menor = **2.408 Km**

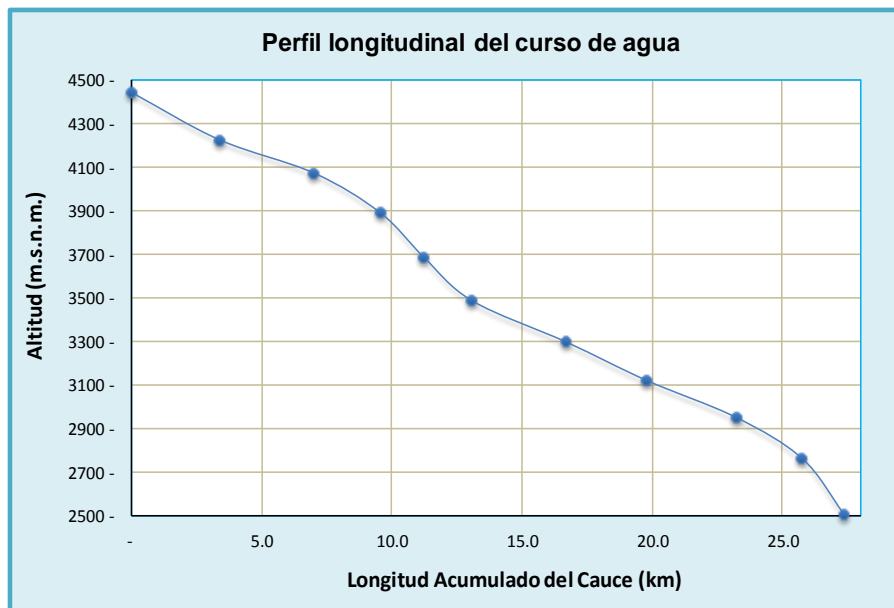
Cuadro Nº 1.2: Calculo de los segmentos del lado mayor (Li)

Nº DE AREAS	COTAS		AREA	Li	Lm	L Acum
	INICIO	FINAL	PARCIALES (Km2)	Km	Km	Km
1	2511	2764	3.84	1.60	2.41	1.60
2	2765	2952	6.07	2.52	2.41	4.12
3	2953	3122	8.30	3.45	2.41	7.56
4	3123	3299	7.48	3.11	2.41	10.67
5	3300	3488	8.70	3.61	2.41	14.28
6	3489	3689	4.48	1.86	2.41	16.15
7	3690	3891	4.00	1.66	2.41	17.81
8	3892	4072	6.09	2.53	2.41	20.33
9	4073	4225	8.77	3.64	2.41	23.97
10	4226	4443	8.14	3.38	2.41	27.35
Sumatoria total			65.86	27.35		



6.- PERFIL LONGITUDINAL DEL CURSO DE AGUA

Cota (m.s.n.m.)	Long. Cauce (km)	Long. Acum (km)	(Si)	1/(Si)^0.5
2511 -		-		
2765 -	1.60	1.60	159.17	0.00
2953 -	2.52	4.12	74.57	0.01
3123 -	3.45	7.56	49.33	0.01
3300 -	3.11	10.67	57.00	0.01
3489 -	3.61	14.28	52.29	0.01
3690 -	1.86	16.15	107.97	0.00
3892 -	1.66	17.81	121.65	0.00
4073 -	2.53	20.33	71.60	0.01
4226 -	3.64	23.97	42.03	0.01
4443	3.38	27.35	64.19	0.01
SUMA	27.35			0.07



CUADRO Nº 1.3: PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA

PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA					
Nro	RANGO DE PENDIENTES (%)			NUMERO DE OCURRENCIAS (2)	(1)*(2)
	INFERIOR	SUPERIOR	PROMEDIO (1)		
1	0.00	10.00	5.00	8,450.00	42,250.00
2	10.00	20.00	15.00	18,101.00	271,515.00
3	20.00	30.00	25.00	17,423.00	435,575.00
4	30.00	40.00	35.00	14,139.00	494,865.00
5	40.00	50.00	45.00	7,937.00	357,165.00
6	50.00	60.00	55.00	3,347.00	184,085.00
7	60.00	70.00	65.00	1,104.00	71,760.00
8	70.00	80.00	75.00	244.00	18,300.00
9	80.00	90.00	85.00	63.00	5,355.00
10	90.00	100.00	95.00	19.00	1,805.00
TOTAL =				70,827.00	1,882,675.00
				Pendiente (%) =	26.58

CUADRO Nº 1.4: PENDIENTE PROMEDIO DE LA RED HIDRICA

PENDIENTE PROMEDIO DE LA RED HIDRICA					
ORDEN DE LA RED HIDRICA	NUMERO DE VECES (1)	PENDIENTE PROMEDIO	(1)*(2)	LONGITUD (Km)	
1	2677.00	2.82	7542.00	77.00	
2	1036.00	2.43	2513.00	29.65	
3	629.00	2.17	1368.00	17.26	
4	634.00	2.40	1523.00	17.36	
5	207.00	1.76	365.00	6.34	
TOTAL =	5183.00		13311.00	147.61	
				Pendiente (%) =	2.57

TIEMPO DE CONCENTRACION

TIEMPO DE CONCENTRACION		
KIRPICH	Hr	1.11
CALIFORNIA (U.S.B.R.)	Hr	1.71
Promedio	Hr	1.41
Desviación Estándar		0.418
Coef. Asim.		-1.279
TIEMPO DE CONCENTRACION	Hr	1.41

CUADRO Nº 1.5: RESUMEN DE PARAMETROS MORFOMETRICOS OBTENIDO CON EL ArcGIS

DESCRIPCION	UND	VALOR
DE LA SUPERFICIE		
AREA	Km2	65.86
PERIMETRO	Km	59.52
COTAS		
COTA MAXIMA	m.s.n.m.	4443.00
COTA MINIMA	m.s.n.m.	2511.00
CENTROIDE (WGS 1984 UTM ZONE 18S)		
X (CENTROIDE)	m	593181.59
Y (CENTROIDE)	m	8560753.64
Z (CENTROIDE)	m.s.n.m.	3457.29
ALTITUD		
ALTITUD MEDIA	m.s.n.m.	3543.20
ALTITUD MAS FRECUENTE	m.s.n.m.	4149.00
ALTITUD DE FRECUENCIA MEDIA	m.s.n.m.	3457.29
PENDIENTE		
PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA	%	26.58
DE LA RED HIDRICA		
LONGITUD DEL CURSO PRINCIPAL	Km	20.18
ORDEN DE LA RED HIDRICA	Und	5
LONGITUD DE LA RED HIDRICA	Km	147.61
PENDIENTE PROMEDIO DE LA RED HIDRICA	%	2.57
PARAMETROS GENERADOS		
TIEMPO DE CONCENTRACION	Hr	1.41
PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL	m/Km	95.72

CUADRO N° 1.6: PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS

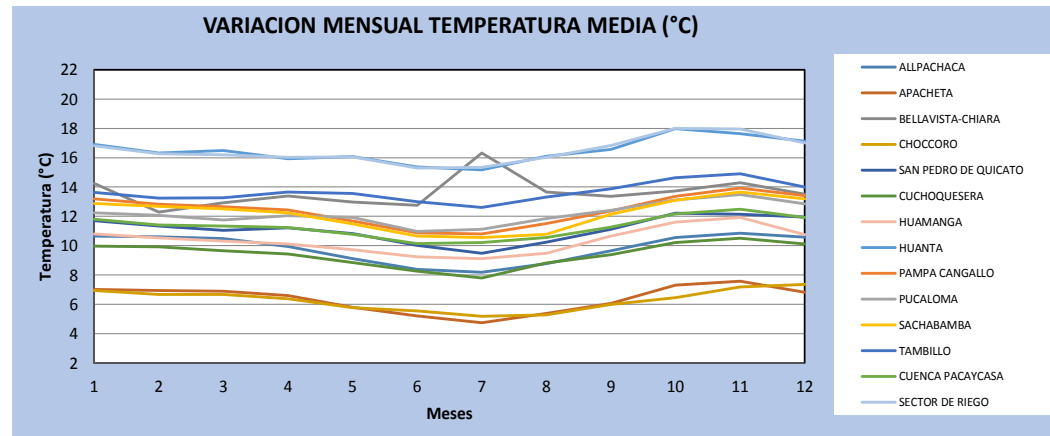
PARAMETROS			UNIDAD	CUENCA PACAYCASA		
AREA DE LA CUENCA			Km ²	65.86		
PERIMETRO			Km	59.52		
PARAMETROS DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		Coef.	2.07	
		FACTOR DE FORMA	Longitud (// al curso más largo)		Km	20.18
			Ancho Medio		Km	3.26
			Radio de Circularidad		Coef.	0.23
			Factor de Forma		Coef.	0.16
			Relacion de elongación		Coef.	0.45
	RECTANGULO EQUIVALENTE		Lado Mayor	Km	27.35	
			Lado Menor	Km	2.41	
	Longitud total de los ríos de diferentes grados		Orden 1	Km	77.00	
			Orden 2	Km	29.65	
			Orden 3	Km	17.26	
Orden 4			Km	17.36		
Orden 5			Km	6.34		
PARAMETROS DE RELIEVE	Curva Hipsométrica		-	-		
	Polígono de Frecuencia		-	-		
	Altitud Máxima de la Cuenca		msnm	4443.00		
	Altitud Mínima de la Cuenca		msnm	2511.00		
	Desnivel total de la Cuenca		Km	1.932		
	Altitud de Frecuencia Media		msnm	3457.29		
	Altitud Media de la Cuenca		msnm	3543.2		
	Altura más frecuente		msnm	4149.00		
	Pendiente de la cuenca (sist. del rectángulo equi		%	7.06		
	Pendiente de la cuenca (Reporte GIS)		%	26.58		
PARAMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA	Tipo de corriente		-	Perenne		
	Densidad de drenaje		Km/Km ²	2.24		
	Pendiente media del río principal		m/m	0.0957		
	Altitud Mínima del cauce		msnm	2511.00		
	Tiempo de concentracion		Hr.	1.41		
	Grado de ramificacion		-	5		

ANEXO II:
VARIABLES METEOROLÓGICAS

CUADRO N° 2.1: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

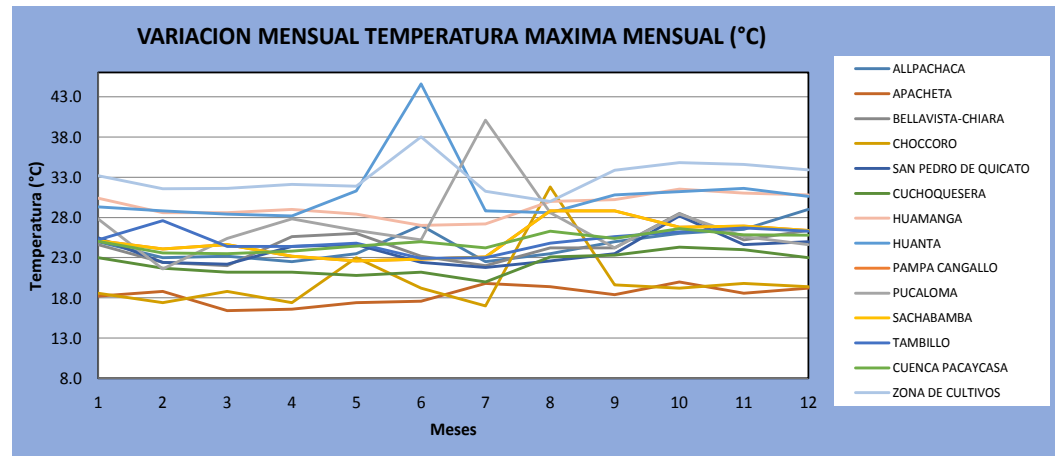
ESTACIONES	Altitud	MESES												MEDIA
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
ALLPACHACA	3550	10.646	10.608	10.476	9.9489	9.1254	8.387	8.1851	8.7745	9.6558	10.6	10.9	10.6	9.8
APACHETA	4150	7.0073	6.9375	6.8978	6.6018	5.7975	5.1991	4.7512	5.374	6.0547	7.3	7.6	6.8	6.4
BELLAVISTA-CHIARA	3587	14.248	12.3	12.929	13.385	12.969	12.758	16.309	13.655	13.353	13.7	14.3	13.5	13.6
CHOCORRO	4025	6.942	6.6667	6.6603	6.3822	5.7583	5.555	5.1704	5.2694	5.9989	6.4	7.2	7.3	6.3
SAN PEDRO DE QUICATO	3497	11.712	11.345	11.054	11.208	10.832	10.023	9.4743	10.25	11.111	12.2	12.1	12.0	11.1
CUCHOQUESERA	3724	9.9772	9.9084	9.6417	9.4265	8.844	8.259	7.8048	8.8238	9.393	10.2	10.5	10.1	9.4
HUAMANGA	2772	10.79	10.543	10.304	10.121	9.7271	9.2373	9.1242	9.4888	10.645	11.6	11.9	10.8	10.4
HUANTA	2722	16.903	16.318	16.495	15.94	16.086	15.374	15.169	16.108	16.555	18.0	17.6	17.1	16.5
PAMPA CANGALLO	3375	13.189	12.815	12.65	12.435	11.678	10.877	10.797	11.517	12.374	13.4	13.9	13.4	12.4
PUCALOMA	3490	12.238	12.06	11.759	12.045	11.92	10.972	11.11	11.852	12.417	13.1	13.5	12.8	12.2
SACHABAMBA	3544	12.869	12.677	12.52	12.233	11.483	10.658	10.555	10.787	12.149	13.1	13.7	13.2	12.2
TAMBILLO	3343	13.6	13.3	13.3	13.7	13.6	13.0	12.6	13.3	13.9	14.6	14.9	14.0	13.6
ECUACION DE REGRESION (Y = bX + a)	a	28.98	28.09	28.04	27.72	28.88	27.81	27.82	29.31	30.39	32.20	31.26	29.37	29.16
	b	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
	r	0.53	0.58	0.55	0.51	0.53	0.52	0.37	0.50	0.57	0.60	0.57	0.53	0.53
CUENCA PACAYCASA	3,457.3	11.80	11.40	11.34	11.23	10.77	10.15	10.21	10.57	11.27	12.17	12.47	11.93	11.28
SECTOR DE RIEGO	2,450.0	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01	16.49

VARIACION MENSUAL TEMPERATURA MEDIA (°C)



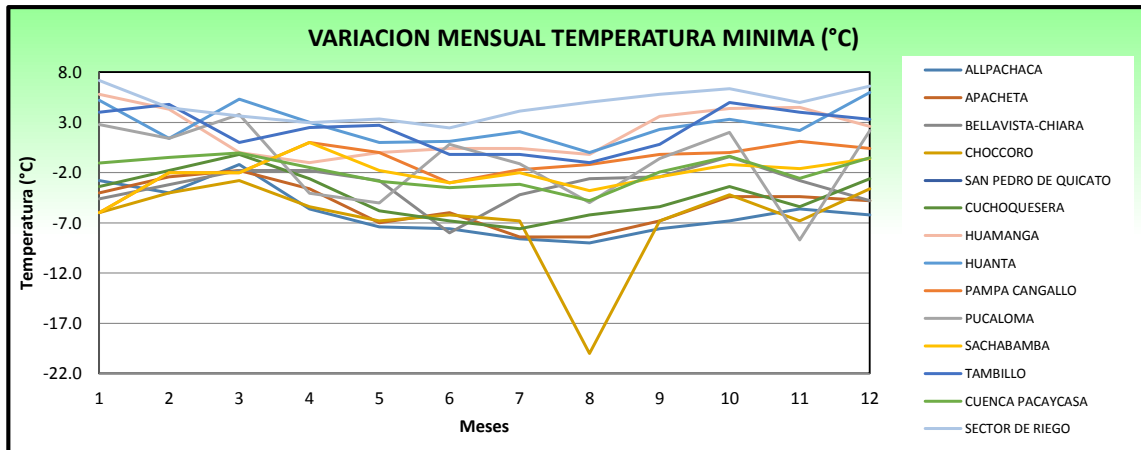
CUADRO N° 2.2: TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL

ESTACIONES	Altitud	MESES												MEDIA
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
ALLPACHACA	3550	25.0	23.0	23.2	22.5	23.5	27.0	22.5	23.5	25.0	26.0	26.5	29.0	24.7
APACHETA	4150	18.2	18.8	16.4	16.6	17.4	17.6	19.8	19.4	18.4	20.0	18.6	19.2	18.4
BELLAVISTA-CHIARA	3587	24.6	22.4	22.0	25.6	26.0	23.2	22.0	24.2	24.2	28.5	25.2	26.4	24.5
CHOCCORO	4025	18.6	17.4	18.8	17.4	23.0	19.2	17.0	31.8	19.6	19.2	19.8	19.4	20.1
SAN PEDRO DE QUICATO	3497	25.5	22.4	22.2	24.4	24.6	22.4	21.8	22.6	23.5	28.2	24.6	25.0	23.9
CUCHOQUESERA	3724	23.0	21.7	21.2	21.2	20.8	21.2	20.0	23.1	23.3	24.3	24.0	23.0	22.2
HUAMANGA	2772	30.4	28.6	28.6	29.0	28.4	27.0	27.2	30.0	30.2	31.5	31.0	30.8	29.4
HUANTA	2722	29.3	28.8	28.4	28.2	31.3	44.6	28.8	28.6	30.8	31.2	31.6	30.6	31.0
PAMPA CANGALLO	3375	25.1	24.1	24.6	23.2	22.6	22.8	23.1	28.8	28.8	26.8	26.9	26.4	25.3
PUCALOMA	3490	27.8	21.6	25.4	27.8	26.4	25.2	40.1	28.6	24.2	28.4	25.6	24.6	27.1
SACHABAMBA	3544	25.1	24.1	24.6	23.2	22.6	22.8	23.1	28.8	28.8	26.8	26.9	26.4	25.3
TAMBILLO	3343	25.2	27.6	24.4	24.4	24.8	22.9	23.0	24.8	25.6	26.2	26.7	26.3	25.2
ECUACION DE REGRESION (Y = bX + a)	a	53.02	50.98	51.35	52.22	49.95	69.77	48.42	39.02	54.43	54.75	55.92	53.70	52.79
	b	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
	r	0.86	0.87	0.91	0.78	0.74	0.63	0.24	0.17	0.81	0.81	0.93	0.82	0.71
CUENCA PACAYCASA	3,457.3	25.0	23.6	23.5	23.8	24.5	25.0	24.2	26.3	25.4	26.6	25.8	25.8	25.0
SECTOR DE RIEGO	2,450.0	33.2	31.6	31.6	32.1	31.9	38.0	31.3	30.0	33.9	34.8	34.6	33.9	33.1



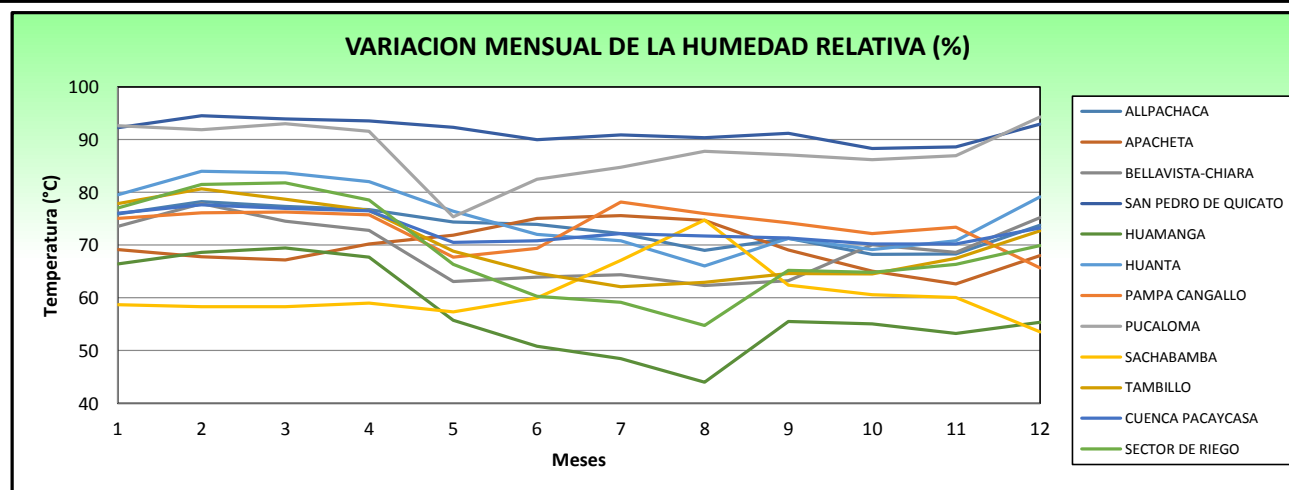
CUADRO N° 2.3: TEMPERATURA MINIMA MENSUAL

ESTACIONES	Altitud	MESES												MEDIA
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
ALLPACHACA	3550	-2.8	-4.0	-1.2	-5.6	-7.4	-7.6	-8.6	-9.0	-7.6	-6.8	-5.6	-6.2	-6.0
APACHETA	4150	-4.0	-2.4	-1.8	-3.6	-7.0	-6.0	-8.4	-8.4	-6.8	-4.4	-4.4	-4.8	-5.2
BELLAVISTA-CHIARA	3587	-4.6	-3.2	-1.8	-1.8	-2.8	-8.0	-4.2	-2.6	-2.4	-0.4	-2.8	-4.8	-3.3
CHOCCORO	4025	-6.0	-4.0	-2.8	-5.4	-6.8	-6.2	-6.8	-20.0	-6.8	-4.2	-6.8	-3.6	-6.6
SAN PEDRO DE QUICATO	3497	0.0	0.2	0.0	-2.8	-3.2	-5.2	-2.0	-3.0	-0.1	-0.8	-9.6	0.0	-2.2
CUCHOQUESERA	3724	-3.4	-1.8	-0.2	-2.6	-5.8	-6.8	-7.6	-6.2	-5.4	-3.4	-5.4	-2.6	-4.3
HUAMANGA	2772	5.8	4.3	0.0	-1.0	0.0	0.4	0.4	-0.2	3.6	4.4	4.5	2.6	2.1
HUANTA	2722	5.2	1.4	5.3	3.0	1.0	1.1	2.1	0.0	2.3	3.3	2.2	6.0	2.7
PAMPA CANGALLO	3375	-6.0	-2.0	-2.0	1.0	0.0	-3.0	-1.7	-1.2	-0.2	0.0	1.1	0.4	-1.1
PUCALOMA	3490	2.8	1.4	3.8	-4.0	-5.0	0.8	-1.1	-5.0	-0.6	2.0	-8.7	2.2	-1.0
SACHABAMBA	3544	-6.0	-2.0	-2.0	1.0	-1.8	-3.0	-2.0	-3.8	-2.4	-1.2	-1.6	-0.6	-2.1
TAMBILLO	3343	4.0	4.8	1.0	2.5	2.7	-0.2	-0.2	-1.0	0.8	5.0	4.0	3.3	2.2
ECUACION DE REGRESION (Y = bX + a)	a	27.16	16.52	12.63	13.88	18.47	16.95	21.92	28.83	24.66	22.79	23.34	23.92	20.92
	b	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
	r	0.56	0.47	0.39	0.40	0.57	0.52	0.68	0.53	0.74	0.57	0.43	0.61	0.54
CUENCA PACAYCASA	3,457.3	-1.1	-0.5	-0.1	-1.5	-2.9	-3.5	-3.2	-4.8	-1.9	-0.4	-2.6	-0.5	-1.9
SECTOR DE RIEGO	2,450.0	7.2	4.5	3.6	3.0	3.4	2.5	4.1	5.0	5.8	6.4	5.0	6.6	4.7



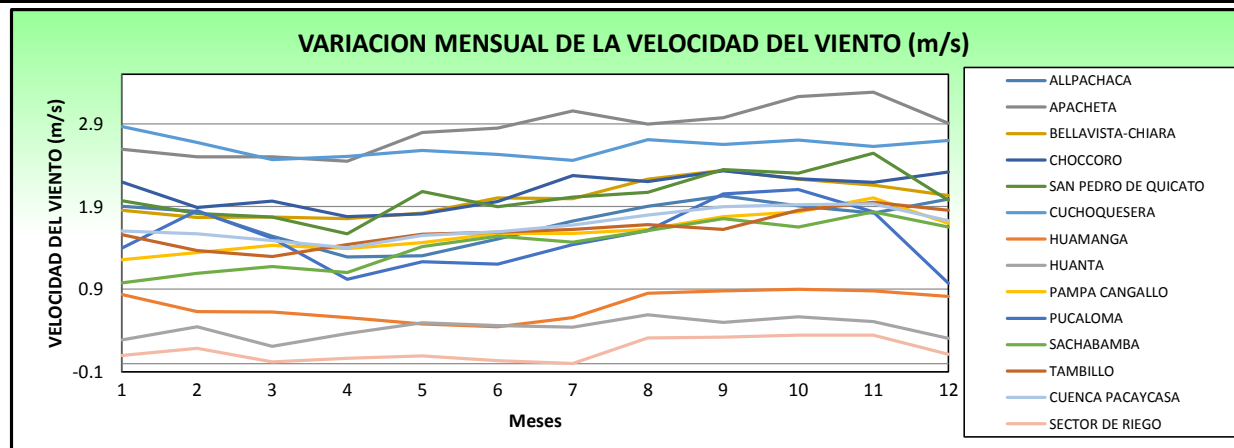
CUADRO Nº 2.4: VARIACION MENSUAL DE LA HUMEDAD RELATIVA (%)

ESTACIONES	Altitud msnm	MESES												MEDIA
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
ALLPACHACA	3550	76	78	77	77	74	74	72	69	71	68	68	74	73
APACHETA	4150	69	68	67	70	72	75	76	75	69	65	63	68	70
BELLAVISTA-CHIARA	3587	74	78	75	73	63	64	64	62	63	70	69	75	69
SAN PEDRO DE QUICATO	3497	92	95	94	94	92	90	91	90	91	88	89	93	92
HUAMANGA	2772	66	69	69	68	56	51	48	44	55	55	53	55	58
HUANTA	2722	80	84	84	82	76	72	71	66	71	69	71	79	75
PAMPA CANGALLO	3375	75	76	76	76	68	69	78	76	74	72	73	66	73
PUCALOMA	3490	93	92	93	92	75	82	85	88	87	86	87	94	88
SACHABAMBA	3544	59	58	58	59	57	60	67	75	62	61	60	54	61
TAMBILLO	3343	78	81	79	77	69	65	62	63	65	65	67	73	70
ECUACION DE REGRESION (Y = bX + a)	a	79.415	91.014	93.481	83.465	56.106	34.704	27.471	13.654	50.339	51.723	56.900	61.921	58.35
	b	-0.001	-0.004	-0.005	-0.002	0.004	0.010	0.013	0.017	0.006	0.005	0.004	0.003	0.004
	r	0.001	0.021	0.031	0.006	0.026	0.146	0.194	0.266	0.051	0.045	0.021	0.010	0.07
CUENCA PACAYCASA	3457.3	76.1	77.6	77.0	76.5	70.5	70.8	72.2	71.7	71.3	70.2	70.2	73.2	73.1
SECTOR DE RIEGO	2450.0	77.0	81.5	81.8	78.5	66.3	60.3	59.1	54.8	65.2	64.8	66.3	69.9	68.8



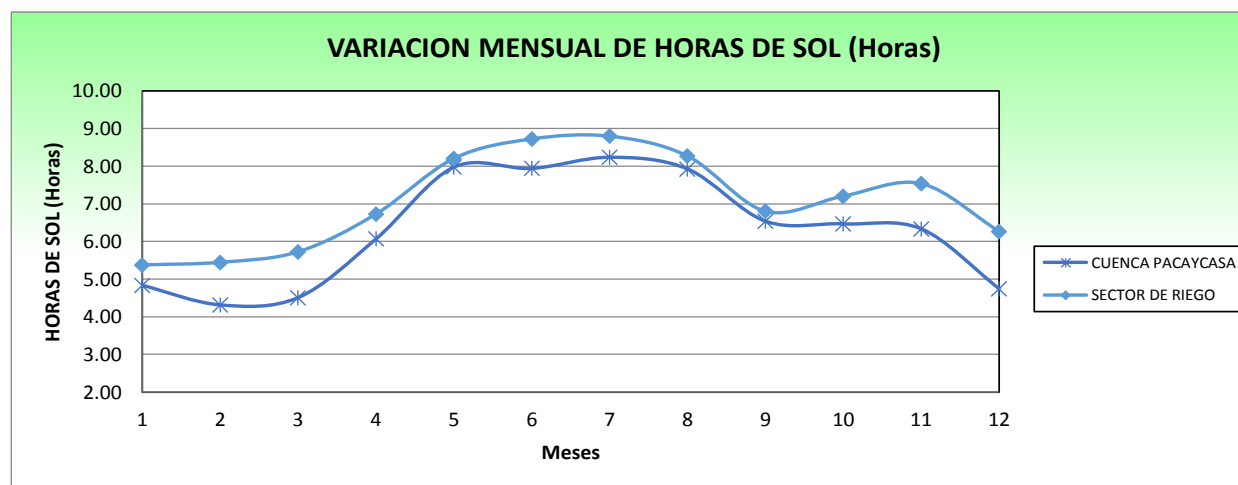
CUADRO Nº 2.5: VARIACION MENSUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

ESTACIONES	Altitud	MESES												MEDIA
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
ALLPACHACA	3550	1.9	1.8	1.5	1.3	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	1.9	1.8	2.0	1.7
APACHETA	4150	2.6	2.5	2.5	2.4	2.8	2.8	3.1	2.9	3.0	3.2	3.3	2.9	2.8
BELLAVISTA-CHIARA	3587	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.2	2.3	2.2	2.2	2.0	2.0
CHOCORO	4025	2.2	1.9	2.0	1.8	1.8	2.0	2.3	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	2.1
SAN PEDRO DE QUICATO	3497	2.0	1.8	1.8	1.6	2.1	1.9	2.0	2.1	2.3	2.3	2.5	2.0	2.0
CUCHOQUESERA	3724	2.9	2.7	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.6
HUAMANGA	2772	0.8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.6	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7
HUANTA	2722	0.3	0.4	0.2	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	0.5	0.6	0.5	0.3	0.4
PAMPA CANGALLO	3375	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.8	1.8	2.0	1.7	1.6
PUCALOMA	3490	1.4	1.9	1.5	1.0	1.2	1.2	1.4	1.6	2.1	2.1	1.8	1.0	1.5
SACHABAMBA	3544	1.0	1.1	1.2	1.1	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	1.6	1.8	1.7	1.4
TAMBILLO	3343	1.6	1.4	1.3	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.9	2.0	1.9	1.6
EQUACION DE REGRESION (Y = bX + a)	a	-3.57	-3.18	-3.54	-3.19	-3.46	-3.75	-4.08	-3.30	-3.52	-3.50	-3.52	-3.82	-3.54
	b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	r	0.71	0.74	0.84	0.73	0.74	0.82	0.90	0.85	0.87	0.84	0.81	0.79	0.80
CUENCA PACAYCASA	3457.3	1.6	1.6	1.5	1.4	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.7
SECTOR DE RIEGO	2450.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2



CUADRO Nº 2.6: VARIACION MENSUAL DE HORAS DE SOL (Horas)

ESTACIONES	Altitud	MESES												MEDIA
	msnm	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
ALLPACHACA	3550	3.24	1.84	3.02	-	-	-	-	5.98	5.54	5.07	5.20	2.20	4.01
APACHETA	4150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BELLAVISTA-CHIARA	3587	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHOCORO	4025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SAN PEDRO DE QUICATO	3497	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUCHOQUESERA	3724	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HUAMANGA	2772	5.37	5.44	5.72	6.73	8.20	8.72	8.80	8.27	6.80	7.20	7.53	6.26	7.09
HUANTA	2722	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAMPA CANGALLO	3375	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PUCALOMA	3490	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SACHABAMBA	3544	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAMBILLO	3343	4.84	4.32	4.51	6.07	7.97	7.94	8.24	7.93	6.54	6.47	6.34	4.75	6.32
CUENCA PACAYCASA	3457.3	4.84	4.32	4.51	6.07	7.97	7.94	8.24	7.93	6.54	6.47	6.34	4.75	6.32
SECTOR DE RIEGO	2450.0	5.37	5.44	5.72	6.73	8.20	8.72	8.80	8.27	6.80	7.20	7.53	6.26	7.09



**ANEXO III:
ANÁLISIS DE DATOS DE PRECIPITACIÓN**

CUADRO Nº 3.1: LONGITUD DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Nº	ESTACION	ALTITUD (msnm)	LONGITUD DE REGISTRO: PRECIPITACION MEDIA MENSUAL																						
			1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	ALLPACHACA	3550																							
2	APACHETA	4150																							
3	BELLAVISTA- CHIARA	3587																							
4	CUCHOQUESERA	3724																							
5	PUCALOMA	3490																							
6	HUANTA	2722																							

CUADRO N° 3.2: COMPLETACION DE DATOS FALTANTES

Estaciones

AÑO	PUCALOMA	HUANTA
	Dic.	Dic.
	x	y
1991	32.43	41.09
1992	47.46	60.14
1993	106.60	135.07
1994	51.29	64.98
1995	36.40	66.52
1996	105.00	85.53
1997	123.60	117.34
1998	61.10	75.12
1999	60.36	73.80
2000	51.26	85.80
2001	60.79	82.30
2002	57.64	120.00
2003	98.41	102.89
2004	115.06	98.75
2005	153.83	84.90
2006	125.21	80.90
2007	77.99	84.13
2008	125.89	63.90
2009	55.90	92.70
2010	102.70	88.70
2011	S/D	83.10
2012	142.40	131.30
Prom.	85.30	87.23

Estaciones completadas

AÑO	PUCALOMA	HUANTA
	Dic.	Dic.
	x	y
1991	32.43	41.09
1992	47.46	60.14
1993	106.60	135.07
1994	51.29	64.98
1995	36.40	66.52
1996	105.00	85.53
1997	123.60	117.34
1998	61.10	75.12
1999	60.36	73.80
2000	51.26	85.80
2001	60.79	82.30
2002	57.64	120.00
2003	98.41	102.89
2004	115.06	98.75
2005	153.83	84.90
2006	125.21	80.90
2007	77.99	84.13
2008	125.89	63.90
2009	55.90	92.70
2010	102.70	88.70
2011	81.27	83.10
2012	142.40	131.30
Prom.	85.12	87.23

Método de los promedios

$$\bar{X} : \text{Estación a completar} \quad S / D = \frac{\bar{X}}{\bar{Y}} * Y'$$

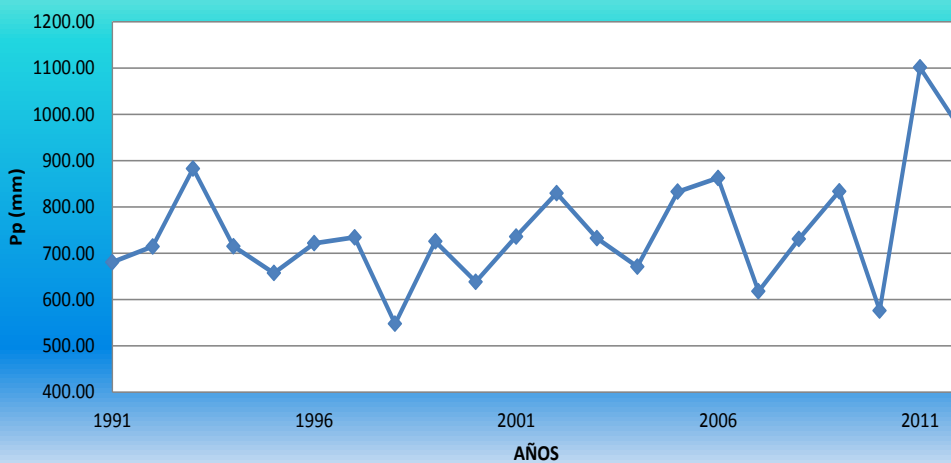
$$\bar{Y} : \text{Estación con datos completos}$$

**Cuadro N° 3.5: REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)
ESTACION DE CHIARA COMPLETADA**

Estación:	CHIARA	Latitud:	: 13°16'00"	Dpto:	Ayacucho
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)	Longitud:	: 74°12'27"	Prov:	Huamanga
		Altitud:	: 3400.0 msnm	Dist:	Chiara

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
1991	160.93	109.28	103.69	24.71	9.92	3.92	9.31	22.68	23.78	75.42	64.56	72.22	680.43
1992	77.09	155.21	99.46	80.29	5.61	12.39	25.40	44.19	18.45	104.58	37.33	54.28	714.29
1993	133.90	113.80	140.90	85.00	18.40	8.00	12.60	16.50	39.00	64.00	94.30	156.40	882.80
1994	177.60	135.60	117.80	39.60	15.20	2.00	0.00	3.30	30.30	50.10	56.30	87.00	714.80
1995	143.00	108.50	159.30	30.00	9.70	2.50	12.20	5.40	26.00	33.40	85.00	42.10	657.10
1996	118.30	183.80	166.60	65.20	3.90	1.30	5.30	10.70	22.20	38.00	19.40	86.60	721.30
1997	147.20	124.80	72.60	41.00	6.50	1.30	11.70	42.70	39.60	42.70	78.80	125.20	734.10
1998	130.70	76.60	89.40	19.30	4.90	12.90	10.60	26.20	6.10	33.10	51.30	86.20	547.30
1999	182.20	126.80	101.60	78.50	16.40	6.00	10.20	0.00	41.50	21.20	56.70	84.35	725.45
2000	135.49	156.97	103.73	12.78	8.83	14.76	38.62	16.87	9.89	51.01	19.51	69.72	638.18
2001	186.89	92.52	127.06	31.24	38.31	6.66	19.59	20.05	12.14	25.37	103.57	72.54	735.93
2002	111.48	109.51	116.66	27.81	29.02	6.05	33.74	23.23	71.17	83.49	130.20	87.29	829.65
2003	32.93	186.80	190.15	59.71	18.61	1.18	1.99	38.47	20.11	19.19	42.97	119.96	732.07
2004	66.17	77.02	94.57	26.92	13.30	10.88	31.43	25.19	32.81	40.08	63.52	188.88	670.78
2005	154.82	87.64	138.66	50.24	16.77	1.18	8.22	20.46	39.62	124.58	44.01	146.51	832.73
2006	161.63	127.81	191.42	70.44	1.18	17.46	1.18	48.39	11.57	57.63	83.72	90.07	862.51
2007	129.89	86.37	126.77	29.23	8.17	1.18	3.72	1.18	4.53	37.54	67.67	121.12	617.39
2008	170.31	144.53	119.16	56.45	7.65	5.22	1.18	4.58	18.47	85.38	22.68	95.08	730.68
2009	167.10	183.20	121.40	82.30	22.10	1.80	14.20	1.10	3.30	45.20	107.10	84.70	833.50
2010	147.20	52.30	95.80	52.60	13.70	5.20	0.00	22.80	13.80	33.50	23.50	115.60	576.00
2011	225.50	316.90	179.00	89.50	10.00	0.00	18.50	0.00	71.50	34.50	56.60	99.00	1101.00
2012	96.00	239.00	173.50	118.10	3.00	11.50	5.50	2.00	18.00	41.10	66.00	194.00	967.70
PROM	138.92	136.13	128.60	53.22	12.78	6.06	12.51	18.00	26.08	51.87	62.49	103.58	750.26

**Gráfico N° 3.3: HISTOGRAMA DE PRECIPITACION ANUAL
HISTORICA - CHIARA**



**Cuadro N° 2.6: REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)
ESTACION DE CUCHOQUESERA COMPLETADA**

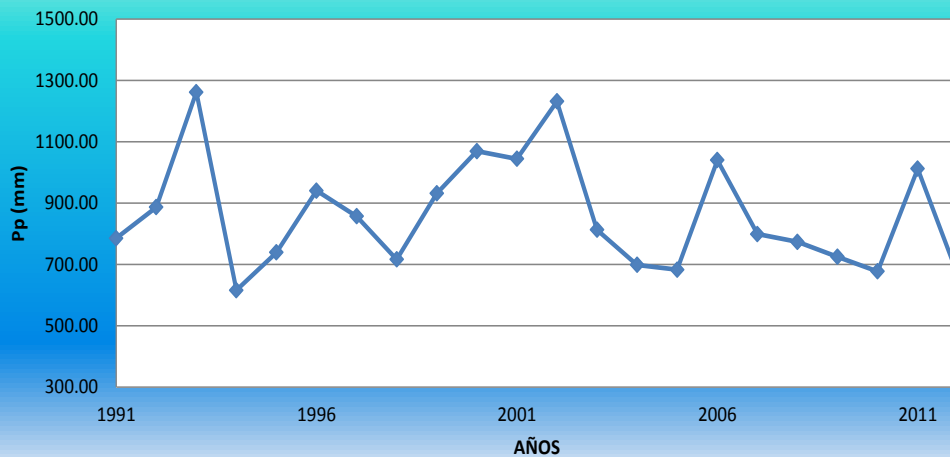
Estación: CUCHOQUESERA
Parámetro: Precipitación Mensual (mm)

Latitud: :13°25'50"
Longitud: : 74°20'32"
Altitud: : 3724.0 msnm

Dpto: Ayacucho
Prov: Cangallo
Dist: Chuschi

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
1991	134.79	193.69	147.56	57.23	27.55	13.12	14.37	9.65	16.67	62.40	56.78	51.29	785.09
1992	91.00	163.80	157.00	40.80	0.00	42.10	39.30	63.70	11.70	117.60	54.80	104.40	886.20
1993	274.70	184.20	227.60	96.30	37.20	4.10	35.50	25.10	28.50	94.00	116.30	138.00	1261.50
1994	169.10	144.60	115.70	59.20	14.20	3.40	0.00	0.00	14.20	12.90	44.40	38.00	615.70
1995	129.70	153.90	184.60	51.80	2.70	5.50	4.80	4.70	27.10	15.60	73.10	85.40	738.90
1996	214.60	205.60	175.40	87.30	15.70	4.10	2.10	25.10	6.90	42.70	59.60	100.90	940.00
1997	188.20	171.00	79.80	63.60	12.30	0.00	0.70	57.50	52.80	27.70	68.40	134.70	856.70
1998	169.10	148.00	115.70	46.10	2.10	10.20	0.00	5.50	11.60	37.40	53.60	116.50	715.80
1999	145.90	228.00	157.00	98.80	6.10	4.10	4.10	2.70	42.80	111.90	31.90	98.16	931.46
2000	136.90	271.90	152.78	74.36	40.56	33.90	18.25	11.49	36.10	75.04	33.80	183.87	1068.95
2001	248.50	149.40	234.71	33.12	75.71	6.08	12.84	17.58	17.58	18.93	89.64	139.90	1043.98
2002	122.76	199.42	194.69	43.26	13.53	4.46	101.54	97.13	95.05	98.97	63.68	196.99	1231.47
2003	172.30	141.50	143.70	53.90	16.50	0.00	1.30	29.90	23.60	45.40	55.70	128.60	812.40
2004	50.80	147.80	134.70	29.80	5.20	20.00	12.80	16.20	54.40	28.20	49.10	149.20	698.20
2005	129.10	77.20	140.40	40.20	0.00	0.00	13.00	12.60	51.60	64.52	24.30	129.50	682.42
2006	209.20	160.90	197.20	60.60	4.20	8.20	4.00	48.20	10.60	83.80	125.30	127.40	1039.60
2007	136.60	104.50	229.10	71.80	7.70	0.00	7.30	10.10	28.20	58.00	37.80	107.50	798.60
2008	230.80	181.58	153.10	16.60	13.70	10.20	2.60	0.80	18.38	40.61	26.84	78.20	773.41
2009	137.82	143.60	68.30	60.30	22.30	2.50	33.00	12.10	24.60	40.33	91.50	88.20	724.55
2010	207.10	140.70	115.90	51.80	8.10	0.40	5.40	4.40	21.00	29.20	10.50	82.30	676.80
2011	225.90	275.20	124.40	88.30	4.50	2.50	12.40	8.40	27.10	54.30	70.20	118.80	1012.00
2012	121.90	210.10	123.50	105.30	5.00	4.60	1.20	0.30	7.50	34.31	50.80	0.00	664.51
PROM	165.76	172.57	153.31	60.48	15.22	8.16	14.84	21.05	28.54	54.26	58.55	108.99	861.74

**Gráfico N° 3.4: HISTOGRAMA DE PRECIPITACION ANUAL
HISTORICA - CUCHOQUESERA**

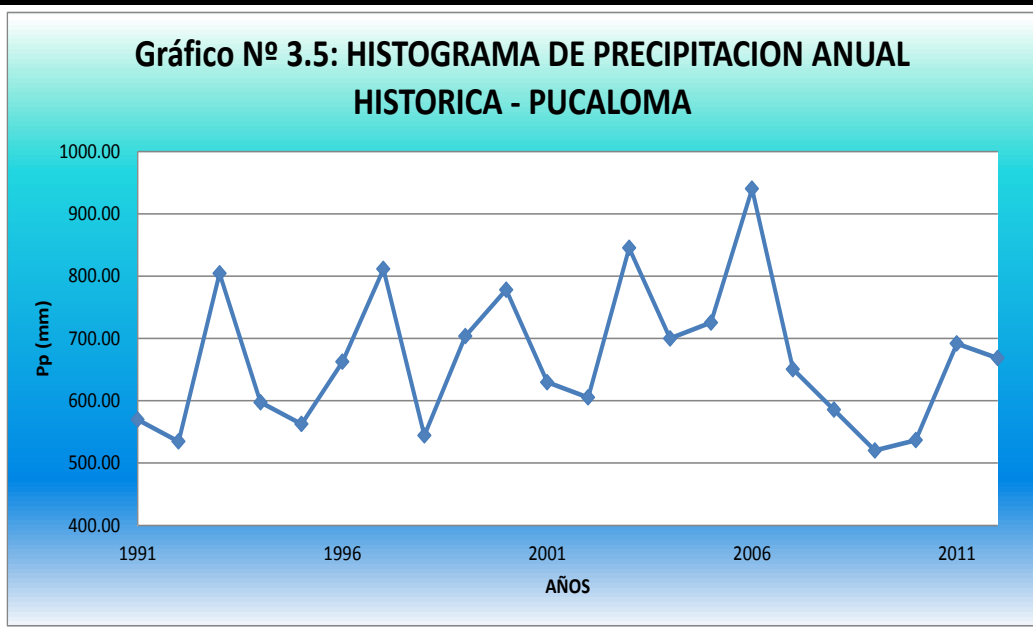


**Cuadro Nº 3.7: REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)
ESTACION DE PUCALOMA COMPLETADA**

Estación:	PUCALOMA	Latitud:	: 13° 12' 20" S	Dpto:	Ayacucho
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)	Longitud:	: 74° 17' 54" W	Prov:	Huamanga
		Altitud:	: 3490.0 msnm	Dist:	Socos

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
1991	100.47	159.67	110.21	29.62	8.01	7.13	7.87	4.40	15.11	42.72	51.96	32.43	569.59
1992	75.35	139.17	92.86	24.54	1.62	15.25	15.00	17.37	11.37	61.32	33.21	47.46	534.52
1993	149.94	120.52	141.55	52.34	10.55	6.15	17.13	11.54	33.85	55.72	98.54	106.60	804.43
1994	124.89	147.25	127.69	39.80	7.35	3.85	0.58	1.91	22.33	20.82	49.79	51.29	597.55
1995	103.01	95.07	123.60	26.70	6.20	5.30	5.00	7.70	21.60	33.70	98.20	36.40	562.48
1996	127.00	145.20	143.30	41.10	0.20	0.00	4.00	16.50	29.10	23.50	27.70	105.00	662.60
1997	160.90	175.60	69.90	30.00	3.40	0.00	0.00	27.40	43.70	34.50	142.50	123.60	811.50
1998	155.40	121.90	96.40	15.20	2.20	7.90	0.00	2.90	12.40	42.60	26.20	61.10	544.20
1999	101.80	207.20	128.40	65.60	8.30	10.40	6.10	0.00	49.70	28.70	37.00	60.36	703.56
2000	98.04	231.60	175.44	22.48	22.04	26.64	39.84	9.58	14.18	66.84	20.26	51.26	778.19
2001	129.89	83.45	122.32	15.51	28.01	10.31	21.17	11.05	24.36	29.97	92.93	60.79	629.76
2002	95.90	167.86	74.85	20.26	14.32	6.61	43.55	9.28	33.31	46.66	34.94	57.64	605.19
2003	91.32	223.64	225.13	92.80	14.32	4.38	2.60	9.13	16.99	23.77	42.82	98.41	845.33
2004	71.96	172.70	105.46	22.97	7.01	17.60	24.33	12.59	60.04	33.06	57.17	115.06	699.93
2005	89.83	115.12	146.98	29.53	4.43	1.71	21.74	7.90	43.25	56.97	54.13	153.83	725.44
2006	180.97	145.30	119.65	55.64	1.71	16.55	1.71	6.04	2.77	207.55	77.15	125.21	940.26
2007	180.85	90.23	123.36	74.28	1.71	4.43	2.12	1.71	16.43	45.85	31.63	77.99	650.60
2008	139.98	132.41	54.87	20.85	26.49	9.58	1.71	1.71	14.77	35.83	21.49	125.89	585.60
2009	127.80	72.55	51.36	44.88	23.50	0.00	8.00	1.50	3.50	40.31	90.91	55.90	520.21
2010	134.00	114.20	101.20	2.30	4.00	0.00	0.00	5.70	16.20	29.60	26.70	102.70	536.60
2011	175.30	185.40	140.70	29.50	9.10	0.00	13.14	0.00	11.10	22.30	24.00	81.27	691.81
2012	96.90	193.40	95.50	91.70	4.90	0.00	2.30	12.00	5.40	8.70	15.20	142.40	668.40
PROM	123.25	147.25	116.85	38.53	9.52	6.99	10.81	8.09	22.79	45.05	52.47	85.12	666.72

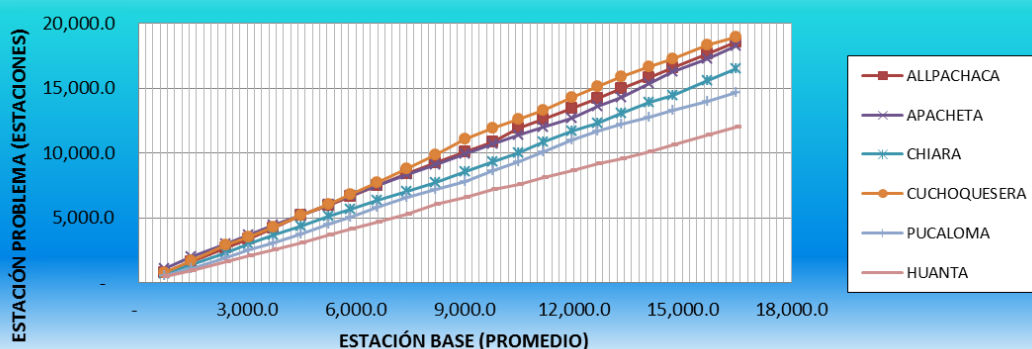
**Gráfico Nº 3.5: HISTOGRAMA DE PRECIPITACION ANUAL
HISTORICA - PUCALOMA**



Cuadro N° 3.9: CURVA DOBLE MASA (1991 - 2012)

Año	ALLPACHACA		APACHETA		CHIARA		CUCHOQUESERA		PUCALOMA		HUANTA		PROMEDIO	
	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.
1991	750.5	750.5	1,075.2	1,075.2	680.4	680.4	785.1	785.1	569.6	569.6	460.1	460.1	720.1	720.1
1992	909.4	1,659.9	916.0	1,991.2	714.3	1,394.7	886.2	1,671.3	534.5	1,104.1	449.8	910.0	735.0	1,455.2
1993	1,060.4	2,720.2	1,012.7	3,003.9	882.8	2,277.5	1,261.5	2,932.8	804.4	1,908.5	692.4	1,602.4	952.4	2,407.6
1994	669.2	3,389.4	711.3	3,715.2	714.8	2,992.3	615.7	3,548.5	597.5	2,506.1	485.4	2,087.7	632.3	3,039.9
1995	847.3	4,236.7	699.3	4,414.6	657.1	3,649.4	738.9	4,287.4	562.5	3,068.6	490.2	2,577.9	665.9	3,705.8
1996	970.6	5,207.3	772.0	5,186.5	721.3	4,370.7	940.0	5,227.4	662.6	3,731.2	527.4	3,105.3	765.7	4,471.4
1997	779.2	5,986.5	841.7	6,028.2	734.1	5,104.8	856.7	6,084.1	811.5	4,542.7	552.5	3,657.9	762.6	5,234.0
1998	676.7	6,663.2	689.7	6,718.0	547.3	5,652.1	715.8	6,799.9	544.2	5,086.9	477.3	4,135.2	608.5	5,842.5
1999	796.1	7,459.3	807.8	7,525.7	725.5	6,377.6	931.5	7,731.3	703.6	5,790.4	539.8	4,675.0	750.7	6,593.2
2000	963.8	8,423.1	798.5	8,324.2	638.2	7,015.7	1,068.9	8,800.3	778.2	6,568.6	591.0	5,266.0	806.4	7,399.7
2001	791.6	9,214.7	766.5	9,090.8	735.9	7,751.7	1,044.0	9,844.3	629.8	7,198.4	742.6	6,008.7	785.1	8,184.7
2002	833.9	10,048.6	866.7	9,957.4	829.7	8,581.3	1,231.5	11,075.7	605.2	7,803.6	578.8	6,587.5	824.3	9,009.0
2003	771.2	10,819.8	759.8	10,717.3	732.1	9,313.4	812.4	11,888.1	845.3	8,648.9	599.6	7,187.1	753.4	9,762.4
2004	1,095.3	11,915.1	690.6	11,407.8	670.8	9,984.2	698.2	12,586.3	699.9	9,348.8	420.8	7,608.0	712.6	10,475.0
2005	705.1	12,620.2	617.7	12,025.6	832.7	10,816.9	682.4	13,268.8	725.4	10,074.3	509.2	8,117.2	678.8	11,153.8
2006	818.6	13,438.8	639.3	12,664.9	862.5	11,679.4	1,039.6	14,308.4	940.3	11,014.5	506.1	8,623.3	801.1	11,954.9
2007	773.7	14,212.5	909.4	13,574.3	617.4	12,296.8	798.6	15,107.0	650.6	11,665.1	571.0	9,194.3	720.1	12,675.0
2008	714.3	14,926.8	731.4	14,305.7	730.7	13,027.5	773.4	15,880.4	585.6	12,250.7	351.3	9,545.6	647.8	13,322.8
2009	860.1	15,786.9	1,071.1	15,376.8	833.5	13,861.0	724.6	16,604.9	520.2	12,770.9	554.5	10,100.1	760.7	14,083.4
2010	790.3	16,577.2	881.9	16,258.6	576.0	14,437.0	676.8	17,281.7	536.6	13,307.5	538.1	10,638.2	666.6	14,750.0
2011	1,080.5	17,657.7	1,010.5	17,269.1	1,101.0	15,538.0	1,012.0	18,293.7	691.8	13,999.4	759.8	11,398.0	942.6	15,692.6
2012	900.3	18,558.0	979.4	18,248.5	967.7	16,505.7	664.5	18,958.2	668.4	14,667.8	606.5	12,004.4	797.8	16,490.4

Gráfico N° 3.7: ANALISIS DE DOBLE MASA (1991 - 2012)

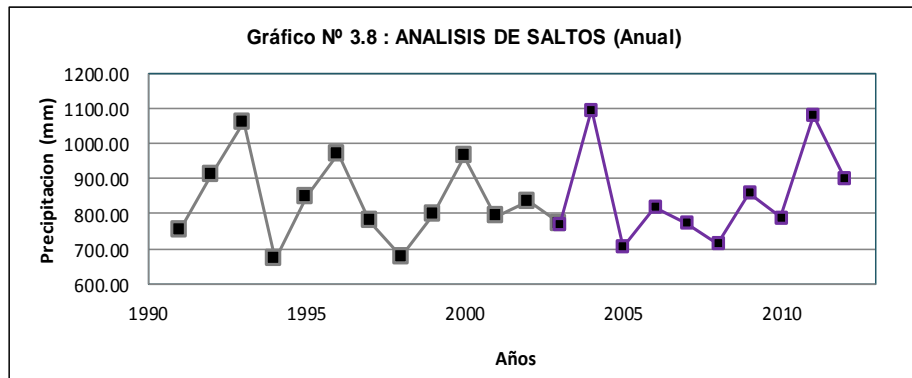
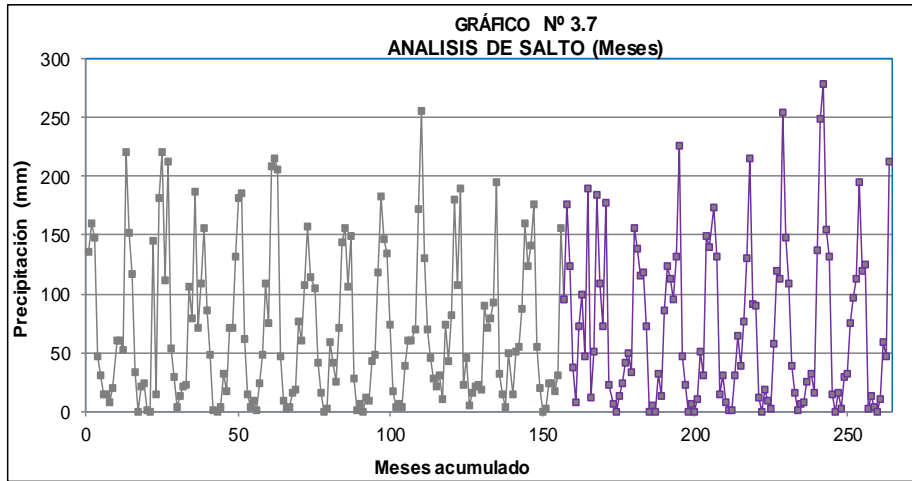


ANALISIS DE CORRELACIÓN

	ALLPACHACA	APACHETA	CHIARA	CUCHOQUESERA	PUCALOMA	HUANTA
ALLPACHACA	1.0000					
APACHETA	0.9988	1.0000				
CHIARA	0.9990	0.9989	1.0000			
CUCHOQUESERA	0.9982	0.9959	0.9960	1.0000		
PUCALOMA	0.9986	0.9961	0.9978	0.9983	1.0000	
HUANTA	0.9992	0.9983	0.9982	0.9989	0.9982	1.0000

CUADRO Nº 3.10
ANALISIS ESTADISTICO DE LA PRECIPITACIÓN DEL PERIODO 1991 - 2012
ESTACIÓN ALLPACHACA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1991	135.23	160.22	148.43	47.19	30.42	14.29	15.16	7.39	19.87	60.23	59.96	52.08	750.46
1992	220.50	151.60	117.20	34.00	0.00	20.80	23.40	1.30	0.00	144.90	14.50	181.20	909.40
1993	220.16	112.20	212.50	53.40	30.00	3.90	13.00	20.80	22.10	106.40	79.40	186.50	1060.36
1994	71.70	109.20	156.30	86.50	48.20	1.30	0.00	3.90	32.50	17.50	71.60	70.50	669.20
1995	132.10	182.20	185.20	62.00	15.00	4.00	8.50	1.30	24.00	48.80	109.20	75.00	847.30
1996	208.90	215.50	206.40	46.90	9.30	1.80	3.60	15.20	18.70	76.40	60.70	107.20	970.60
1997	157.60	114.50	105.40	41.20	15.90	0.00	2.50	59.00	41.90	25.40	71.30	144.50	779.20
1998	156.50	106.00	149.40	27.50	1.30	6.40	0.00	11.50	8.90	42.70	48.30	118.20	676.70
1999	182.60	147.10	134.80	73.20	16.70	4.10	5.80	3.72	38.30	60.30	60.10	69.40	796.12
2000	172.90	256.30	130.60	70.10	45.10	27.60	21.90	30.10	10.70	73.50	42.50	82.50	963.80
2001	180.60	108.00	190.10	22.10	45.90	5.00	15.70	20.80	23.20	19.10	89.90	71.20	791.60
2002	79.30	92.52	195.30	32.20	14.50	3.70	49.00	14.60	50.70	55.50	86.93	159.60	833.86
2003	124.20	141.50	176.00	55.30	20.20	0.00	2.00	23.60	23.60	17.40	31.10	156.30	771.20
2004	95.40	176.50	123.50	36.80	7.20	72.30	99.80	47.10	189.70	11.90	51.40	183.70	1095.30
2005	108.50	72.30	178.20	22.00	5.90	0.00	13.40	24.10	40.80	50.00	34.00	155.92	705.12
2006	138.00	115.60	118.70	72.30	0.00	5.40	0.00	32.10	13.50	85.40	124.20	113.40	818.60
2007	95.80	132.40	226.60	46.40	23.20	0.00	6.90	0.00	11.10	50.80	30.60	149.90	773.70
2008	140.00	173.60	132.30	15.00	30.70	8.20	1.40	1.50	31.10	64.70	39.30	76.50	714.30
2009	130.40	215.40	91.50	90.40	12.00	0.00	18.20	9.20	2.60	57.10	120.10	113.20	860.10
2010	255.00	148.10	108.30	39.00	15.50	0.40	5.90	8.00	25.30	31.90	16.00	136.90	790.30
2011	249.60	279.10	155.00	132.00	14.40	0.00	15.20	2.20	30.00	31.70	74.90	96.40	1080.50
2012	113.30	195.40	119.40	124.90	3.00	13.30	3.20	0.00	10.60	58.70	46.30	212.20	900.30
MEDIA	153.10	154.78	152.78	55.93	18.38	8.75	14.75	15.34	30.42	54.11	61.92	123.29	843.55



CUADRO N° 3.11

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 2003, para el cual se le realizara el análisis estadístico, es decir el análisis de asaltos y tendencias para los periodos citados

NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS PERIODOS DE ANALISIS DE LA ESTACION ALLPACHACA

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2	
1991	2003	156	69.36	64.35	4140.68
2004	2012	108	71.65	69.14	4779.85

ANALISIS DE SALTOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
66.35	8.30	0.28	0.05	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significatia

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.
1.15	0.05	107	155	1.34	Fc < Ft	NO Existe diferencia significatia

ANALISIS DE TENDENCIA

TENDENCIA EN LA MEDIA

n = 264
 Tm = 70.30
 t = 132.50
 STm = 66.23
 St = 76.35
 Tm*t = 9283.47

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
-0.01	-0.005	70.99	-0.10	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significatia

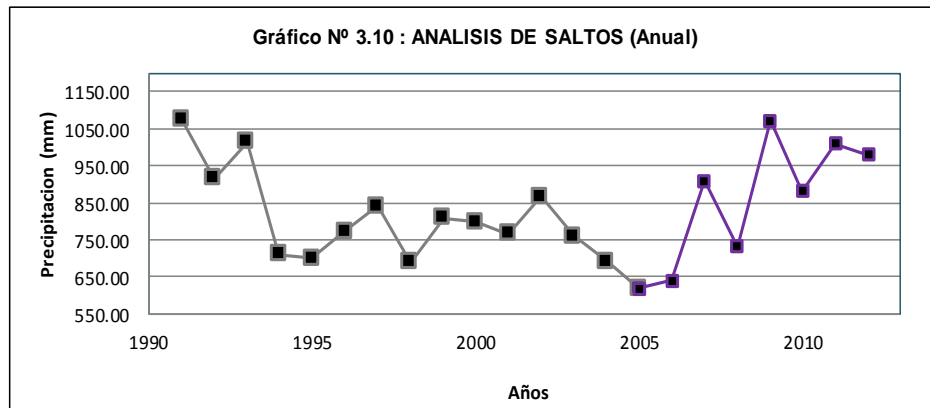
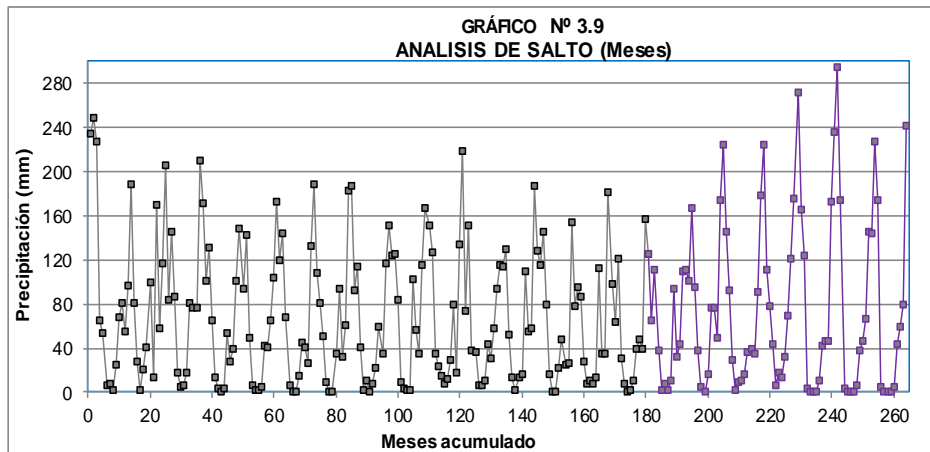
TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 22
 Tm = 67.22
 t = 11.50
 STm = 11.85
 St = 6.49
 Tm*t = 790.60

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.23	0.416	62.44	1.10	20	2.09	Tc < Tt	NO Existe diferencia significatia

CUADRO Nº 3.12
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECIPITACIÓN DEL PERIODO 1991 - 2012
ESTACIÓN APACHETA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1991	234.32	248.04	227.35	65.68	53.77	6.99	7.14	2.45	25.15	67.86	80.93	55.51	1075.20
1992	96.60	188.28	81.18	27.61	2.45	20.48	41.40	99.71	13.98	169.23	57.72	117.39	916.03
1993	205.96	83.10	145.97	86.53	18.47	5.20	6.72	17.12	80.78	75.93	77.04	209.89	1012.70
1994	171.55	101.54	131.68	65.81	12.86	3.26	0.23	2.83	53.28	28.37	38.92	100.98	711.30
1995	148.11	94.24	142.34	48.92	6.52	1.82	1.79	4.60	42.09	41.12	64.42	103.37	699.33
1996	172.82	119.70	143.80	67.34	6.87	0.77	0.68	15.54	44.63	41.04	25.89	132.90	771.99
1997	187.96	107.96	81.05	50.08	9.22	0.11	0.72	34.68	93.47	32.69	61.41	182.34	841.68
1998	186.88	92.78	114.07	41.26	2.64	10.67	0.26	7.24	22.47	59.24	35.49	116.73	689.74
1999	150.85	123.85	125.78	84.40	8.66	3.22	1.67	1.38	102.41	55.86	35.02	114.68	807.77
2000	167.38	150.79	126.90	35.43	23.14	14.45	8.10	12.69	28.83	79.99	17.47	133.33	798.49
2001	218.24	73.73	150.47	37.23	36.91	5.80	6.13	11.24	43.77	31.17	57.60	94.23	766.52
2002	115.87	113.46	130.32	51.95	13.72	2.65	14.10	16.67	109.40	54.39	57.69	186.48	866.69
2003	127.52	114.96	145.63	79.89	16.20	0.15	0.29	22.19	48.44	24.33	25.96	154.26	759.81
2004	78.33	95.58	86.74	28.43	7.43	10.73	7.12	13.09	112.73	34.58	35.02	180.80	690.58
2005	98.27	63.39	121.45	30.70	8.00	0.00	2.50	10.50	39.00	47.50	39.20	157.20	617.72
2006	125.00	64.80	110.50	38.50	2.00	8.00	2.50	10.50	93.10	32.00	43.40	109.00	639.30
2007	111.60	101.60	166.80	95.00	38.00	4.50	0.00	16.25	76.00	76.75	48.84	174.09	909.43
2008	224.66	145.42	92.04	29.20	2.00	8.60	10.80	16.90	35.90	40.00	35.40	90.50	731.42
2009	178.50	223.95	110.80	77.80	44.00	6.00	17.20	13.80	32.70	69.90	120.80	175.60	1071.05
2010	271.20	164.90	123.80	2.85	1.20	0.19	0.03	9.90	42.00	46.10	46.60	173.10	881.86
2011	236.20	293.80	173.90	3.62	0.44	0.07	0.79	5.80	38.10	46.00	65.90	145.88	1010.50
2012	143.70	227.50	173.40	4.69	0.52	0.86	0.30	5.10	43.20	59.70	78.80	241.60	979.37
MEDIA	165.98	136.06	132.09	47.86	14.32	5.21	5.93	15.92	55.52	55.17	52.25	143.18	829.48



CUADRO Nº 3.13

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 2005, para el cual se le realizara el análisis estadístico, es decir el análisis de asaltos y tendencias para los periodos citados

NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS PERIODOS DE ANALISIS DE LA ESTACION APACHETA

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2	
1991	2005	180	66.81	60.43	3651.89
2006	2012	84	74.08	75.74	5736.42

ANALISIS DE SALTOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
65.67	8.68	0.84	0.05	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significatia

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.
1.57	0.05	83	179	1.35	Fc > Ft	OK Existe diferencia significativo

ANALISIS DE TENDENCIA

TENDENCIA EN LA MEDIA

n = 264
 Tm = 69.12
 t = 132.50
 STm = 65.63
 St = 76.35
 Tm*t = 9140.77

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.00	-0.003	69.53	-0.06	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significatia

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 22
 Tm = 65.76
 t = 11.50
 STm = 15.14
 St = 6.49
 Tm*t = 784.34

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.29	0.666	58.10	1.40	20	2.09	Tc < Tt	NO Existe diferencia significatia

CUADRO N° 3.14

De este analisis se concluye que en la media los datos reflejan que son estadisticamente iguales y en el analisis de la desviacion estandar de los datos reflejan que son estadisticamente diferentes, por lo tanto se necesita una correccion por salto, la correccion para el primer periodo se realizara mediante la ecuacion:

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

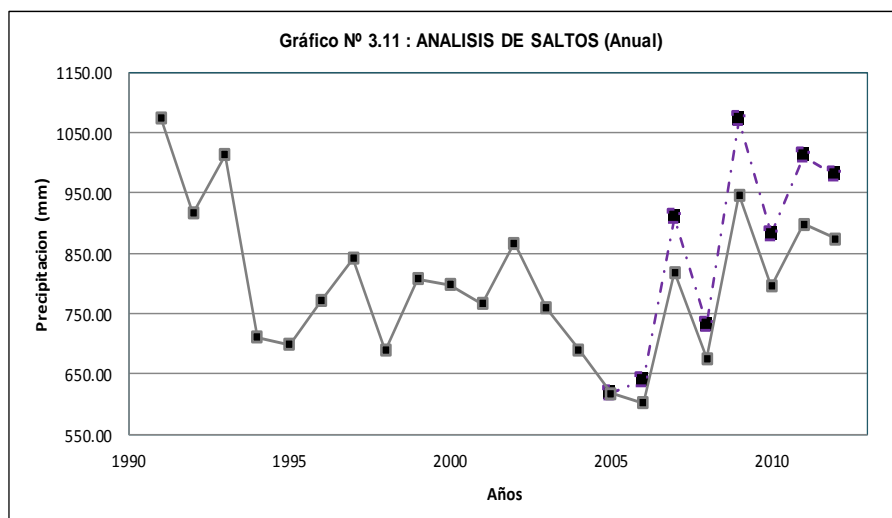
Donde : $X't$: Valor corregido de la informacion

Xt : Valor a ser corregido

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR
1991 - 2005	180	66.81	60.43
2006 - 2012	84	74.08	75.74

DATOS CORREGIDOS POR TENDENCIA 1991 - 2012

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	234.32	248.04	227.35	65.68	53.77	6.99	7.14	2.45	25.15	67.86	80.93	55.51	1075.20
1992	96.60	188.28	81.18	27.61	2.45	20.48	41.40	99.71	13.98	169.23	57.72	117.39	916.03
1993	205.96	83.10	145.97	86.53	18.47	5.20	6.72	17.12	80.78	75.93	77.04	209.89	1012.70
1994	171.55	101.54	131.68	65.81	12.86	3.26	0.23	2.83	53.28	28.37	38.92	100.98	711.30
1995	148.11	94.24	142.34	48.92	6.52	1.82	1.79	4.60	42.09	41.12	64.42	103.37	699.33
1996	172.82	119.70	143.80	67.34	6.87	0.77	0.68	15.54	44.63	41.04	25.89	132.90	771.99
1997	187.96	107.96	81.05	50.08	9.22	0.11	0.72	34.68	93.47	32.69	61.41	182.34	841.68
1998	186.88	92.78	114.07	41.26	2.64	10.67	0.26	7.24	22.47	59.24	35.49	116.73	689.74
1999	150.85	123.85	125.78	84.40	8.66	3.22	1.67	1.38	102.41	55.86	35.02	114.68	807.77
2000	167.38	150.79	126.90	35.43	23.14	14.45	8.10	12.69	28.83	79.99	17.47	133.33	798.49
2001	218.24	73.73	150.47	37.23	36.91	5.80	6.13	11.24	43.77	31.17	57.60	94.23	766.52
2002	115.87	113.46	130.32	51.95	13.72	2.65	14.10	16.67	109.40	54.39	57.69	186.48	866.69
2003	127.52	114.96	145.63	79.89	16.20	0.15	0.29	22.19	48.44	24.33	25.96	154.26	759.81
2004	78.33	95.58	86.74	28.43	7.43	10.73	7.12	13.09	112.73	34.58	35.02	180.80	690.58
2005	98.27	63.39	121.45	30.70	8.00	0.00	2.50	10.50	39.00	47.50	39.20	157.20	617.72
2006	107.43	59.40	95.87	38.42	9.30	14.08	9.69	16.08	81.98	33.23	42.33	94.67	602.48
2007	96.74	88.76	140.79	83.50	38.02	11.29	7.70	20.67	68.34	68.94	46.67	146.60	818.01
2008	186.95	123.73	81.14	31.00	9.30	14.56	16.32	21.18	36.34	39.61	35.94	79.91	675.98
2009	150.12	186.39	96.10	69.77	42.81	12.49	21.42	18.71	33.79	63.47	104.08	147.81	946.97
2010	224.09	139.27	106.48	9.97	8.66	7.85	7.72	15.60	41.21	44.48	44.88	145.81	796.01
2011	196.16	242.12	146.45	10.59	8.05	7.76	8.33	12.33	38.10	44.40	60.28	124.09	898.66
2012	122.36	189.22	146.05	11.44	8.11	8.39	7.94	11.77	42.17	55.33	70.57	200.47	873.82
MEDIA	156.57	127.29	125.80	48.00	15.96	7.40	8.09	17.65	54.65	54.22	50.66	135.43	801.70



CUADRO Nº 3.15

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 2005, para el cual se le realizara el análisis estadístico, es decir el análisis de asaltos y tendencias para los periodos citados

NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS PERIODOS DE ANALISIS DE LA ESTACION APACHETA

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1991 - 2005	180	66.81	60.43	3651.89
2006 - 2012	84	66.81	60.43	3651.89

ANALISIS DE SALTOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
60.43	7.99	0.00	0.05	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

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.
1.00	0.05	83	179	1.35	Fc < Ft	NO Existe diferencia significativa

ANALISIS DE TENDENCIA

TENDENCIA EN LA MEDIA

n = 264
Tm = 66.81
t = 132.50
STm = 60.32
St = 76.35
Tm*t = 8618.01

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
-0.05	-0.040	72.13	-0.83	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

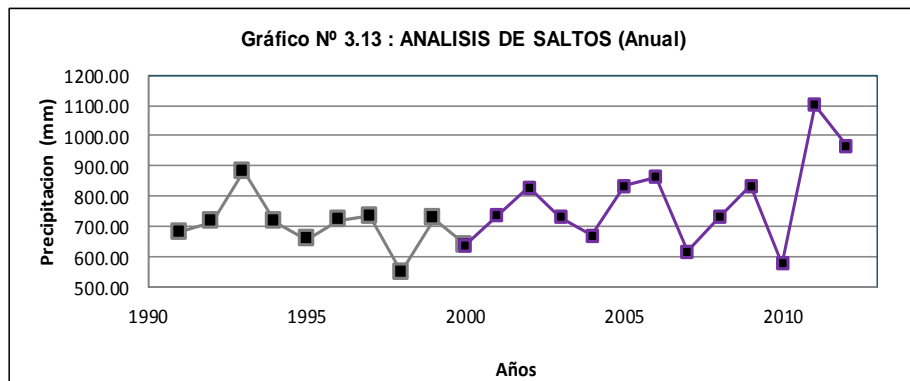
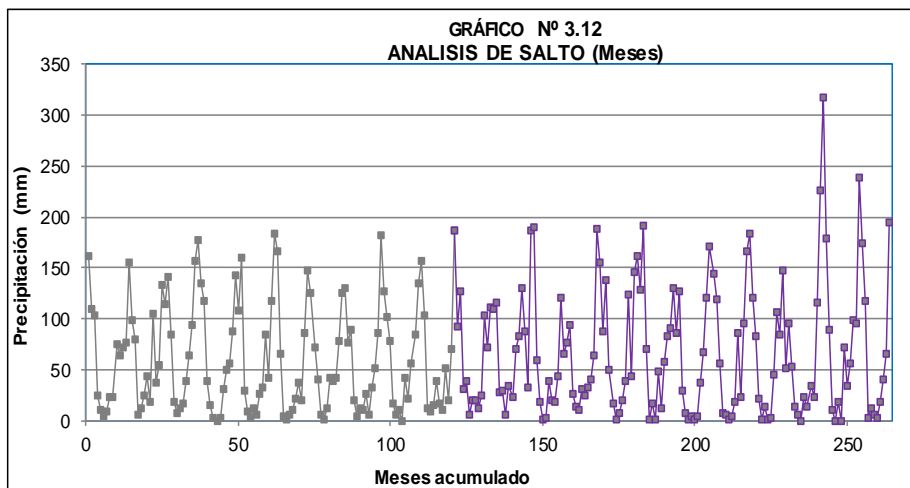
TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 22
Tm = 60.92
t = 11.50
STm = 11.92
St = 6.49
Tm*t = 690.00

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
-0.14	-0.250	63.80	-0.65	20	2.09	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

CUADRO Nº 3.16
ANALISIS ESTADISTICO DE LA PRECIPITACIÓN DEL PERIODO 1991 - 2012
ESTACIÓN BELLAVISTA CHIARA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1991	160.93	109.28	103.69	24.71	9.92	3.92	9.31	22.68	23.78	75.42	64.56	72.22	680.43
1992	77.09	155.21	99.46	80.29	5.61	12.39	25.40	44.19	18.45	104.58	37.33	54.28	714.29
1993	133.90	113.80	140.90	85.00	18.40	8.00	12.60	16.50	39.00	64.00	94.30	156.40	882.80
1994	177.60	135.60	117.80	39.60	15.20	2.00	0.00	3.30	30.30	50.10	56.30	87.00	714.80
1995	143.00	108.50	159.30	30.00	9.70	2.50	12.20	5.40	26.00	33.40	85.00	42.10	657.10
1996	118.30	183.80	166.60	65.20	3.90	1.30	5.30	10.70	22.20	38.00	19.40	86.60	721.30
1997	147.20	124.80	72.60	41.00	6.50	1.30	11.70	42.70	39.60	42.70	78.80	125.20	734.10
1998	130.70	76.60	89.40	19.30	4.90	12.90	10.60	26.20	6.10	33.10	51.30	86.20	547.30
1999	182.20	126.80	101.60	78.50	16.40	6.00	10.20	0.00	41.50	21.20	56.70	84.35	725.45
2000	135.49	156.97	103.73	12.78	8.83	14.76	38.62	16.87	9.89	51.01	19.51	69.72	638.18
2001	186.89	92.52	127.06	31.24	38.31	6.66	19.59	20.05	12.14	25.37	103.57	72.54	735.93
2002	111.48	109.51	116.66	27.81	29.02	6.05	33.74	23.23	71.17	83.49	130.20	87.29	829.65
2003	32.93	186.80	190.15	59.71	18.61	1.18	1.99	38.47	20.11	19.19	42.97	119.96	732.07
2004	66.17	77.02	94.57	26.92	13.30	10.88	31.43	25.19	32.81	40.08	63.52	188.88	670.78
2005	154.82	87.64	138.66	50.24	16.77	1.18	8.22	20.46	39.62	124.58	44.01	146.51	832.73
2006	161.63	127.81	191.42	70.44	1.18	17.46	1.18	48.39	11.57	57.63	83.72	90.07	862.51
2007	129.89	86.37	126.77	29.23	8.17	1.18	3.72	1.18	4.53	37.54	67.67	121.12	617.39
2008	170.31	144.53	119.16	56.45	7.65	5.22	1.18	4.58	18.47	85.38	22.68	95.08	730.68
2009	167.10	183.20	121.40	82.30	22.10	1.80	14.20	1.10	3.30	45.20	107.10	84.70	833.50
2010	147.20	52.30	95.80	52.60	13.70	5.20	0.00	22.80	13.80	33.50	23.50	115.60	576.00
2011	225.50	316.90	179.00	89.50	10.00	0.00	18.50	0.00	71.50	34.50	56.60	99.00	1101.00
2012	96.00	239.00	173.50	118.10	3.00	11.50	5.50	2.00	18.00	41.10	66.00	194.00	967.70
MEDIA	138.92	136.13	128.60	53.22	12.78	6.06	12.51	18.00	26.08	51.87	62.49	103.58	750.26



CUADRO Nº 3.17

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 2005, para el cual se le realizara el análisis estadístico, es decir el análisis de asaltos y tendencias para los periodos citados

NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS PERIODOS DE ANALISIS DE LA ESTACION CHIARA

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1991 - 2000	120	58.46	51.42	2643.73
2001 - 2012	144	65.90	62.58	3915.81

ANALISIS DE SALTOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
57.78	7.14	1.04	0.05	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

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.
1.48	0.05	143	119	1.34	Fc > Ft	OK Existe diferencia significativo

ANALISIS DE TENDENCIA

TENDENCIA EN LA MEDIA

n = 264
Tm = 62.52
t = 132.50
STm = 57.78
St = 76.35
Tm*t = 8508.96

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.05	0.039	57.41	0.83	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 22
Tm = 57.79
t = 11.50
STm = 13.32
St = 6.49
Tm*t = 707.88

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.50	1.026	45.99	2.71	20	2.09	Tc > Tt	OK Existe diferencia significativo

CUADRO Nº 3.18

De este analisis se concluye que en la media los datos reflejan que son estadisticamente iguales y en el analisis de la desviacion estandar de los datos reflejan que son estadisticamente diferentes, por lo tanto se necesita una correccion por salto, la correccion para el primer periodo se realizara mediante la ecuacion:

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

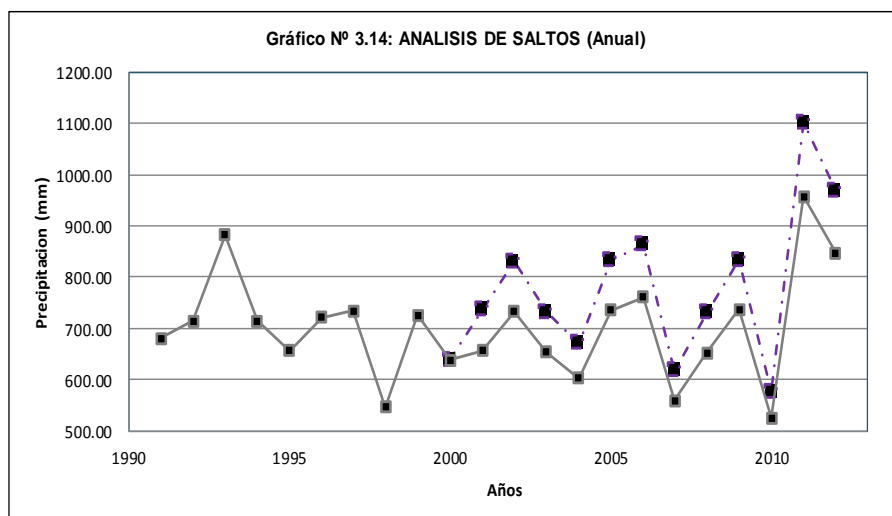
Donde : $X't$: Valor corregido de la informacion

Xt : Valor a ser corregido

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR
1991 - 2000	120	58.46	51.42
2001 - 2012	144	65.90	62.58

DATOS CORREGIDOS POR TENDENCIA 1991 - 2012

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	160.93	109.28	103.69	24.71	9.92	3.92	9.31	22.68	23.78	75.42	64.56	72.22	680.43
1992	77.09	155.21	99.46	80.29	5.61	12.39	25.40	44.19	18.45	104.58	37.33	54.28	714.29
1993	133.90	113.80	140.90	85.00	18.40	8.00	12.60	16.50	39.00	64.00	94.30	156.40	882.80
1994	177.60	135.60	117.80	39.60	15.20	2.00	0.00	3.30	30.30	50.10	56.30	87.00	714.80
1995	143.00	108.50	159.30	30.00	9.70	2.50	12.20	5.40	26.00	33.40	85.00	42.10	657.10
1996	118.30	183.80	166.60	65.20	3.90	1.30	5.30	10.70	22.20	38.00	19.40	86.60	721.30
1997	147.20	124.80	72.60	41.00	6.50	1.30	11.70	42.70	39.60	42.70	78.80	125.20	734.10
1998	130.70	76.60	89.40	19.30	4.90	12.90	10.60	26.20	6.10	33.10	51.30	86.20	547.30
1999	182.20	126.80	101.60	78.50	16.40	6.00	10.20	0.00	41.50	21.20	56.70	84.35	725.45
2000	135.49	156.97	103.73	12.78	8.83	14.76	38.62	16.87	9.89	51.01	19.51	69.72	638.18
2001	157.88	80.34	108.71	29.98	35.79	9.79	20.41	20.79	14.29	25.16	89.42	63.92	656.47
2002	95.92	94.29	100.17	27.16	28.16	9.29	32.04	23.40	62.79	72.92	111.29	76.04	733.48
2003	31.37	157.80	160.55	53.37	19.61	5.29	5.95	35.92	20.84	20.08	39.62	102.88	653.29
2004	58.69	67.60	82.02	26.44	15.25	13.25	30.14	25.01	31.27	37.25	56.50	159.51	602.93
2005	131.53	76.33	118.25	45.60	18.09	5.29	11.07	21.13	36.87	106.68	40.47	124.70	736.00
2006	137.12	109.33	161.60	62.20	5.29	18.66	5.29	44.08	13.82	51.67	73.10	78.32	760.47
2007	111.04	75.28	108.48	28.33	11.02	5.29	7.37	5.29	8.04	35.16	59.92	103.83	559.06
2008	144.25	123.07	102.22	50.70	10.60	8.61	5.29	8.08	19.49	74.47	22.95	82.44	652.15
2009	141.62	154.84	104.07	71.94	22.47	5.79	15.98	5.22	7.03	41.45	92.32	73.91	736.64
2010	125.26	47.29	83.03	47.53	15.57	8.59	4.31	23.05	15.65	31.84	23.62	99.30	525.06
2011	189.60	264.70	151.39	77.85	12.53	4.31	19.52	4.31	63.06	32.66	50.82	85.66	956.43
2012	83.19	200.69	146.87	101.35	6.78	13.76	8.83	5.96	19.10	38.09	58.54	163.72	846.90
MEDIA	127.90	124.68	117.38	49.95	13.66	7.86	13.73	18.67	25.87	49.13	58.26	94.47	701.57



CUADRO N° 3.19

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 2000, para el cual se le realizara el análisis estadístico, es decir el análisis de asaltos y tendencias para los periodos citados

NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS PERIODOS DE ANALISIS DE LA ESTACION CHIARA

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1991	2000	120	58.46	51.42	2643.73
2001	2012	144	58.46	51.42	2643.73

ANALISIS DE SALTOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
51.42	6.36	0.00	0.05	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

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.
1.00	0.05	143	119	1.34	Fc < Ft	NO Existe diferencia significativa

ANALISIS DE TENDENCIA

TENDENCIA EN LA MEDIA

n = 264
 Tm = 58.46
 t = 132.50
 STm = 51.32
 St = 76.35
 Tm*t = 7717.76

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
-0.01	-0.005	59.12	-0.12	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

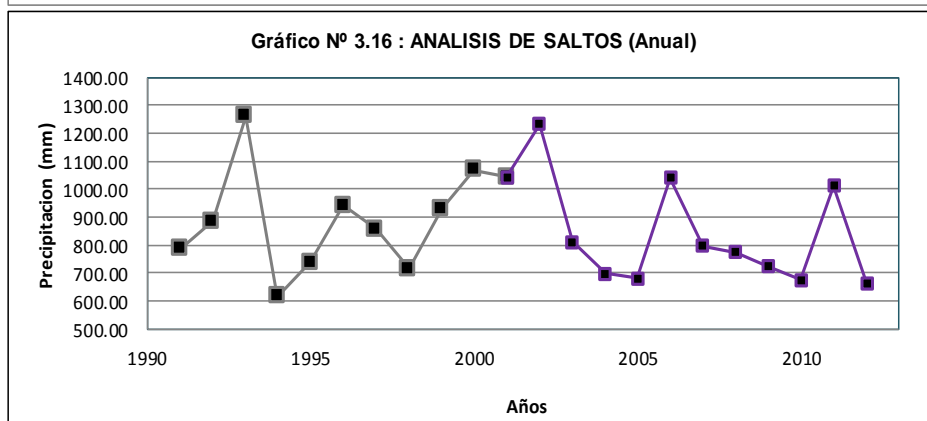
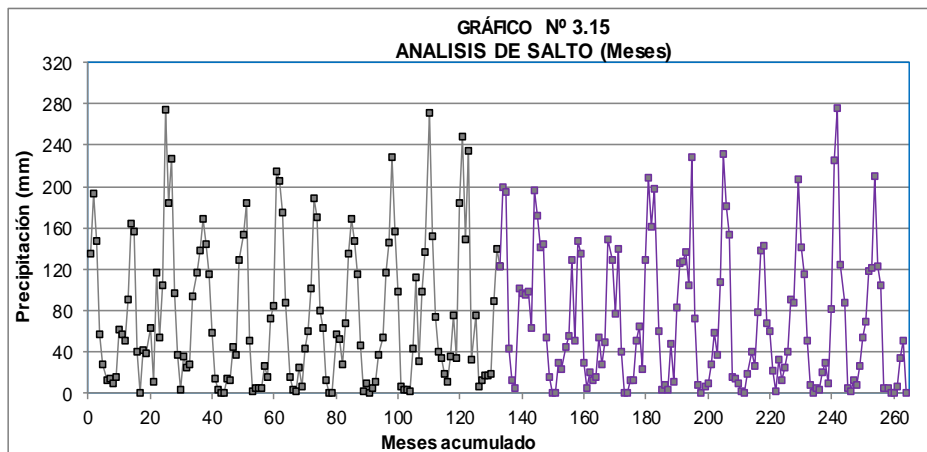
TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 22
 Tm = 51.75
 t = 11.50
 STm = 10.54
 St = 6.49
 Tm*t = 605.18

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.15	0.238	49.01	0.70	20	2.09	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

CUADRO Nº 3.20
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRECIPITACIÓN DEL PERIODO 1991 - 2012
ESTACIÓN CUCHOQUESERA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1991	134.79	193.69	147.56	57.23	27.55	13.12	14.37	9.65	16.67	62.40	56.78	51.29	785.09
1992	91.00	163.80	157.00	40.80	0.00	42.10	39.30	63.70	11.70	117.60	54.80	104.40	886.20
1993	274.70	184.20	227.60	96.30	37.20	4.10	35.50	25.10	28.50	94.00	116.30	138.00	1261.50
1994	169.10	144.60	115.70	59.20	14.20	3.40	0.00	0.00	14.20	12.90	44.40	38.00	615.70
1995	129.70	153.90	184.60	51.80	2.70	5.50	4.80	4.70	27.10	15.60	73.10	85.40	738.90
1996	214.60	205.60	175.40	87.30	15.70	4.10	2.10	25.10	6.90	42.70	59.60	100.90	940.00
1997	188.20	171.00	79.80	63.60	12.30	0.00	0.70	57.50	52.80	27.70	68.40	134.70	856.70
1998	169.10	148.00	115.70	46.10	2.10	10.20	0.00	5.50	11.60	37.40	53.60	116.50	715.80
1999	145.90	228.00	157.00	98.80	6.10	4.10	4.10	2.70	42.80	111.90	31.90	98.16	931.46
2000	136.90	271.90	152.78	74.36	40.56	33.90	18.25	11.49	36.10	75.04	33.80	183.87	1068.95
2001	248.50	149.40	234.71	33.12	75.71	6.08	12.84	17.58	17.58	18.93	89.64	139.90	1043.98
2002	122.76	199.42	194.69	43.26	13.53	4.46	101.54	97.13	95.05	98.97	63.68	196.99	1231.47
2003	172.30	141.50	143.70	53.90	16.50	0.00	1.30	29.90	23.60	45.40	55.70	128.60	812.40
2004	50.80	147.80	134.70	29.80	5.20	20.00	12.80	16.20	54.40	28.20	49.10	149.20	698.20
2005	129.10	77.20	140.40	40.20	0.00	0.00	13.00	12.60	51.60	64.52	24.30	129.50	682.42
2006	209.20	160.90	197.20	60.60	4.20	8.20	4.00	48.20	10.60	83.80	125.30	127.40	1039.60
2007	136.60	104.50	229.10	71.80	7.70	0.00	7.30	10.10	28.20	58.00	37.80	107.50	798.60
2008	230.80	181.58	153.10	16.60	13.70	10.20	2.60	0.80	18.38	40.61	26.84	78.20	773.41
2009	137.82	143.60	68.30	60.30	22.30	2.50	33.00	12.10	24.60	40.33	91.50	88.20	724.55
2010	207.10	140.70	115.90	51.80	8.10	0.40	5.40	4.40	21.00	29.20	10.50	82.30	676.80
2011	225.90	275.20	124.40	88.30	4.50	2.50	12.40	8.40	27.10	54.30	70.20	118.80	1012.00
2012	121.90	210.10	123.50	105.30	5.00	4.60	1.20	0.30	7.50	34.31	50.80	0.00	664.51
MEDIA	165.76	172.57	153.31	60.48	15.22	8.16	14.84	21.05	28.54	54.26	58.55	108.99	861.74



CUADRO Nº 3.21

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 2001, para el cual se le realizara el análisis estadístico, es decir el análisis de asaltos y tendencias para los periodos citados

NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS PERIODOS DE ANALISIS DE LA ESTACION CUCHOQUESERA

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2	
1991	2001	132	74.58	69.80	4872.51
2002	2012	132	69.05	66.52	4424.28

ANALISIS DE SALTOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
68.18	8.39	0.66	0.05	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

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	Alfa	G.L.N.	G.L.D.	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
Calculado						
1.10	0.05	131	131	1.33	Fc < Ft	NO Existe diferencia significativa

ANALISIS DE TENDENCIA

TENDENCIA EN LA MEDIA

n = 264
 Tm = 71.81
 t = 132.50
 STm = 68.11
 St = 76.35
 Tm*t = 9186.89

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
-0.06	-0.056	79.27	-1.03	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

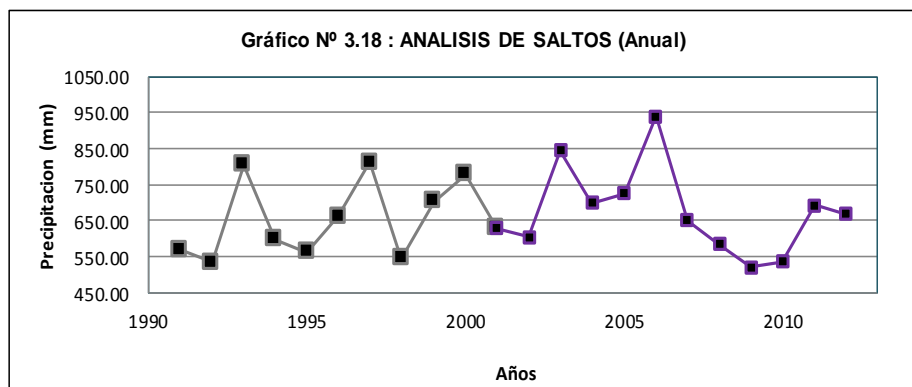
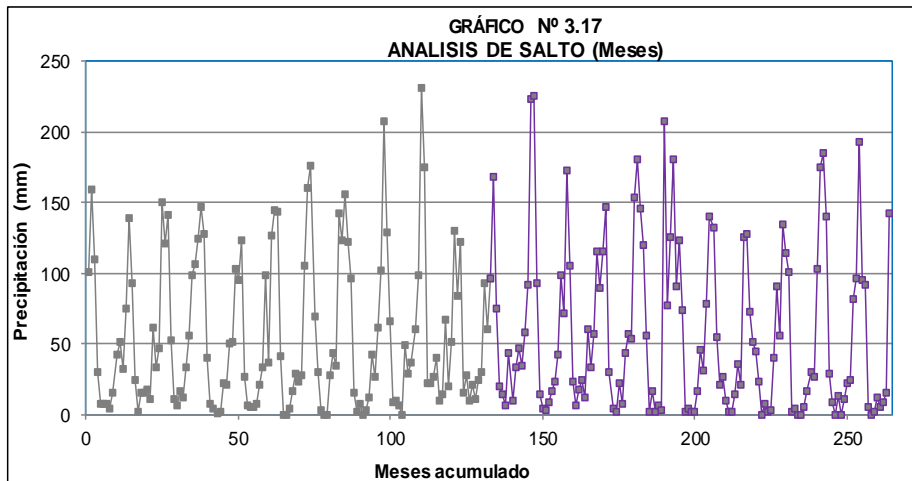
TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 22
 Tm = 68.25
 t = 11.50
 STm = 12.10
 St = 6.49
 Tm*t = 791.02

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.08	0.146	66.57	0.37	20	2.09	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

CUADRO Nº 3.22
ANALISIS ESTADISTICO DE LA PRECIPITACIÓN DEL PERIODO 1991 - 2012
ESTACIÓN BELLAVISTA PUCALOMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1991	100.47	159.67	110.21	29.62	8.01	7.13	7.87	4.40	15.11	42.72	51.96	32.43	569.59
1992	75.35	139.17	92.86	24.54	1.62	15.25	15.00	17.37	11.37	61.32	33.21	47.46	534.52
1993	149.94	120.52	141.55	52.34	10.55	6.15	17.13	11.54	33.85	55.72	98.54	106.60	804.43
1994	124.89	147.25	127.69	39.80	7.35	3.85	0.58	1.91	22.33	20.82	49.79	51.29	597.55
1995	103.01	95.07	123.60	26.70	6.20	5.30	5.00	7.70	21.60	33.70	98.20	36.40	562.48
1996	127.00	145.20	143.30	41.10	0.20	0.00	4.00	16.50	29.10	23.50	27.70	105.00	662.60
1997	160.90	175.60	69.90	30.00	3.40	0.00	0.00	27.40	43.70	34.50	142.50	123.60	811.50
1998	155.40	121.90	96.40	15.20	2.20	7.90	0.00	2.90	12.40	42.60	26.20	61.10	544.20
1999	101.80	207.20	128.40	65.60	8.30	10.40	6.10	0.00	49.70	28.70	37.00	60.36	703.56
2000	98.04	231.60	175.44	22.48	22.04	26.64	39.84	9.58	14.18	66.84	20.26	51.26	778.19
2001	129.89	83.45	122.32	15.51	28.01	10.31	21.17	11.05	24.36	29.97	92.93	60.79	629.76
2002	95.90	167.86	74.85	20.26	14.32	6.61	43.55	9.28	33.31	46.66	34.94	57.64	605.19
2003	91.32	223.64	225.13	92.80	14.32	4.38	2.60	9.13	16.99	23.77	42.82	98.41	845.33
2004	71.96	172.70	105.46	22.97	7.01	17.60	24.33	12.59	60.04	33.06	57.17	115.06	699.93
2005	89.83	115.12	146.98	29.53	4.43	1.71	21.74	7.90	43.25	56.97	54.13	153.83	725.44
2006	180.97	145.30	119.65	55.64	1.71	16.55	1.71	6.04	2.77	207.55	77.15	125.21	940.26
2007	180.85	90.23	123.36	74.28	1.71	4.43	2.12	1.71	16.43	45.85	31.63	77.99	650.60
2008	139.98	132.41	54.87	20.85	26.49	9.58	1.71	1.71	14.77	35.83	21.49	125.89	585.60
2009	127.80	72.55	51.36	44.88	23.50	0.00	8.00	1.50	3.50	40.31	90.91	55.90	520.21
2010	134.00	114.20	101.20	2.30	4.00	0.00	0.00	5.70	16.20	29.60	26.70	102.70	536.60
2011	175.30	185.40	140.70	29.50	9.10	0.00	13.14	0.00	11.10	22.30	24.00	81.27	691.81
2012	96.90	193.40	95.50	91.70	4.90	0.00	2.30	12.00	5.40	8.70	15.20	142.40	668.40
MEDIA	123.25	147.25	116.85	38.53	9.52	6.99	10.81	8.09	22.79	45.05	52.47	85.12	666.72



CUADRO N° 3.23

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 2001, para el cual se le realizara el análisis estadístico, es decir el análisis de asaltos y tendencias para los periodos citados

NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS PERIODOS DE ANALISIS DE LA ESTACION PUCALOMA

PERIODO		N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1991	2001	132	54.53	53.26	2836.48
2002	2012	132	56.59	58.30	3398.74

ANALISIS DE SALTOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
55.84	6.87	0.30	0.05	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

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	Alfa	G.L.N.	G.L.D.	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
Calculado						
1.20	0.05	131	131	1.33	Fc < Ft	NO Existe diferencia significativa

ANALISIS DE TENDENCIA

TENDENCIA EN LA MEDIA

n = 264
 Tm = 55.56
 t = 132.50
 STm = 55.74
 St = 76.35
 Tm*t = 7332.24

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
-0.01	-0.005	56.23	-0.11	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

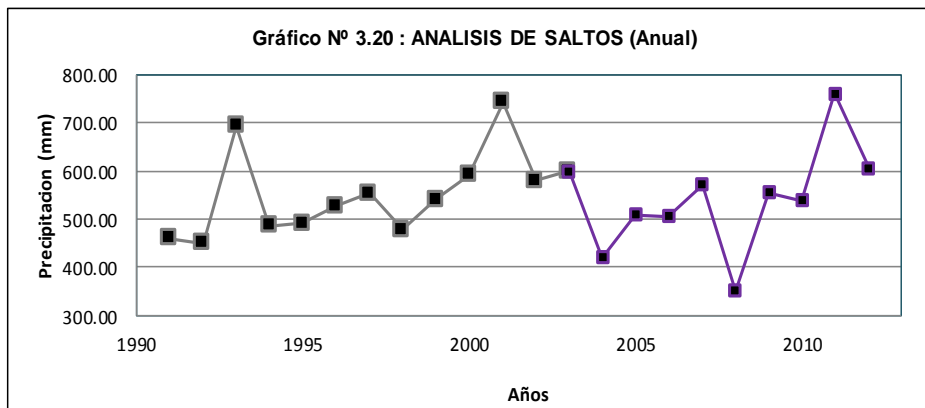
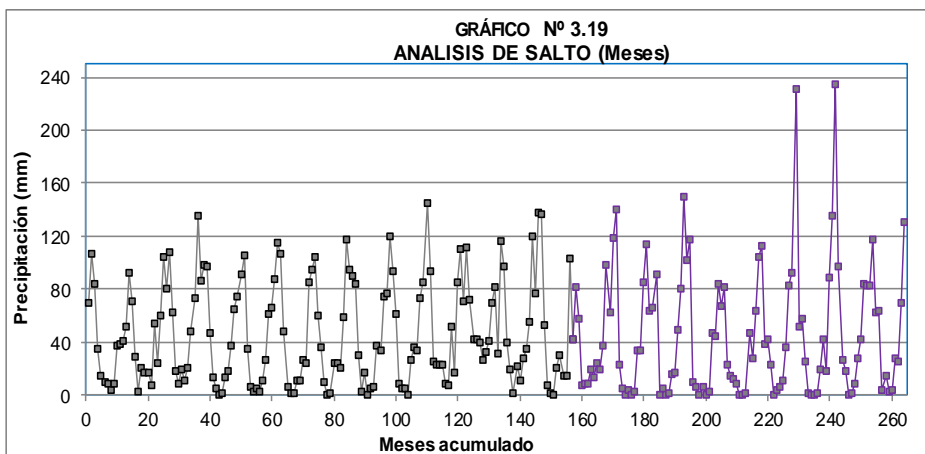
TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 22
 Tm = 56.26
 t = 11.50
 STm = 11.08
 St = 6.49
 Tm*t = 665.76

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.26	0.446	51.13	1.27	20	2.09	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

CUADRO Nº 3.24
ANALISIS ESTADISTICO DE LA PRECIPITACIÓN DEL PERIODO 1991 - 2012
ESTACIÓN HUANTA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1991	69.89	106.27	84.22	35.32	14.38	9.87	8.98	4.49	9.41	37.42	38.78	41.09	460.12
1992	52.42	92.62	70.96	29.27	2.91	21.11	17.12	17.73	7.08	53.71	24.79	60.14	449.84
1993	104.31	80.21	108.17	62.42	18.95	8.51	19.55	11.77	21.07	48.81	73.55	135.07	692.39
1994	86.88	98.00	97.58	47.47	13.20	5.33	0.66	1.95	13.90	18.24	37.16	64.98	485.35
1995	75.01	90.95	105.49	35.29	6.69	2.97	5.19	3.16	10.98	26.43	61.50	66.52	490.19
1996	87.53	115.53	106.57	48.58	7.05	1.26	1.98	10.68	11.64	26.38	24.71	85.53	527.45
1997	95.19	104.20	60.06	36.13	9.47	0.17	2.08	23.84	24.39	21.01	58.63	117.34	552.51
1998	94.65	89.55	84.54	29.76	2.71	17.46	0.75	4.98	5.86	38.08	33.88	75.12	477.34
1999	76.40	119.53	93.21	60.89	8.89	5.27	4.84	0.95	26.72	35.91	33.43	73.80	539.83
2000	84.77	145.54	94.04	25.56	23.75	23.65	23.54	8.72	7.52	51.41	16.68	85.80	590.99
2001	110.53	71.16	111.51	71.90	42.90	42.00	39.44	27.10	33.00	40.70	70.10	82.30	742.64
2002	31.70	115.80	97.40	40.50	19.70	1.40	22.30	11.46	28.54	34.96	55.07	120.00	578.84
2003	76.89	138.31	136.34	53.30	8.23	2.06	0.00	21.01	30.35	14.88	15.37	102.89	599.63
2004	42.49	81.20	57.60	8.19	8.65	9.18	20.08	14.02	24.17	19.21	37.30	98.75	420.84
2005	62.62	118.50	140.70	23.18	5.05	0.00	4.01	0.00	3.07	33.70	33.51	84.90	509.24
2006	113.52	64.32	66.18	91.41	0.00	5.00	0.00	2.00	15.60	17.20	50.00	80.90	506.13
2007	150.00	101.80	117.04	9.72	6.09	0.00	6.05	1.02	3.01	47.66	44.46	84.13	570.98
2008	67.86	82.30	23.40	14.80	12.00	9.40	0.00	0.00	2.20	47.40	28.00	63.90	351.26
2009	103.90	112.90	39.10	41.80	23.10	0.00	4.40	6.30	10.80	36.20	83.30	92.70	554.50
2010	231.10	51.60	57.30	26.10	1.17	0.00	0.00	1.20	19.80	42.73	18.40	88.70	538.10
2011	135.70	234.49	97.85	26.42	18.18	0.00	2.00	8.30	27.40	41.74	84.61	83.10	759.79
2012	83.39	117.23	62.29	64.40	4.04	14.30	2.50	3.87	27.50	25.60	70.04	131.30	606.46
MEDIA	90.88	99.01	87.57	39.58	11.74	8.23	9.05	8.62	15.46	34.60	41.93	85.23	531.91



CUADRO N° 3.25

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 2003, para el cual se le realizara el análisis estadístico, es decir el análisis de asaltos y tendencias para los periodos citados

NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS PERIODOS DE ANALISIS DE LA ESTACION HUANTA

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2
1991 - 2003	156	46.07	38.29	1466.49
2004 - 2012	108	44.60	47.61	2266.37

ANALISIS DE SALTOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
42.35	5.30	0.28	0.05	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

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.
1.55	0.05	107	155	1.34	Fc > Ft	OK Existe diferencia significativo

ANALISIS DE TENDENCIA

TENDENCIA EN LA MEDIA

n = 264
 Tm = 45.47
 t = 132.50
 STm = 42.27
 St = 76.35
 Tm*t = 6095.50

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.02	0.012	43.87	0.36	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 22
 Tm = 42.01
 t = 11.50
 STm = 10.63
 St = 6.49
 Tm*t = 517.70

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.50	0.821	32.57	2.72	20	2.09	Tc > Tt	OK Existe diferencia significativo

CUADRO N° 3.26

De este analisis se concluye que en la media los datos reflejan que son estadisticamente iguales y en el analisis de la desviacion estandar de los datos reflejan que son estadisticamente diferentes, por lo tanto se necesita una correccion por salto, la correccion para el primer periodo se realizara mediante la ecuacion:

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

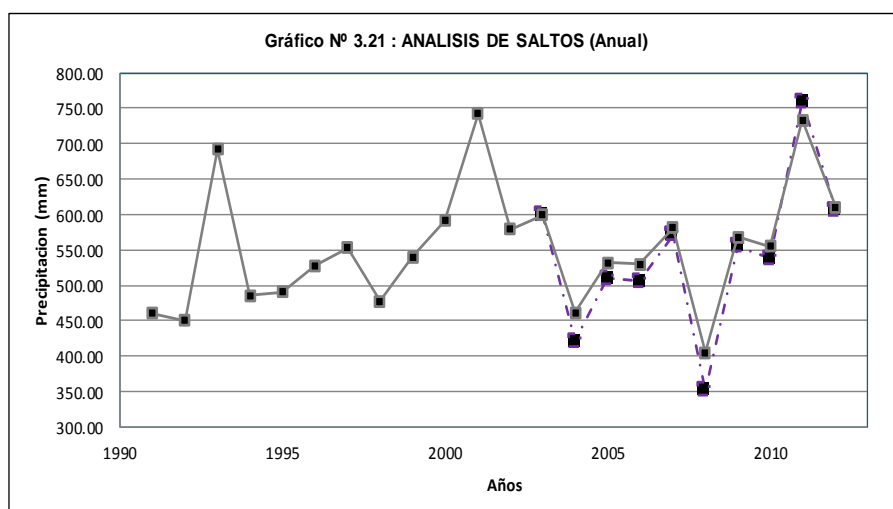
Donde : $X't$: Valor corregido de la informacion

$X\hat{t}$: Valor a ser corregido

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR
1991 - 2003	156	46.07	38.29
2004 - 2012	108	44.60	47.61

DATOS CORREGIDOS POR TENDENCIA 1991 - 2012

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	69.89	106.27	84.22	35.32	14.38	9.87	8.98	4.49	9.41	37.42	38.78	41.09	460.12
1992	52.42	92.62	70.96	29.27	2.91	21.11	17.12	17.73	7.08	53.71	24.79	60.14	449.84
1993	104.31	80.21	108.17	62.42	18.95	8.51	19.55	11.77	21.07	48.81	73.55	135.07	692.39
1994	86.88	98.00	97.58	47.47	13.20	5.33	0.66	1.95	13.90	18.24	37.16	64.98	485.35
1995	75.01	90.95	105.49	35.29	6.69	2.97	5.19	3.16	10.98	26.43	61.50	66.52	490.19
1996	87.53	115.53	106.57	48.58	7.05	1.26	1.98	10.68	11.64	26.38	24.71	85.53	527.45
1997	95.19	104.20	60.06	36.13	9.47	0.17	2.08	23.84	24.39	21.01	58.63	117.34	552.51
1998	94.65	89.55	84.54	29.76	2.71	17.46	0.75	4.98	5.86	38.08	33.88	75.12	477.34
1999	76.40	119.53	93.21	60.89	8.89	5.27	4.84	0.95	26.72	35.91	33.43	73.80	539.83
2000	84.77	145.54	94.04	25.56	23.75	23.65	23.54	8.72	7.52	51.41	16.68	85.80	590.99
2001	110.53	71.16	111.51	71.90	42.90	42.00	39.44	27.10	33.00	40.70	70.10	82.30	742.64
2002	31.70	115.80	97.40	40.50	19.70	1.40	22.30	11.46	28.54	34.96	55.07	120.00	578.84
2003	76.89	138.31	136.34	53.30	8.23	2.06	0.00	21.01	30.35	14.88	15.37	102.89	599.63
2004	44.37	75.51	56.52	16.78	17.15	17.58	26.34	21.47	29.63	25.64	40.20	89.63	460.82
2005	60.56	105.51	123.37	28.84	14.25	10.19	13.42	10.19	12.66	37.30	37.15	78.49	531.93
2006	101.51	61.93	63.43	83.72	10.19	14.21	10.19	11.80	22.74	24.03	50.41	75.27	529.43
2007	130.85	92.08	104.34	18.01	15.09	10.19	15.06	11.01	12.61	48.53	45.95	77.87	581.59
2008	64.78	76.39	29.01	22.10	19.84	17.75	10.19	10.19	11.96	48.32	32.71	61.59	404.85
2009	93.77	101.01	41.64	43.82	28.77	10.19	13.73	15.26	18.88	39.31	77.20	84.76	568.34
2010	196.09	51.70	56.28	31.19	11.13	10.19	10.19	11.16	26.12	44.56	24.99	81.54	555.14
2011	119.35	198.82	88.90	31.44	24.82	10.19	11.80	16.87	32.23	43.77	78.25	77.04	733.47
2012	77.27	104.49	60.30	61.99	13.44	21.69	12.20	13.30	32.31	30.78	66.53	115.81	610.13
MEDIA	87.94	101.60	85.18	41.56	15.16	11.97	12.25	12.23	19.53	35.92	45.32	84.21	552.86



CUADRO Nº 3.27

Se confirma con la hipótesis planteada un salto en el año de 2003, para el cual se le realizara el análisis estadístico, es decir el análisis de asaltos y tendencias para los periodos citados

NUMERO DE DATOS, PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR PARA LOS PERIODOS DE ANALISIS DE LA ESTACION PUTACCA

PERIODO	N	MEDIA	DESV. ESTANDAR	S(x)2	
1991	2003	156	46.07	38.29	1466.49
2004	2012	108	46.07	38.29	1466.49

ANALISIS DE SALTOS

CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Sp	Sd	Tc	Alfa	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
38.29	4.79	0.00	0.05	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

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	Alfa	G.L.N.	G.L.D.	Ft (95%) Tabla	Comparación	Diferencia Signific.
Calculado						
1.00	0.05	107	155	1.34	Fc < Ft	NO Existe diferencia significativa

ANALISIS DE TENDENCIA

TENDENCIA EN LA MEDIA

n = 264
Tm = 46.07
t = 132.50
STm = 38.22
St = 76.35
Tm*t = 6211.83

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.04	0.018	43.63	0.60	262	1.97	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

n = 22
Tm = 38.27
t = 11.50
STm = 8.41
St = 6.49
Tm*t = 448.92

R	B	A	Tc Calculado	G.L.	Tt (95%) Tabla	Comparc.	Diferencia Signific.
0.16	0.210	35.85	0.77	20	2.09	Tc < Tt	NO Existe diferencia significativa

RESUMEN DE PRECIPITACION CORREGIDAS POR SALTOS Y TENDENCIAS

CUADRO N° 3.28: DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL: ESTACION DE ALLPACHACA

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
1991	135.23	160.22	148.43	47.19	30.42	14.29	15.16	7.39	19.87	60.23	59.96	52.08	750.46
1992	220.50	151.60	117.20	34.00	0.00	20.80	23.40	1.30	0.00	144.90	14.50	181.20	909.40
1993	220.16	112.20	212.50	53.40	30.00	3.90	13.00	20.80	22.10	106.40	79.40	186.50	1,060.36
1994	71.70	109.20	156.30	86.50	48.20	1.30	0.00	3.90	32.50	17.50	71.60	70.50	669.20
1995	132.10	182.20	185.20	62.00	15.00	4.00	8.50	1.30	24.00	48.80	109.20	75.00	847.30
1996	208.90	215.50	206.40	46.90	9.30	1.80	3.60	15.20	18.70	76.40	60.70	107.20	970.60
1997	157.60	114.50	105.40	41.20	15.90	0.00	2.50	59.00	41.90	25.40	71.30	144.50	779.20
1998	156.50	106.00	149.40	27.50	1.30	6.40	0.00	11.50	8.90	42.70	48.30	118.20	676.70
1999	182.60	147.10	134.80	73.20	16.70	4.10	5.80	3.72	38.30	60.30	60.10	69.40	796.12
2000	172.90	256.30	130.60	70.10	45.10	27.60	21.90	30.10	10.70	73.50	42.50	82.50	963.80
2001	180.60	108.00	190.10	22.10	45.90	5.00	15.70	20.80	23.20	19.10	89.90	71.20	791.60
2002	79.30	92.52	195.30	32.20	14.50	3.70	49.00	14.60	50.70	55.50	86.93	159.60	833.86
2003	124.20	141.50	176.00	55.30	20.20	0.00	2.00	23.60	23.60	17.40	31.10	156.30	771.20
2004	95.40	176.50	123.50	36.80	7.20	72.30	99.80	47.10	189.70	11.90	51.40	183.70	1,095.30
2005	108.50	72.30	178.20	22.00	5.90	0.00	13.40	24.10	40.80	50.00	34.00	155.92	705.12
2006	138.00	115.60	118.70	72.30	0.00	5.40	0.00	32.10	13.50	85.40	124.20	113.40	818.60
2007	95.80	132.40	226.60	46.40	23.20	0.00	6.90	0.00	11.10	50.80	30.60	149.90	773.70
2008	140.00	173.60	132.30	15.00	30.70	8.20	1.40	1.50	31.10	64.70	39.30	76.50	714.30
2009	130.40	215.40	91.50	90.40	12.00	0.00	18.20	9.20	2.60	57.10	120.10	113.20	860.10
2010	255.00	148.10	108.30	39.00	15.50	0.40	5.90	8.00	25.30	31.90	16.00	136.90	790.30
2011	249.60	279.10	155.00	132.00	14.40	0.00	15.20	2.20	30.00	31.70	74.90	96.40	1,080.50
2012	113.30	195.40	119.40	124.90	3.00	13.30	3.20	0.00	10.60	58.70	46.30	212.20	900.30
PROM	153.10	154.78	152.78	55.93	18.38	8.75	14.75	15.34	30.42	54.11	61.92	123.29	843.55

CUADRO N° 3.29: DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL: ESTACION DE APACHETA

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1991	234.32	248.04	227.35	65.68	53.77	6.99	7.14	2.45	25.15	67.86	80.93	55.51	1,075.20
1992	96.60	188.28	81.18	27.61	2.45	20.48	41.40	99.71	13.98	169.23	57.72	117.39	916.03
1993	205.96	83.10	145.97	86.53	18.47	5.20	6.72	17.12	80.78	75.93	77.04	209.89	1,012.70
1994	171.55	101.54	131.68	65.81	12.86	3.26	0.23	2.83	53.28	28.37	38.92	100.98	711.30
1995	148.11	94.24	142.34	48.92	6.52	1.82	1.79	4.60	42.09	41.12	64.42	103.37	699.33
1996	172.82	119.70	143.80	67.34	6.87	0.77	0.68	15.54	44.63	41.04	25.89	132.90	771.99
1997	187.96	107.96	81.05	50.08	9.22	0.11	0.72	34.68	93.47	32.69	61.41	182.34	841.68
1998	186.88	92.78	114.07	41.26	2.64	10.67	0.26	7.24	22.47	59.24	35.49	116.73	689.74
1999	150.85	123.85	125.78	84.40	8.66	3.22	1.67	1.38	102.41	55.86	35.02	114.68	807.77
2000	167.38	150.79	126.90	35.43	23.14	14.45	8.10	12.69	28.83	79.99	17.47	133.33	798.49
2001	218.24	73.73	150.47	37.23	36.91	5.80	6.13	11.24	43.77	31.17	57.60	94.23	766.52
2002	115.87	113.46	130.32	51.95	13.72	2.65	14.10	16.67	109.40	54.39	57.69	186.48	866.69
2003	127.52	114.96	145.63	79.89	16.20	0.15	0.29	22.19	48.44	24.33	25.96	154.26	759.81
2004	78.33	95.58	86.74	28.43	7.43	10.73	7.12	13.09	112.73	34.58	35.02	180.80	690.58
2005	98.27	63.39	121.45	30.70	8.00	0.00	2.50	10.50	39.00	47.50	39.20	157.20	617.72
2006	107.43	59.40	95.87	38.42	9.30	14.08	9.69	16.08	81.98	33.23	42.33	94.67	602.48
2007	96.74	88.76	140.79	83.50	38.02	11.29	7.70	20.67	68.34	68.94	46.67	146.60	818.01
2008	186.95	123.73	81.14	31.00	9.30	14.56	16.32	21.18	36.34	39.61	35.94	79.91	675.98
2009	150.12	186.39	96.10	69.77	42.81	12.49	21.42	18.71	33.79	63.47	104.08	147.81	946.97
2010	224.09	139.27	106.48	9.97	8.66	7.85	7.72	15.60	41.21	44.48	44.88	145.81	796.01
2011	196.16	242.12	146.45	10.59	8.05	7.76	8.33	12.33	38.10	44.40	60.28	124.09	898.66
2012	122.36	189.22	146.05	11.44	8.11	8.39	7.94	11.77	42.17	55.33	70.57	200.47	873.82
PROM	156.57	127.29	125.80	48.00	15.96	7.40	8.09	17.65	54.65	54.22	50.66	135.43	801.70

CUADRO N° 3.30: DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL: ESTACION DE CHIARA

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1991	160.93	109.28	103.69	24.71	9.92	3.92	9.31	22.68	23.78	75.42	64.56	72.22	680.43
1992	77.09	155.21	99.46	80.29	5.61	12.39	25.40	44.19	18.45	104.58	37.33	54.28	714.29
1993	133.90	113.80	140.90	85.00	18.40	8.00	12.60	16.50	39.00	64.00	94.30	156.40	882.80
1994	177.60	135.60	117.80	39.60	15.20	2.00	0.00	3.30	30.30	50.10	56.30	87.00	714.80
1995	143.00	108.50	159.30	30.00	9.70	2.50	12.20	5.40	26.00	33.40	85.00	42.10	657.10
1996	118.30	183.80	166.60	65.20	3.90	1.30	5.30	10.70	22.20	38.00	19.40	86.60	721.30
1997	147.20	124.80	72.60	41.00	6.50	1.30	11.70	42.70	39.60	42.70	78.80	125.20	734.10
1998	130.70	76.60	89.40	19.30	4.90	12.90	10.60	26.20	6.10	33.10	51.30	86.20	547.30
1999	182.20	126.80	101.60	78.50	16.40	6.00	10.20	0.00	41.50	21.20	56.70	84.35	725.45
2000	135.49	156.97	103.73	12.78	8.83	14.76	38.62	16.87	9.89	51.01	19.51	69.72	638.18
2001	157.88	80.34	108.71	29.98	35.79	9.79	20.41	20.79	14.29	25.16	89.42	63.92	656.47
2002	95.92	94.29	100.17	27.16	28.16	9.29	32.04	23.40	62.79	72.92	111.29	76.04	733.48
2003	31.37	157.80	160.55	53.37	19.61	5.29	5.95	35.92	20.84	20.08	39.62	102.88	653.29
2004	58.69	67.60	82.02	26.44	15.25	13.25	30.14	25.01	31.27	37.25	56.50	159.51	602.93
2005	131.53	76.33	118.25	45.60	18.09	5.29	11.07	21.13	36.87	106.68	40.47	124.70	736.00
2006	137.12	109.33	161.60	62.20	5.29	18.66	5.29	44.08	13.82	51.67	73.10	78.32	760.47
2007	111.04	75.28	108.48	28.33	11.02	5.29	7.37	5.29	8.04	35.16	59.92	103.83	559.06
2008	144.25	123.07	102.22	50.70	10.60	8.61	5.29	8.08	19.49	74.47	22.95	82.44	652.15
2009	141.62	154.84	104.07	71.94	22.47	5.79	15.98	5.22	7.03	41.45	92.32	73.91	736.64
2010	125.26	47.29	83.03	47.53	15.57	8.59	4.31	23.05	15.65	31.84	23.62	99.30	525.06
2011	189.60	264.70	151.39	77.85	12.53	4.31	19.52	4.31	63.06	32.66	50.82	85.66	956.43
2012	83.19	200.69	146.87	101.35	6.78	13.76	8.83	5.96	19.10	38.09	58.54	163.72	846.90
PROM	127.90	124.68	117.38	49.95	13.66	7.86	13.73	18.67	25.87	49.13	58.26	94.47	701.57

CUADRO N° 3.31: DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL: ESTACION DE CUCHOQUESERA

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1991	134.79	193.69	147.56	57.23	27.55	13.12	14.37	9.65	16.67	62.40	56.78	51.29	785.09
1992	91.00	163.80	157.00	40.80	0.00	42.10	39.30	63.70	11.70	117.60	54.80	104.40	886.20
1993	274.70	184.20	227.60	96.30	37.20	4.10	35.50	25.10	28.50	94.00	116.30	138.00	1,261.50
1994	169.10	144.60	115.70	59.20	14.20	3.40	0.00	0.00	14.20	12.90	44.40	38.00	615.70
1995	129.70	153.90	184.60	51.80	2.70	5.50	4.80	4.70	27.10	15.60	73.10	85.40	738.90
1996	214.60	205.60	175.40	87.30	15.70	4.10	2.10	25.10	6.90	42.70	59.60	100.90	940.00
1997	188.20	171.00	79.80	63.60	12.30	0.00	0.70	57.50	52.80	27.70	68.40	134.70	856.70
1998	169.10	148.00	115.70	46.10	2.10	10.20	0.00	5.50	11.60	37.40	53.60	116.50	715.80
1999	145.90	228.00	157.00	98.80	6.10	4.10	4.10	2.70	42.80	111.90	31.90	98.16	931.46
2000	136.90	271.90	152.78	74.36	40.56	33.90	18.25	11.49	36.10	75.04	33.80	183.87	1,068.95
2001	248.50	149.40	234.71	33.12	75.71	6.08	12.84	17.58	17.58	18.93	89.64	139.90	1,043.98
2002	122.76	199.42	194.69	43.26	13.53	4.46	101.54	97.13	95.05	98.97	63.68	196.99	1,231.47
2003	172.30	141.50	143.70	53.90	16.50	0.00	1.30	29.90	23.60	45.40	55.70	128.60	812.40
2004	50.80	147.80	134.70	29.80	5.20	20.00	12.80	16.20	54.40	28.20	49.10	149.20	698.20
2005	129.10	77.20	140.40	40.20	0.00	0.00	13.00	12.60	51.60	64.52	24.30	129.50	682.42
2006	209.20	160.90	197.20	60.60	4.20	8.20	4.00	48.20	10.60	83.80	125.30	127.40	1,039.60
2007	136.60	104.50	229.10	71.80	7.70	0.00	7.30	10.10	28.20	58.00	37.80	107.50	798.60
2008	230.80	181.58	153.10	16.60	13.70	10.20	2.60	0.80	18.38	40.61	26.84	78.20	773.41
2009	137.82	143.60	68.30	60.30	22.30	2.50	33.00	12.10	24.60	40.33	91.50	88.20	724.55
2010	207.10	140.70	115.90	51.80	8.10	0.40	5.40	4.40	21.00	29.20	10.50	82.30	676.80
2011	225.90	275.20	124.40	88.30	4.50	2.50	12.40	8.40	27.10	54.30	70.20	118.80	1,012.00
2012	121.90	210.10	123.50	105.30	5.00	4.60	1.20	0.30	7.50	34.31	50.80	0.00	664.51
PROM	165.76	172.57	153.31	60.48	15.22	8.16	14.84	21.05	28.54	54.26	58.55	108.99	861.74

CUADRO N° 3.32: DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL: ESTACION DE PUCALOMA

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1991	100.47	159.67	110.21	29.62	8.01	7.13	7.87	4.40	15.11	42.72	51.96	32.43	569.59
1992	75.35	139.17	92.86	24.54	1.62	15.25	15.00	17.37	11.37	61.32	33.21	47.46	534.52
1993	149.94	120.52	141.55	52.34	10.55	6.15	17.13	11.54	33.85	55.72	98.54	106.60	804.43
1994	124.89	147.25	127.69	39.80	7.35	3.85	0.58	1.91	22.33	20.82	49.79	51.29	597.55
1995	103.01	95.07	123.60	26.70	6.20	5.30	5.00	7.70	21.60	33.70	98.20	36.40	562.48
1996	127.00	145.20	143.30	41.10	0.20	0.00	4.00	16.50	29.10	23.50	27.70	105.00	662.60
1997	160.90	175.60	69.90	30.00	3.40	0.00	0.00	27.40	43.70	34.50	142.50	123.60	811.50
1998	155.40	121.90	96.40	15.20	2.20	7.90	0.00	2.90	12.40	42.60	26.20	61.10	544.20
1999	101.80	207.20	128.40	65.60	8.30	10.40	6.10	0.00	49.70	28.70	37.00	60.36	703.56
2000	98.04	231.60	175.44	22.48	22.04	26.64	39.84	9.58	14.18	66.84	20.26	51.26	778.19
2001	129.89	83.45	122.32	15.51	28.01	10.31	21.17	11.05	24.36	29.97	92.93	60.79	629.76
2002	95.90	167.86	74.85	20.26	14.32	6.61	43.55	9.28	33.31	46.66	34.94	57.64	605.19
2003	91.32	223.64	225.13	92.80	14.32	4.38	2.60	9.13	16.99	23.77	42.82	98.41	845.33
2004	71.96	172.70	105.46	22.97	7.01	17.60	24.33	12.59	60.04	33.06	57.17	115.06	699.93
2005	89.83	115.12	146.98	29.53	4.43	1.71	21.74	7.90	43.25	56.97	54.13	153.83	725.44
2006	180.97	145.30	119.65	55.64	1.71	16.55	1.71	6.04	2.77	207.55	77.15	125.21	940.26
2007	180.85	90.23	123.36	74.28	1.71	4.43	2.12	1.71	16.43	45.85	31.63	77.99	650.60
2008	139.98	132.41	54.87	20.85	26.49	9.58	1.71	1.71	14.77	35.83	21.49	125.89	585.60
2009	127.80	72.55	51.36	44.88	23.50	0.00	8.00	1.50	3.50	40.31	90.91	55.90	520.21
2010	134.00	114.20	101.20	2.30	4.00	0.00	0.00	5.70	16.20	29.60	26.70	102.70	536.60
2011	175.30	185.40	140.70	29.50	9.10	0.00	13.14	0.00	11.10	22.30	24.00	81.27	691.81
2012	96.90	193.40	95.50	91.70	4.90	0.00	2.30	12.00	5.40	8.70	15.20	142.40	668.40
PROM	123.25	147.25	116.85	38.53	9.52	6.99	10.81	8.09	22.79	45.05	52.47	85.12	666.72

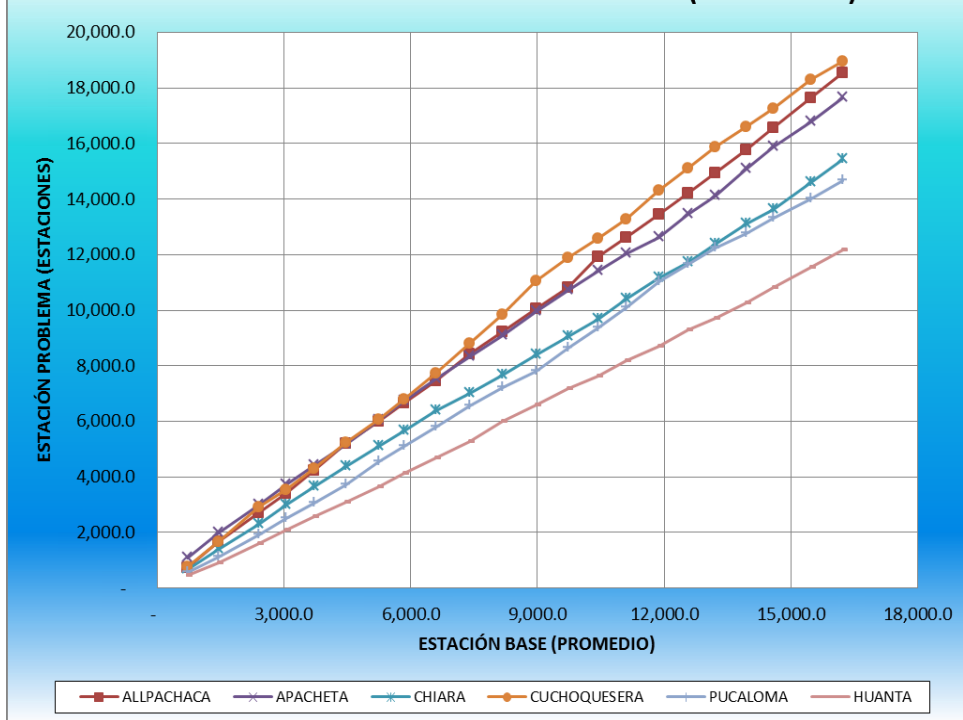
CUADRO N° 3.33: DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL: ESTACION DE HUANTA

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
1991	69.89	106.27	84.22	35.32	14.38	9.87	8.98	4.49	9.41	37.42	38.78	41.09	460.12
1992	52.42	92.62	70.96	29.27	2.91	21.11	17.12	17.73	7.08	53.71	24.79	60.14	449.84
1993	104.31	80.21	108.17	62.42	18.95	8.51	19.55	11.77	21.07	48.81	73.55	135.07	692.39
1994	86.88	98.00	97.58	47.47	13.20	5.33	0.66	1.95	13.90	18.24	37.16	64.98	485.35
1995	75.01	90.95	105.49	35.29	6.69	2.97	5.19	3.16	10.98	26.43	61.50	66.52	490.19
1996	87.53	115.53	106.57	48.58	7.05	1.26	1.98	10.68	11.64	26.38	24.71	85.53	527.45
1997	95.19	104.20	60.06	36.13	9.47	0.17	2.08	23.84	24.39	21.01	58.63	117.34	552.51
1998	94.65	89.55	84.54	29.76	2.71	17.46	0.75	4.98	5.86	38.08	33.88	75.12	477.34
1999	76.40	119.53	93.21	60.89	8.89	5.27	4.84	0.95	26.72	35.91	33.43	73.80	539.83
2000	84.77	145.54	94.04	25.56	23.75	23.65	23.54	8.72	7.52	51.41	16.68	85.80	590.99
2001	110.53	71.16	111.51	71.90	42.90	42.00	39.44	27.10	33.00	40.70	70.10	82.30	742.64
2002	31.70	115.80	97.40	40.50	19.70	1.40	22.30	11.46	28.54	34.96	55.07	120.00	578.84
2003	76.89	138.31	136.34	53.30	8.23	2.06	0.00	21.01	30.35	14.88	15.37	102.89	599.63
2004	44.37	75.51	56.52	16.78	17.15	17.58	26.34	21.47	29.63	25.64	40.20	89.63	460.82
2005	60.56	105.51	123.37	28.84	14.25	10.19	13.42	10.19	12.66	37.30	37.15	78.49	531.93
2006	101.51	61.93	63.43	83.72	10.19	14.21	10.19	11.80	22.74	24.03	50.41	75.27	529.43
2007	130.85	92.08	104.34	18.01	15.09	10.19	15.06	11.01	12.61	48.53	45.95	77.87	581.59
2008	64.78	76.39	29.01	22.10	19.84	17.75	10.19	10.19	11.96	48.32	32.71	61.59	404.85
2009	93.77	101.01	41.64	43.82	28.77	10.19	13.73	15.26	18.88	39.31	77.20	84.76	568.34
2010	196.09	51.70	56.28	31.19	11.13	10.19	10.19	11.16	26.12	44.56	24.99	81.54	555.14
2011	119.35	198.82	88.90	31.44	24.82	10.19	11.80	16.87	32.23	43.77	78.25	77.04	733.47
2012	77.27	104.49	60.30	61.99	13.44	21.69	12.20	13.30	32.31	30.78	66.53	115.81	610.13
PROM	87.94	101.60	85.18	41.56	15.16	11.97	12.25	12.23	19.53	35.92	45.32	84.21	552.86

CUADRO N° 3.34: CURVA DOBLE MASA (1991 - 2012)

Año	ALLPACHACA		APACHETA		CHIARA		CUCHOQUESERA		PUCALOMA		HUANTA		PROMEDIO	
	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.	Pp	Pp Acum.
1991	750.5	750.5	1,075.2	1,075.2	680.4	680.4	785.1	785.1	569.6	569.6	460.1	460.1	720.1	720.1
1992	909.4	1,659.9	916.0	1,991.2	714.3	1,394.7	886.2	1,671.3	534.5	1,104.1	449.8	910.0	735.0	1,455.2
1993	1,060.4	2,720.2	1,012.7	3,003.9	882.8	2,277.5	1,261.5	2,932.8	804.4	1,908.5	692.4	1,602.4	952.4	2,407.6
1994	669.2	3,389.4	711.3	3,715.2	714.8	2,992.3	615.7	3,548.5	597.5	2,506.1	485.4	2,087.7	632.3	3,039.9
1995	847.3	4,236.7	699.3	4,414.6	657.1	3,649.4	738.9	4,287.4	562.5	3,068.6	490.2	2,577.9	665.9	3,705.8
1996	970.6	5,207.3	772.0	5,186.5	721.3	4,370.7	940.0	5,227.4	662.6	3,731.2	527.4	3,105.3	765.7	4,471.4
1997	779.2	5,986.5	841.7	6,028.2	734.1	5,104.8	856.7	6,084.1	811.5	4,542.7	552.5	3,657.9	762.6	5,234.0
1998	676.7	6,663.2	689.7	6,718.0	547.3	5,652.1	715.8	6,799.9	544.2	5,086.9	477.3	4,135.2	608.5	5,842.5
1999	796.1	7,459.3	807.8	7,525.7	725.5	6,377.6	931.5	7,731.3	703.6	5,790.4	539.8	4,675.0	750.7	6,593.2
2000	963.8	8,423.1	798.5	8,324.2	638.2	7,015.7	1,068.9	8,800.3	778.2	6,568.6	591.0	5,266.0	806.4	7,399.7
2001	791.6	9,214.7	766.5	9,090.8	656.5	7,672.2	1,044.0	9,844.3	629.8	7,198.4	742.6	6,008.7	771.8	8,171.5
2002	833.9	10,048.6	866.7	9,957.4	733.5	8,405.7	1,231.5	11,075.7	605.2	7,803.6	578.8	6,587.5	808.3	8,979.8
2003	771.2	10,819.8	759.8	10,717.3	653.3	9,059.0	812.4	11,888.1	845.3	8,648.9	599.6	7,187.1	740.3	9,720.0
2004	1,095.3	11,915.1	690.6	11,407.8	602.9	9,661.9	698.2	12,586.3	699.9	9,348.8	460.8	7,647.9	708.0	10,428.0
2005	705.1	12,620.2	617.7	12,025.6	736.0	10,397.9	682.4	13,268.8	725.4	10,074.3	531.9	8,179.9	666.4	11,094.4
2006	818.6	13,438.8	602.5	12,628.0	760.5	11,158.4	1,039.6	14,308.4	940.3	11,014.5	529.4	8,709.3	781.8	11,876.2
2007	773.7	14,212.5	818.0	13,446.0	559.1	11,717.5	798.6	15,107.0	650.6	11,665.1	581.6	9,290.9	696.9	12,573.2
2008	714.3	14,926.8	676.0	14,122.0	652.2	12,369.6	773.4	15,880.4	585.6	12,250.7	404.8	9,695.7	634.4	13,207.5
2009	860.1	15,786.9	947.0	15,069.0	736.6	13,106.2	724.6	16,604.9	520.2	12,770.9	568.3	10,264.1	726.1	13,933.7
2010	790.3	16,577.2	796.0	15,865.0	525.1	13,631.3	676.8	17,281.7	536.6	13,307.5	555.1	10,819.2	646.7	14,580.3
2011	1,080.5	17,657.7	898.7	16,763.7	956.4	14,587.7	1,012.0	18,293.7	691.8	13,999.4	733.5	11,552.7	895.5	15,475.8
2012	900.3	18,558.0	873.8	17,637.5	846.9	15,434.6	664.5	18,958.2	668.4	14,667.8	610.1	12,162.8	760.7	16,236.5

Gráfico N° 3.22: ANALISIS DE DOBLE MASA (1991 - 2012)



CUADRO Nº 3.35:

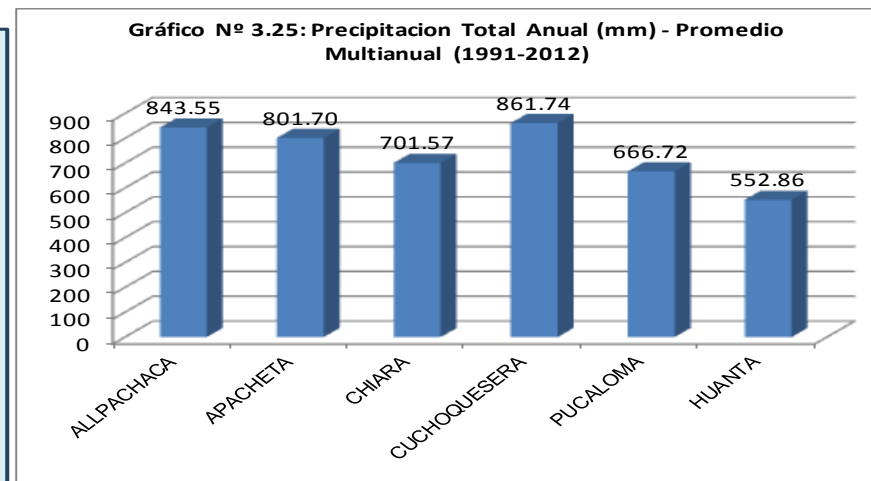
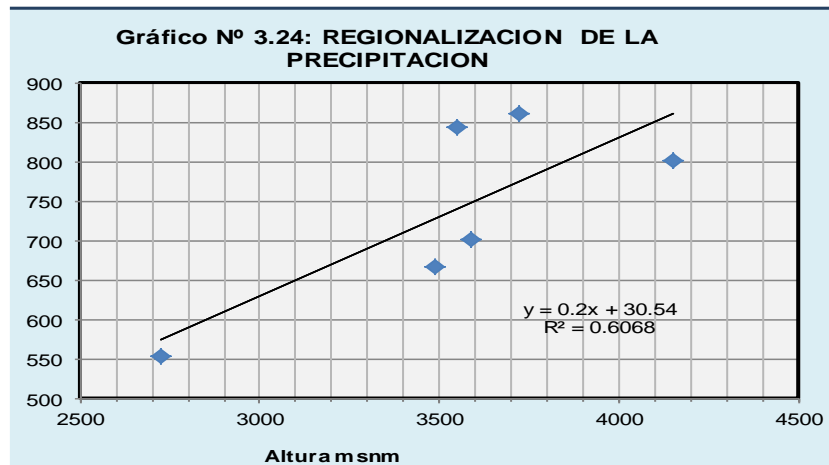
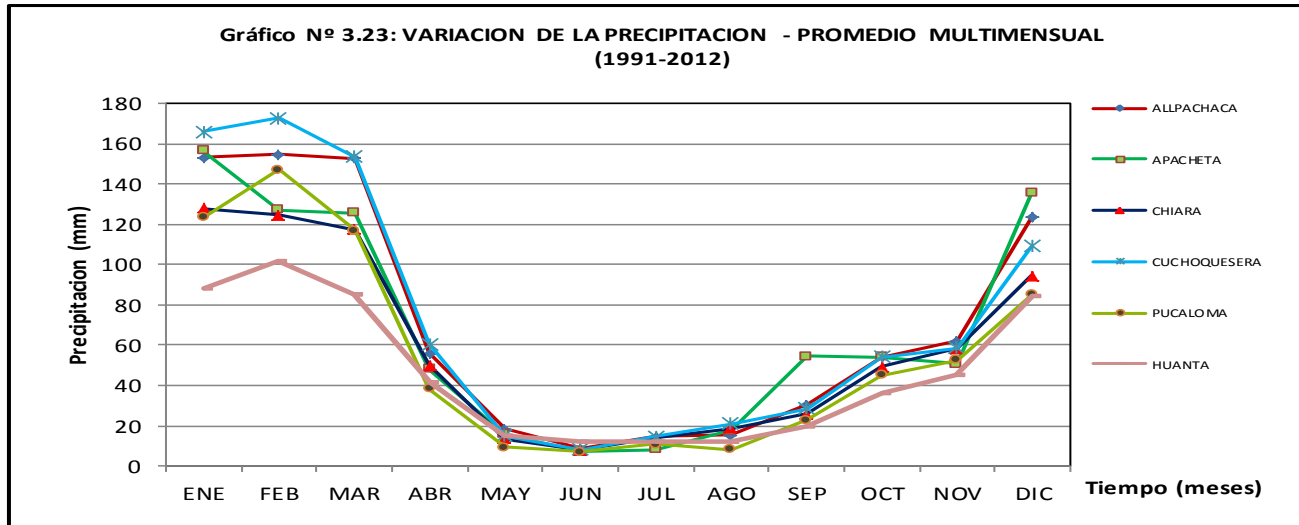
Precipitacion total mensual - Promedio multimensual (1991-2012)

Nº	ESTACION	ALTITUD (msnm)	MESES												TOTAL ANUAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	ALLPACHACA	3550	153.10	154.78	152.78	55.93	18.38	8.75	14.75	15.34	30.42	54.11	61.92	123.29	843.55
2	APACHETA	4150	156.57	127.29	125.80	48.00	15.96	7.40	8.09	17.65	54.65	54.22	50.66	135.43	801.70
3	CHIARA	3587	127.90	124.68	117.38	49.95	13.66	7.86	13.73	18.67	25.87	49.13	58.26	94.47	701.57
4	CUCHOQUESERA	3724	165.76	172.57	153.31	60.48	15.22	8.16	14.84	21.05	28.54	54.26	58.55	108.99	861.74
5	PUCALOMA	3490	123.25	147.25	116.85	38.53	9.52	6.99	10.81	8.09	22.79	45.05	52.47	85.12	666.72
6	HUANTA	2722	87.94	101.60	85.18	41.56	15.16	11.97	12.25	12.23	19.53	35.92	45.32	84.21	552.86

CUADRO Nº 3.36:

Porcentaje de variacion de la precipitacion total mensual (%)

Nº	ESTACION	ALTITUD (msnm)	MESES												TOTAL ANUAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	ALLPACHACA	3550	18.15	18.35	18.11	6.63	2.18	1.04	1.75	1.82	3.61	6.41	7.34	14.62	100.0
2	APACHETA	4150	19.53	15.88	15.69	5.99	1.99	0.92	1.01	2.20	6.82	6.76	6.32	16.89	100.0
3	CHIARA	3587	18.23	17.77	16.73	7.12	1.95	1.12	1.96	2.66	3.69	7.00	8.30	13.47	100.0
4	CUCHOQUESERA	3724	19.24	20.03	17.79	7.02	1.77	0.95	1.72	2.44	3.31	6.30	6.79	12.65	100.0
5	PUCALOMA	3490	18.49	22.09	17.53	5.78	1.43	1.05	1.62	1.21	3.42	6.76	7.87	12.77	100.0
6	HUANTA	2722	15.91	18.38	15.41	7.52	2.74	2.16	2.22	2.21	3.53	6.50	8.20	15.23	100.0



Estación:	GENERADA - CUENCA PACAYCASA												
Distrito:	PACAYACASA							Altitud:	3457.3		msnm		
Provincia:	HUAMANGA							Latitud:	13	1	4		
Región:	AYACUCHO							Longitud:	77	15	33		

CUADRO N° 3.37: REGISTRO DE PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1991	108.6	132.4	103.6	31.7	10.4	9.7	12.0	12.1	17.4	56.5	53.1	49.5	596.9
1992	121.4	141.6	115.8	46.4	1.9	20.0	19.9	11.9	9.2	89.8	27.1	89.6	694.5
1993	178.0	133.5	178.1	63.5	22.5	5.8	19.8	17.3	21.0	77.3	97.9	133.1	947.7
1994	120.7	138.9	130.6	53.4	23.3	2.5	0.2	2.5	20.3	25.4	59.8	56.2	633.9
1995	119.5	137.9	160.9	39.4	9.5	4.7	8.9	4.9	20.4	33.8	99.4	46.7	685.9
1996	156.7	194.6	175.6	53.2	5.8	1.6	4.5	15.9	16.3	45.0	41.9	93.7	804.8
1997	153.8	151.7	81.6	39.0	8.9	0.4	4.3	46.0	33.3	32.8	101.7	121.1	774.6
1998	143.4	113.0	111.3	21.0	2.6	8.9	3.1	12.2	7.1	35.5	44.0	86.2	588.3
1999	149.4	182.1	127.4	73.9	13.0	7.3	7.7	1.4	31.4	46.2	49.8	66.6	756.1
2000	126.4	238.9	143.6	41.8	28.8	27.1	35.8	18.1	12.6	62.9	30.2	74.6	840.6
2001	157.6	103.8	154.4	21.9	43.1	9.2	21.1	18.6	16.2	23.1	96.8	72.8	738.4
2002	89.9	136.7	132.2	24.4	18.6	6.7	57.5	29.1	43.4	64.7	75.4	96.7	775.2
2003	91.1	182.7	189.6	63.8	17.7	3.2	3.6	23.1	15.5	24.1	43.1	113.0	770.5
2004	70.2	151.8	112.2	28.5	9.3	36.0	52.2	28.3	81.9	26.1	57.7	143.1	797.2
2005	112.8	93.1	152.1	33.4	7.7	2.4	18.0	17.5	42.2	72.1	40.9	139.4	731.6
2006	171.8	142.9	148.8	67.9	1.3	12.5	1.2	31.3	0.0	130.6	106.1	112.9	927.3
2007	140.3	102.5	167.4	48.2	5.6	1.2	5.3	0.1	3.9	41.9	38.0	100.7	655.2
2008	146.3	152.3	105.6	25.0	24.2	8.1	0.1	0.0	17.8	57.0	26.1	96.3	658.8
2009	129.4	134.1	74.0	65.5	15.5	0.0	15.5	3.9	2.3	41.5	98.1	68.1	647.8
2010	167.3	103.9	98.8	35.4	11.1	1.4	2.8	9.5	15.1	28.3	15.8	100.4	589.9
2011	207.4	244.2	143.5	91.4	11.6	0.4	16.5	1.4	30.5	30.1	50.6	85.5	913.0
2012	97.2	198.1	112.6	123.0	4.4	8.0	3.4	4.3	4.8	29.5	34.5	134.6	754.4
MEDIA	134.50	150.48	132.71	49.62	13.48	8.06	14.24	14.06	21.03	48.82	58.54	94.58	740.12

Estación:	GENERADA - SECTOR DE RIEGO												
Distrito:	PACAYACASA							Altitud:	2450		msnm		
Provincia:	HUAMANGA							Latitud:	13	4	33		
Región:	AYACUCHO							Longitud:	74	12	2		

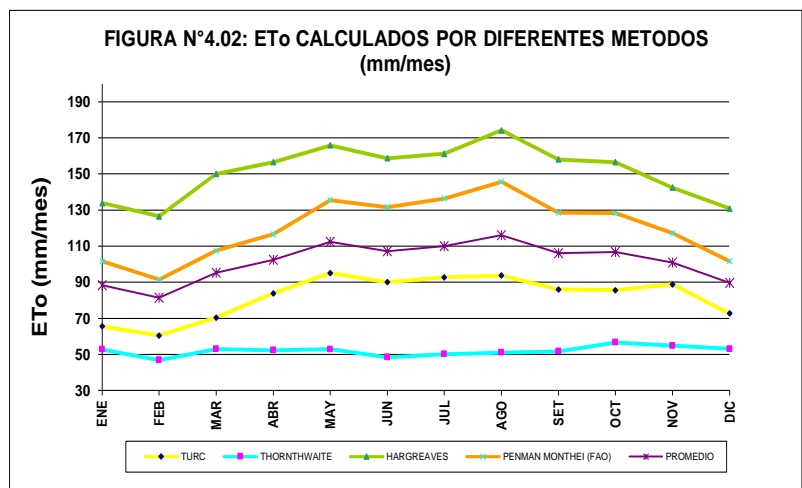
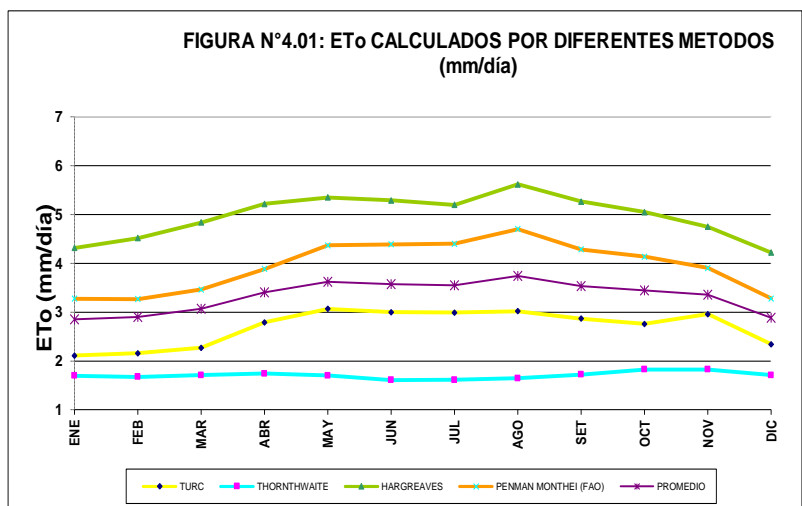
CUADRO N° 3.38: REGISTRO DE PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1991	0.0	21.1	0.0	0.0	0.0	11.3	17.5	25.1	14.0	52.0	32.4	44.9	218.2
1992	191.6	116.6	162.3	71.9	0.9	12.7	0.0	0.0	4.7	21.3	0.0	73.2	655.1
1993	165.2	198.6	233.8	29.9	23.4	5.3	28.3	17.9	0.0	88.8	127.1	51.7	970.0
1994	73.8	198.0	153.1	42.6	40.6	0.2	0.0	3.0	0.0	28.3	96.6	10.5	646.6
1995	111.0	200.3	200.2	28.3	15.5	8.5	18.5	6.5	2.4	35.9	163.3	0.0	790.3
1996	163.3	305.3	243.2	30.4	0.8	1.7	10.3	17.1	0.0	58.5	62.3	59.5	952.4
1997	145.3	219.9	94.4	21.7	7.0	0.7	9.2	64.8	0.0	40.7	180.3	59.7	843.7
1998	123.3	139.2	122.5	0.0	2.5	1.7	7.3	21.4	0.0	11.3	53.0	51.6	533.8
1999	184.0	267.3	141.6	62.9	20.8	13.6	16.0	1.4	0.0	23.8	76.9	4.9	813.1
2000	103.8	372.8	190.8	47.9	34.3	40.1	74.9	29.9	0.0	50.3	48.8	0.0	993.7
2001	96.9	138.1	159.4	0.0	38.9	0.0	27.5	20.2	0.0	6.8	152.4	26.9	667.1
2002	88.6	159.1	132.5	0.0	23.1	14.3	107.5	30.5	0.0	79.7	101.5	0.0	736.6
2003	44.4	291.1	281.0	60.4	24.4	7.8	9.2	21.0	0.0	23.3	72.1	73.3	908.0
2004	83.2	258.3	163.6	34.5	7.3	75.2	120.5	49.0	90.4	17.4	92.2	131.2	1122.8
2005	148.8	122.6	203.2	35.7	4.8	0.8	37.8	28.6	60.0	114.6	50.7	161.8	969.3
2006	266.9	267.7	231.7	88.8	0.0	11.2	0.0	49.2	0.0	311.6	193.7	151.3	1572.0
2007	194.8	121.6	211.1	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	23.3	64.7	651.4
2008	128.6	214.8	154.9	21.3	45.2	0.0	0.0	0.0	2.5	80.5	12.2	140.9	800.8
2009	126.1	91.9	68.3	72.8	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	21.7	105.6	0.0	491.4
2010	83.6	93.2	111.7	54.0	13.4	0.0	0.0	2.9	0.0	3.0	0.0	72.1	433.8
2011	261.1	256.4	176.2	199.9	9.2	0.0	27.8	0.0	19.3	0.7	17.3	42.9	1010.6
2012	77.7	256.0	103.0	269.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	118.0	824.6
MEDIA	130.08	195.89	160.84	54.57	14.19	9.32	23.51	17.66	8.78	49.00	75.53	60.87	800.23

**ANEXO IV:
OFERTA DE AGUA**

CUADRO N° 4.01: CONSOLIDADO DE ETo

Estación	GENERADA - CUENCA PACAYCASA									
Distrito:	PACAYACASA		Altitud:		3457.30 msnm					
Provincia:	HUAMANGA		Latitud:		13		1		4	
Región:	AYACUCHO		Longitud:		77		15		33	
MES	ETo TURC		ETo THORNTHWAITE		ETo HARGREAVES		ETo PENMAN MONTHEI (FAO)		ETo PROMEDIO	
	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes
Enero	2.11	65.48	1.70	52.69	4.32	133.93	3.28	101.57	2.85	88.42
Febrero	2.16	60.41	1.67	46.86	4.52	126.54	3.27	91.55	2.91	81.34
Marzo	2.27	70.42	1.71	52.99	4.84	150.00	3.47	107.43	3.07	95.21
Abril	2.79	83.80	1.74	52.30	5.22	156.60	3.89	116.61	3.41	102.33
Mayo	3.07	95.07	1.70	52.80	5.35	165.87	4.37	135.51	3.62	112.31
Junio	3.00	90.02	1.61	48.35	5.29	158.77	4.39	131.65	3.57	107.20
Julio	2.99	92.71	1.62	50.08	5.20	161.23	4.40	136.43	3.55	110.11
Agosto	3.02	93.64	1.65	51.03	5.62	174.18	4.70	145.76	3.75	116.15
Septiembre	2.87	86.04	1.72	51.67	5.27	158.05	4.29	128.56	3.54	106.08
Octubre	2.76	85.57	1.83	56.60	5.05	156.56	4.14	128.31	3.44	106.76
Noviembre	2.96	88.86	1.83	54.83	4.75	142.51	3.91	117.19	3.36	100.85
Diciembre	2.35	72.70	1.71	53.04	4.22	130.89	3.28	101.71	2.89	89.58
MAXIMOS	3.07	95.07	1.83	56.60	5.62	174.18	4.70	145.76	3.75	116.15



Cuadro N° 4.02: Evapotranspiración Potencial

MES	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm/mes)				Promedio
	ETP TURC	ETP THORNTHWAITE	ETP HARGREAVES	ETP PENMAN MONTHEI	
Enero	79.26	59.04	177.83	126.33	110.61
Febrero	67.71	50.12	149.57	104.65	93.01
Marzo	71.91	53.66	154.71	109.57	97.46
Abril	77.29	49.81	138.70	104.27	92.52
Mayo	80.97	47.84	129.71	109.04	91.89
Junio	73.42	42.63	116.03	100.70	83.19
Julio	76.83	44.59	120.72	107.24	87.35
Agosto	82.95	47.37	144.71	127.14	100.54
Setiembre	83.65	50.79	151.48	126.01	102.98
Octubre	91.76	59.03	173.88	141.62	116.57
Noviembre	88.86	60.39	181.29	141.06	117.90
Diciembre	72.70	60.12	178.92	128.86	110.15
Total	947.30	625.39	1,817.56	1,426.49	1,204.18

Cuadro N° 4.03

MES	Pp mensual.	T° Max
		(°C)
Ene.	134.50	11.80
Feb.	150.48	11.40
Mar.	132.71	11.34
Abr.	49.62	11.23
May.	13.48	10.77
Jun.	8.06	10.15
Jul.	14.24	10.21
Ago.	14.06	10.57
Sep.	21.03	11.27
Oct.	48.82	12.17
Nov.	58.54	12.47
Dic.	94.58	11.93
Total	740.12	

Cálculo Coef. Escorrentía - Método Turc	
Temperatura Media Anual(T):	11.28
Coeficiente de Temperatura(L):	653.76
Déficit de Escurrimiento(D):	501.08
Coeficiente de Escorrentía(C):	0.33
Coeficiente de Escorrentía Elegido (C):	0.33

**DETERMINACION DE CAUDALES MENSUALES
METODO DE LUTZ SCHOLZ (PACAYCASA)**

área de la Cuenca = 65.86 Km²

Cuadro N° 4.04

MES	PRECIPITACIONES (1991 - 2012)					CAUDAL AFORADO	
	P	PE1	PE2	PE3	PE	Q	CM
	mm/mes					m3/s	mm/mes
Ene	134.50	22.8	49.5	75.5	57.1	0.00	0.00
Feb	150.48	33.0	64.2	91.1	73.0	0.00	0.00
Mar	132.71	21.8	48.0	73.6	55.4	0.00	0.00
Abr	49.62	1.1	5.8	10.6	7.1	0.00	0.00
May	13.48	0.0	1.5	3.1	1.9	0.00	0.00
Jun	8.06	0.0	0.9	2.0	1.2	0.00	0.00
Jul	14.24	0.0	1.6	3.2	2.0	0.00	0.00
Ago	14.06	0.0	1.6	3.2	2.0	0.00	0.00
Set	21.03	0.0	2.2	4.5	2.8	0.00	0.00
Oct	48.82	1.1	5.7	10.4	7.0	0.00	0.00
Nov	58.54	1.8	7.7	13.6	9.4	0.00	0.00
Dic	94.58	7.3	21.3	35.3	25.3	0.00	0.00
	740.12	88.8	209.9	326.2	244.2	0.00	0.00

Plan Meris II,1980

Descripción	Valor del Coeficiente		
	Curva I	Curva II	Curva III
a ₀	-0.01800	-0.02130	-0.0280
a ₁	-0.01850	0.13580	0.2756
a ₂	0.001105	-0.002296	-0.004103
a ₃	-1.20E-05	4.35E-05	5.53E-05
a ₄	1.44E-07	-8.90E-08	1.24E-07
a ₅	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

C =	0.33
------------	-------------

C₁ = -0.28

C₂ = 1.28

C₁ + C₂ = 1.00

1º CALCULO DE LA RETENCION

Descripción	Pendiente de	Lámina de	Área	Retención Anual
	%	mm/año	Km2	m3/año
Napa Freática (Acuíferos)	0.08	314.4	-1.4	-4.4E+05
Lagunas		0	0	0.0E+00
Nevados		0		0.0E+00
TOTAL				-4.40E+05

Retención total = -0.4402 MMC = -6.68 mm/año

2º CALCULO DEL COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO

CRITERIO N° 1

- A = 65.86 Area (Km²)
- EP = 1,204.18 Evapotranspiración (mm/año)
- T = 214 Días de la estación seca (días)
- R = 314.40 Retención anual (mm/año)

$$a = 3.1249 \times 10^{67} A^{-0.1144} EP^{-19.336} T^{-3.369} R^{-1.429} = 0.000199$$

CRITERIO N° 2

Clase de Cuenca : 3
 Coeficiente b : 0.026

$$a = -0.00252 \ln A + 0.026 = 0.01545$$

Coeficiente de Agotamiento : $a = 0.01545$

RAZON DE AGOTAMIENTO MENSUAL: $b_0 = e^{-at}$

Razón Mensual : $t = 30$ días

$$b_0 = 0.629$$

GASTO DE RETENCION EN EL PERIODO SECO: $b_{mes\ i} = b_0^i e^{-at}$

Período Seco :

Mes inicial = Abril
 Mes final = Octubre

Cuadro N° 4.05

N°	N° Días	Mes	$b_{mes\ i}$	$G_{mes\ i}$ mm/mes	A_i Región 5	$A_{mes\ i}$ mm/mes
1		enero			65.0	- 4.3
2		febrero			15.0	- 1.0
3		marzo			5.0	- 0.3
4	1	abril	0.629	-2.63	-	-
5	2	mayo	0.384	-1.61	-	-
6	3	junio	0.249	-1.04	-	-
7	4	julio	0.147	-0.62	-	-
8	5	agosto	0.091	-0.38	-	-
9	6	septiembre	0.062	-0.26	-	-
10	7	octubre	0.035	-0.15	10.0	- 0.7
11		noviembre			-	-
12		diciembre			5.0	- 0.3
TOTAL			1.597	-6.68	100.00	-6.68

Cuadro N° 4.06: CALCULO DE CAUDALES RIO PACAYCASA

N°	Mes	N° Días	PE	Gasto de Retención G_i (mm/mes)	Abastecimiento de la Retención A_i (mm/mes)	Caudales Generados	
						mm/mes	m³/s
		días	mm/mes	G_i (mm/mes)	A_i (mm/mes)	mm/mes	m³/s
1	Ene	31	57.11	0.00	-4.34	61.45	1.51
2	Feb	28	73.02	0.00	-1.00	74.02	2.02
3	Mar	31	55.41	0.00	-0.33	55.74	1.37
4	Abr	30	7.15	-2.63	0.00	4.51	0.11
5	May	31	1.92	-1.61	0.00	0.31	0.01
6	Jun	30	1.21	-1.04	0.00	0.17	0.00
7	Jul	31	2.01	-0.62	0.00	1.40	0.03
8	Ago	31	1.99	-0.38	0.00	1.61	0.04
9	Sep	30	2.83	-0.26	0.00	2.57	0.07
10	Oct	31	6.97	-0.15	-0.67	7.50	0.18
11	Nov	30	9.36	0.00	0.00	9.36	0.24
12	Dic	31	25.25	0.00	-0.33	25.59	0.63
	Año	365	244.24	-6.68	-6.68	20.35	0.52

Cuadro Nº 4.07: CALCULO DE REGRESION TRIPLE SIMPLE

Nº	Mes	CAUDALES GENERADOS				PE II		CALCULOS					
		Q t	Q t-1	Q t	Q t-1	PE t	X3	X11	X12	X13	X22	X23	X33
		m3/s	m3/s	X1 mm/mes	X2 mm/mes	X3 mm/mes							
1	Ene	1.51	0.63	61.45	25.59	49.53	3776.59	1572.47	3043.80	654.74	1267.36	2453.19	
2	Feb	2.02	1.51	74.02	61.45	64.20	5479.54	4549.07	4752.08	3776.59	3945.13	4121.19	
3	Mar	1.37	2.02	55.74	74.02	47.99	3107.37	4126.38	2674.97	5479.54	3552.18	2302.74	
4	Abr	0.12	1.37	4.57	55.74	5.81	20.85	254.53	26.53	3107.37	323.94	33.77	
5	May	0.01	0.12	0.30	4.57	1.50	0.09	1.36	0.44	20.85	6.83	2.24	
6	Jun	0.00	0.01	0.19	0.30	0.95	0.04	0.06	0.18	0.09	0.28	0.90	
7	Jul	0.03	0.00	1.37	0.19	1.57	1.88	0.26	2.15	0.04	0.30	2.46	
8	Ago	0.04	0.03	1.59	1.37	1.55	2.52	2.17	2.46	1.88	2.13	2.41	
9	Sep	0.07	0.04	2.58	1.59	2.21	6.64	4.09	5.68	2.52	3.50	4.87	
10	Oct	0.18	0.07	7.48	2.58	5.67	56.00	19.28	42.41	6.64	14.60	32.12	
11	Nov	0.24	0.18	9.36	7.48	7.68	87.52	70.01	71.85	56.00	57.47	58.98	
12	Dic	0.63	0.24	25.59	9.36	21.29	654.74	239.38	544.76	87.52	199.17	453.25	
SUMA =				244.24	244.24	209.93	13193.77	10839.06	11167.32	13193.77	9372.89	9468.11	

Xm1 = 20.35 S11 = 8222.75 S22 = 8222.75 b1 = -0.194 r = 1.00
 Xm2 = 20.35 S12 = 5868.04 S23 = 5100.16 b2 = -0.053 S = 1.06
 Xm3 = 17.49 S13 = 6894.59 S33 = 5795.59 b3 = 1.237

Cuadro Nº 4.08: GENERACION DE NUMEROS ALEATORIOS

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1991	0.61	0.83	0.19	0.99	0.97	0.12	0.17	0.37	0.85	0.43	0.36	0.37
1992	0.25	0.44	0.06	0.33	0.84	0.74	0.72	0.47	0.91	0.85	0.90	0.42
1993	0.93	0.06	0.27	0.53	0.24	0.38	0.33	0.36	0.97	0.14	0.05	0.53
1994	0.05	0.30	0.07	0.52	0.37	0.22	0.66	0.91	0.24	0.17	0.22	0.78
1995	0.25	0.10	0.82	0.47	0.79	0.59	0.18	0.51	0.91	0.32	0.19	0.56
1996	0.40	0.44	0.19	0.76	0.64	0.85	0.16	0.09	0.33	0.91	0.71	0.29
1997	0.56	0.20	0.29	0.36	0.36	0.40	0.52	0.85	0.93	0.44	0.83	0.73
1998	0.49	0.74	0.57	0.06	0.83	0.54	0.30	0.29	0.07	0.12	0.13	0.69
1999	0.88	0.68	0.75	0.74	0.95	1.00	0.33	0.81	0.92	0.10	0.43	0.17
2000	0.44	0.67	0.08	0.34	0.31	0.26	0.62	0.46	0.05	0.86	0.81	0.75
2001	0.15	0.49	0.49	0.51	0.62	0.29	0.63	0.27	0.35	0.16	0.84	0.50
2002	0.91	0.60	0.21	0.31	0.54	0.34	0.97	0.43	0.52	0.37	0.49	0.82
2003	0.09	0.24	0.05	0.59	0.80	0.60	0.94	0.89	0.53	0.92	0.63	0.62
2004	0.33	0.52	0.78	0.59	0.59	0.42	0.78	0.72	0.90	0.09	0.10	0.11
2005	0.16	0.65	0.18	0.27	0.24	0.53	0.99	0.04	0.69	0.48	0.69	0.50
2006	0.94	0.80	0.50	0.93	0.18	0.06	0.41	0.91	0.77	0.00	0.46	0.66
2007	0.64	0.67	0.89	0.72	0.75	0.66	0.41	0.17	0.64	0.38	0.62	0.38
2008	0.98	0.54	0.58	0.39	0.27	0.53	0.97	0.72	0.19	0.94	0.14	0.52
2009	0.02	0.10	0.09	0.27	0.40	0.86	0.69	0.38	0.41	0.96	0.85	0.95
2010	0.64	0.68	0.46	0.67	0.55	0.93	0.71	0.99	0.82	0.23	0.06	0.97
2011	0.09	0.45	0.74	0.02	0.55	0.15	0.13	0.71	0.39	0.74	0.96	0.67
2012	0.80	0.09	0.12	0.41	0.93	0.38	0.49	0.03	0.10	0.26	0.35	0.92

Media = 0.50
Desv. Est. : 0.28

Cuadro Nº 4.11: PRECIPITACION EFECTIVA MENSUAL (mm) - PE II - ESTACION GENERADA PACAYCASA)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1991	29.63	47.70	26.48	3.27	1.19	1.11	1.35	1.36	1.87	7.20	6.49	5.79	133.45
1992	38.81	55.88	34.66	5.25	0.22	2.11	2.10	1.34	1.07	18.84	2.79	18.78	181.84
1993	91.64	48.69	91.72	8.93	2.34	0.70	2.09	1.86	2.21	13.43	23.09	48.34	335.06
1994	38.30	53.44	46.23	6.55	2.42	0.31	0.00	0.30	2.14	2.62	7.98	7.15	167.45
1995	37.34	52.55	74.42	4.20	1.09	0.57	1.03	0.60	2.14	3.50	23.98	5.30	206.74
1996	70.25	107.81	89.21	6.50	0.70	0.19	0.55	1.73	1.77	5.03	4.56	20.81	309.09
1997	67.47	65.40	15.16	4.14	1.04	0.03	0.52	5.18	3.44	3.39	25.34	38.58	229.70
1998	57.51	32.63	31.47	2.20	0.32	1.04	0.38	1.37	0.85	3.71	4.86	17.14	153.49
1999	63.22	95.77	43.55	12.18	1.45	0.86	0.91	0.17	3.24	5.21	5.84	9.81	242.20
2000	42.74	136.11	57.68	4.54	2.96	2.79	3.74	1.94	1.41	8.77	3.10	12.44	278.21
2001	71.18	26.58	67.98	2.29	4.72	1.07	2.21	1.97	1.75	2.40	22.52	11.80	216.47
2002	18.90	51.49	47.57	2.52	1.98	0.80	7.43	3.00	4.77	9.27	12.73	22.42	182.87
2003	19.51	96.34	103.12	9.03	1.89	0.40	0.44	2.40	1.69	2.49	4.72	32.65	274.67
2004	10.92	65.51	32.11	2.93	1.08	3.77	6.30	2.91	15.29	2.69	7.48	57.23	208.20
2005	32.51	20.50	65.82	3.46	0.90	0.29	1.92	1.87	4.60	11.57	4.41	53.91	201.77
2006	85.41	57.12	62.62	10.21	0.15	1.40	0.14	3.23	0.00	46.20	28.03	32.57	327.07
2007	54.67	25.77	80.98	5.55	0.68	0.14	0.64	0.00	0.48	4.56	4.02	24.75	202.25
2008	60.22	65.96	27.73	2.58	2.51	0.96	0.00	0.00	1.91	7.33	2.69	22.24	194.11
2009	45.17	49.19	12.20	9.51	1.69	0.00	1.69	0.47	0.28	4.50	23.22	10.26	158.18
2010	80.87	26.67	23.60	3.69	1.26	0.16	0.35	1.10	1.65	2.91	1.72	24.52	168.52
2011	119.00	136.77	57.59	19.63	1.31	0.03	1.78	0.16	3.14	3.10	6.00	16.85	365.36
2012	22.70	111.03	32.38	40.07	0.53	0.94	0.42	0.53	0.58	3.03	3.59	49.61	265.41

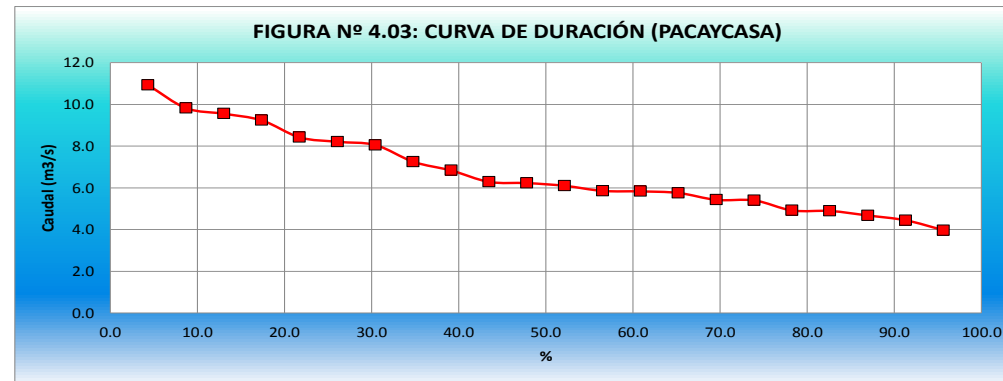
Cuadro Nº 4.12: GENERACION DE CAUDALES MENSUAL (mm/mes)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1990													0
1991	36.47	56.89	29.48	2.34	1.22	1.07	1.37	1.39	2.08	8.59	7.35	6.56	154.82
1992	47.42	66.36	39.06	4.19	-0.10	2.45	2.30	1.33	1.11	23.09	2.07	22.91	212.20
1993	111.96	53.99	110.32	4.97	2.41	0.53	2.34	1.96	2.49	16.23	27.44	58.12	392.76
1994	44.00	63.51	53.53	5.06	2.51	0.02	-0.17	0.24	2.40	2.88	9.49	8.18	191.65
1995	45.51	62.31	88.55	0.27	1.18	0.46	1.02	0.49	2.48	3.98	29.21	4.81	240.27
1996	86.41	128.50	103.22	2.36	0.56	0.05	0.44	1.87	1.87	5.98	5.15	25.23	361.65
1997	81.90	76.27	14.45	4.14	0.85	-0.22	0.47	6.24	3.79	3.79	30.98	45.89	268.54
1998	68.48	36.54	36.78	0.51	0.21	1.09	0.19	1.47	0.72	4.31	5.54	20.73	176.55
1999	76.92	114.15	47.60	12.35	1.00	0.88	0.86	0.01	3.87	5.99	6.70	11.53	281.87
2000	52.04	165.36	62.25	2.07	3.33	3.04	4.28	1.97	1.38	10.63	3.12	15.06	324.52
2001	86.98	28.03	82.38	-1.76	5.76	0.79	2.51	2.08	1.84	2.63	27.56	12.93	251.72
2002	22.54	62.28	55.27	-0.05	2.26	0.66	9.02	3.02	5.54	10.95	14.96	26.77	213.23
2003	22.45	117.70	120.99	4.53	1.95	0.20	0.39	2.80	1.75	2.85	5.51	39.90	321.01
2004	11.16	80.22	35.27	1.56	1.07	4.40	7.39	3.03	18.60	2.08	8.90	70.05	243.72
2005	36.23	23.24	79.91	-0.21	0.90	0.13	2.24	1.94	5.42	13.82	4.54	66.22	234.39
2006	101.94	65.03	73.76	8.55	-0.50	1.51	-0.11	3.85	-0.36	56.89	31.43	38.43	380.42
2007	65.38	28.21	98.49	1.45	0.60	-0.03	0.59	-0.27	0.43	5.40	4.51	30.15	234.91
2008	72.73	77.50	29.97	1.39	2.80	0.84	-0.18	-0.16	2.13	8.81	2.61	27.17	225.61
2009	54.15	57.69	11.76	10.90	1.30	-0.22	1.93	0.27	0.12	5.42	28.28	11.04	182.66
2010	99.24	27.52	27.51	2.93	1.22	0.00	0.26	1.21	1.83	3.27	1.70	30.10	196.80
2011	145.30	161.18	62.45	20.69	0.33	-0.22	1.97	-0.07	3.68	3.47	7.10	20.28	426.15
2012	26.83	135.62	32.56	47.61	-2.02	1.06	0.26	0.38	0.45	3.50	4.04	60.99	311.29

Cuadro Nº 4.13: GENERACION DE CAUDALES MENSUALES RIO PACAYCASA (m3/s)

Area de Cuenca = 65.86 Km²

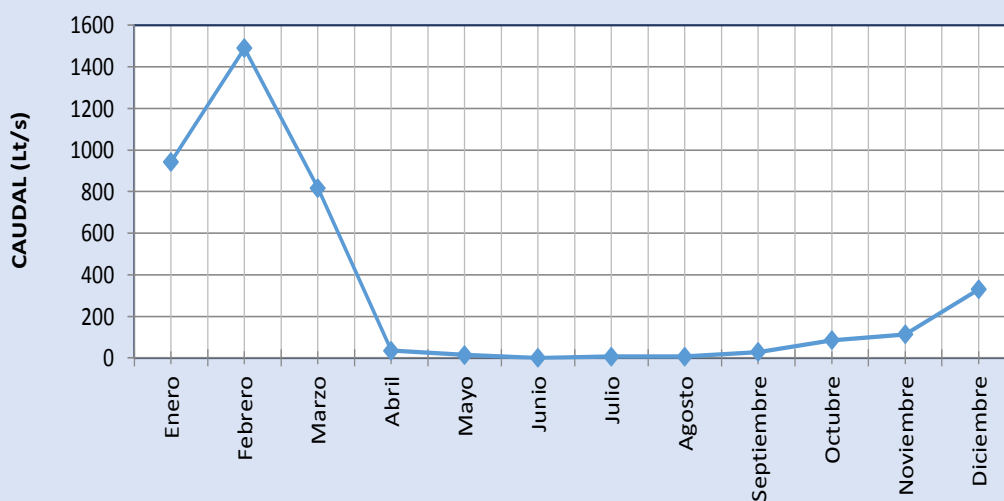
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
1991	0.90	1.55	0.72	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.21	0.19	0.16	0.33
1992	1.17	1.81	0.96	0.11	0.00	0.06	0.06	0.03	0.03	0.57	0.05	0.56	0.45
1993	2.75	1.47	2.71	0.13	0.06	0.01	0.06	0.05	0.06	0.40	0.70	1.43	0.82
1994	1.08	1.73	1.32	0.13	0.06	0.00	0.00	0.01	0.06	0.07	0.24	0.20	0.41
1995	1.12	1.70	2.18	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.06	0.10	0.74	0.12	0.51
1996	2.12	3.50	2.54	0.06	0.01	0.00	0.01	0.05	0.05	0.15	0.13	0.62	0.77
1997	2.01	2.08	0.36	0.11	0.02	-0.01	0.01	0.15	0.10	0.09	0.79	1.13	0.57
1998	1.68	0.99	0.90	0.01	0.01	0.03	0.00	0.04	0.02	0.11	0.14	0.51	0.37
1999	1.89	3.11	1.17	0.31	0.02	0.02	0.02	0.00	0.10	0.15	0.17	0.28	0.60
2000	1.28	4.50	1.53	0.05	0.08	0.08	0.11	0.05	0.04	0.26	0.08	0.37	0.70
2001	2.14	0.76	2.03	-0.04	0.14	0.02	0.06	0.05	0.05	0.06	0.70	0.32	0.52
2002	0.55	1.70	1.36	0.00	0.06	0.02	0.22	0.07	0.14	0.27	0.38	0.66	0.45
2003	0.55	3.20	2.97	0.12	0.05	0.01	0.01	0.07	0.04	0.07	0.14	0.98	0.68
2004	0.27	2.18	0.87	0.04	0.03	0.11	0.18	0.07	0.47	0.05	0.23	1.72	0.52
2005	0.89	0.63	1.96	-0.01	0.02	0.00	0.06	0.05	0.14	0.34	0.12	1.63	0.49
2006	2.51	1.77	1.81	0.22	-0.01	0.04	0.00	0.09	-0.01	1.40	0.80	0.94	0.80
2007	1.61	0.77	2.42	0.04	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.01	0.13	0.11	0.74	0.49
2008	1.79	2.11	0.74	0.04	0.07	0.02	0.00	0.00	0.05	0.22	0.07	0.67	0.48
2009	1.33	1.57	0.29	0.28	0.03	-0.01	0.05	0.01	0.00	0.13	0.72	0.27	0.39
2010	2.44	0.75	0.68	0.07	0.03	0.00	0.01	0.03	0.05	0.08	0.04	0.74	0.41
2011	3.57	4.39	1.54	0.53	0.01	-0.01	0.05	0.00	0.09	0.09	0.18	0.50	0.91
2012	0.66	3.69	0.80	1.21	-0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.09	0.10	1.50	0.67
MAX	3.573	4.502	2.975	1.210	0.142	0.112	0.222	0.153	0.473	1.399	0.799	1.722	0.911
MIN	0.275	0.633	0.289	-0.045	-0.050	-0.006	-0.004	-0.007	-0.009	0.051	0.043	0.118	0.331
PROM	1.560	2.089	1.448	0.157	0.032	0.021	0.044	0.039	0.073	0.229	0.310	0.730	0.561
R (lt/s/km2)	23.692	31.718	21.987	2.383	0.489	0.324	0.668	0.595	1.116	3.472	4.703	11.083	8.519
Q (75%)	0.943	1.489	0.817	0.035	0.014	0.000	0.007	0.007	0.029	0.085	0.114	0.330	0.460
Q (90%)	0.564	0.763	0.681	0.000	-0.001	-0.005	-0.002	-0.001	0.011	0.070	0.067	0.208	0.391
Q (95%)	0.552	0.749	0.371	-0.005	-0.011	-0.005	-0.004	-0.003	0.003	0.064	0.053	0.163	0.371



Cuadro N° 4.14: RENDIMIENTO DE LA MICROCUENCA PACAYCASA

MESES	RENDIMIENTO MEDIO MENSUAL (Lt/seg/Km2)	AREA DE CUENCA EN ESTUDIO (Km2)	ESCURRIMIENTO ESTIMADO (lt/seg)	RENDIMIENTO AL 75% DE PERSISTENCIA
Enero	23.69	65.86	1,560.33	943.00
Febrero	31.72	65.86	2,088.93	1,489.00
Marzo	21.99	65.86	1,448.07	817.00
Abril	2.38	65.86	156.91	35.00
Mayo	0.49	65.86	32.21	14.00
Junio	0.32	65.86	21.36	0.00
Julio	0.67	65.86	44.01	7.00
Agosto	0.60	65.86	39.20	7.00
Septiembre	1.12	65.86	73.47	29.00
Octubre	3.47	65.86	228.65	85.00
Noviembre	4.70	65.86	309.73	114.00
Diciembre	11.08	65.86	729.92	330.00
Rendimiento promedio (Lt/seg/Km2)			8.5	4.9

FIGURA N° 4.04: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% DE PERSISTENCIA



**ANEXO V:
MÁXIMAS AVENIDAS**

CUADRO N° 5.1: Longitud de las estaciones meteorológicas

N°	ESTACION	ALTITUD (msnm)	LONGITUD DE REGISTRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS																				
			1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	Putacca	3589																					
2	Choccoro	4061																					
3	Allpachaca	3550																					
4	Tambillo	3250																					
5	Tunsulla	3900																					
6	Chiara	3599																					

CUADRO N° 5.2: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS, ESTACION PACAYCASA

AÑO	Putacca	Choccoro	Allpachaca	Tambillo	Tunsulla	Chiara	PACAYCASA
	ALTITUD (msnm)						
	3589	4061	3550	3250	3900	3599	3377.45
1992	23.5	---	45.7	35.3	35.3	---	45.7
1993	31.8	---	57.4	37.9	38.1	31.0	57.4
1994	29.0	---	35.9	52.2	42.3	30.3	52.2
1995	37.1	---	34.5	24.5	47.9	22.4	47.9
1996	35.4	---	38.1	28.3	24.5	27.9	38.1
1997	43.4	---	28.3	41.7	50.1	23.7	50.1
1998	39.2	23.0	35.2	31.2	49.3	23.9	49.3
1999	45.1	19.2	21.1	28.6	47.9	24.4	47.9
2000	45.9	19.4	41.9	41.5	38.8	19.1	45.9
2001	35.7	19.2	28.5	48.5	43.7	38.0	48.5
2002	29.1	18.6	28.5	41.1	35.3	27.3	41.1
2003	21.5	18.8	25.4	38.4	35.3	30.2	38.4
2004	35.1	17.8	69.0	27.9	45.1	25.5	69.0
2005	31.4	18.8	27.6	47.0	25.0	27.3	47.0
2006	29.7	17.4	28.2	21.5	32.0	26.0	32.0
2007	29.0	19.6	43.5	27.0	18.0	22.0	43.5
2008	27.9	31.8	26.0	---	16.6	18.4	31.8
2009	0.0	31.8	0.0	---	---	24.0	31.8
2010	34.6	19.8	37.4	---	---	28.1	37.4
Prom.	31.8	21.2	34.3	35.8	36.8	26.1	36.8

CUADRO N° 5.3: AJUSTE MÁXIMO VEROSIMILITUD - GUMBEL

DATOS DE ENTRADA		
i	Año	Pp (mm)
1	1959	31.80
2	1931	31.80
3	1973	32.00
4	1944	37.40
5	1981	38.10
6	1967	38.40
7	1932	41.08
8	1974	41.90
9	1971	43.50
10	1984	45.70
11	1936	47.00
12	1946	47.90
13	1938	47.90
14	1960	48.49
15	1937	49.30
16	1988	50.10
17	1947	52.20
18	1972	57.40
19	1963	69.00
N =	19	

Promedio =	44.788	M. Momentos	
Desv. Est. =	9.287	$\alpha =$	7.241 = $b'' = \sqrt{6/\pi} \times \hat{s}$
Coef. Asim. =	0.733	$\beta =$	40.608 = $a'' = x_m - 0.45b''$
Máximo =	69.000		
Mínimo =	31.800		

AJUSTE DE ESTADÍSTICA - LEY GUMBEL

si: $F(x) = \exp(-\exp(-(x-a)/b))$ Fuente: Guevara (2015).
 De donde la variable reducida $y = (x - a)/b$ Métodos para el análisis
 de variables hidrológicas y
 ambientales. Lima - Perú.
 Se tiene: $F(x) = \exp(-\exp(-y))$ Pg. 65-73.
 PPmax empírica corregida $x_q = a + b y_q$

Estamos buscando valores a y b ??

de acuerdo con el método de momentos:

Promedio =	$x_m =$	$1/(n) \sum x_i$
Desviación estándar =	$\hat{s}^2 =$	$1/n \sum (x_i - x_m)^2$
$b'' = \sqrt{6/\pi} \times \hat{s}$		$a'' = x_m - 0.45b''$

Después de que el método de máxima verosimilitud:

$b'' = x_m - [\sum x_i \exp(-x_i/b'') / \sum \exp(-x_i/b'')]$

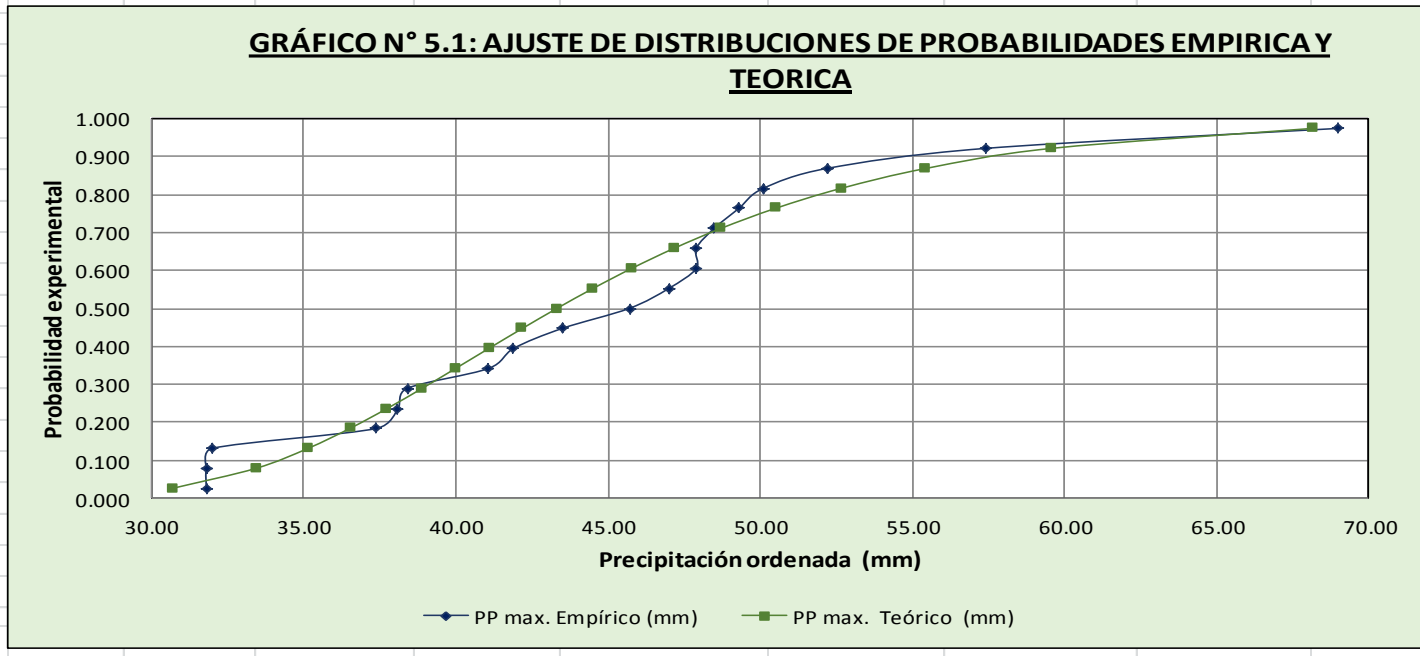
Resuelta la ecuación iterativa

$a'' = b'' \ln [n / \sum \exp(-x_i/b'')]$

CUADRO N°5.4: AJUSTE DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN POR MÁXIMO VEROSIMILITUD

b"	N°	Año	PP max. Empírico (mm) A...Z	Rang. (r)	$x_i \exp(-x_i / b")$	$\exp(-x_i / b")$	Hazen $P(x)=(i-0.5)/n$	Variable reducida (uq) $y_q = (x_q-a)/b$	PP max. Teórico (mm) $x_q = a + b y_q$
7.62082241	1	1959	31.80	1	0.490	0.015	0.026	-1.291	30.69
	2	1931	31.80	2	0.490	0.015	0.079	-0.932	33.43
	3	1973	32.00	3	0.480	0.015	0.132	-0.707	35.14
	4	1944	37.40	4	0.276	0.007	0.184	-0.526	36.52
	5	1981	38.10	5	0.257	0.007	0.237	-0.365	37.75
	6	1967	38.40	6	0.249	0.006	0.289	-0.215	38.89
	7	1932	41.08	7	0.187	0.005	0.342	-0.070	40.00
	8	1974	41.90	8	0.172	0.004	0.395	0.073	41.09
	9	1971	43.50	9	0.144	0.003	0.447	0.218	42.19
	10	1984	45.70	10	0.114	0.002	0.500	0.367	43.32
	11	1936	47.00	11	0.099	0.002	0.553	0.522	44.51
	12	1946	47.90	12	0.089	0.002	0.605	0.689	45.78
	13	1938	47.90	13	0.089	0.002	0.658	0.871	47.17
	14	1960	48.49	14	0.084	0.002	0.711	1.074	48.71
	15	1937	49.30	15	0.076	0.002	0.763	1.308	50.50
	16	1988	50.10	16	0.070	0.001	0.816	1.592	52.66
	17	1947	52.20	17	0.055	0.001	0.868	1.958	55.46
	18	1972	57.40	18	0.031	0.001	0.921	2.498	59.57
	19	1963	69.00	50	0.008	0.000	0.974	3.624	68.15
N =	19	Promed.	44.79		3.4606	0.0931			

Tamaño de muestra	n =	19		
Valor por modificar	b'' =	7.62	$b'' = x_m - [\sum x_i \exp(-x_i/b'') / \sum \exp(-x_i/b'')]$	
	a'' =	40.53	$a'' = b'' \ln [n / \sum \exp(-x_i/b'')]$	
Donde:				
			$204.061 = n / \sum \exp(-x_i/b'')$	
			$5.318 = \ln [n / \sum \exp(-x_i/b'')]$	
A eliminar	a'' =	41.36	$a'' = x_m - 0.45b''$	
Valor por definir			$X_m = A4 + (F54/G54)$	44.79 Período de retorno
Valor objetivo			$X_m = 1 / (n) \sum X_i$	44.79 No supere la Frecuencia
Valor por modificar	b'' =		$b'' = x_m - [\sum x_i \exp(-x_i/b'') / \sum \exp(-x_i/b'')]$	7.62



13	69.00	47.90	0.65	0.694	0.044
14	47.00	48.49	0.70	0.714	0.014
15	32.00	49.30	0.75	0.740	0.010
16	43.50	50.10	0.80	0.764	0.036
17	31.80	52.20	0.85	0.817	0.033
18	31.80	57.40	0.90	0.906	0.006
19	37.40	69.00	0.95	0.980	0.030
				Δmax =	0.112

Media	44.79			M. Momentos	
Desv. Est.	9.29			α =	0.14
n	19.00			β =	40.61

Prueba de bondad: Kolmogorov – Smirnov

$M_x = 44.79$
 $S_x = 9.29$ $\Delta \max = \text{MAX}[\text{abs}(F(x)-P(x))]= 0.11$

Tabla Δ₀ (Kolmogorov – Smirnov)

Coeficientes de bondad de ajuste

Nivel de significación:	0.05	Δ₀ (tabla)	Δ	Δ₀>Δ
Tamaño de muestra:	19.0			
Δ ₀ (tabla):	0.31	0.31	0.11	OK

Fuente: Villón (2011), Hidrología Estadística. Lima-Prú. Pg. 250-256

$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_x$	$\beta = \bar{X} - 0.450047 * S_x$
---------------------------------------	------------------------------------

CUADRO N° 5.6: AJUSTE DE DISTRIBUCION LOG - GUMBEL

Datos de entrada		Weibull	Log - Gumbel		
i	Empírico Pp (mm) A...Z		P(x)= Ln(x) i/(n+1)	Distribución F(x) EXP(-EXP(-(LNx-β)/α))	Δ abs(F(x)-P(x))
1	31.80	0.05	3.459	0.014	0.036
2	31.80	0.10	3.459	0.014	0.086
3	32.00	0.15	3.466	0.016	0.134
4	37.40	0.20	3.622	0.214	0.014
5	38.10	0.25	3.640	0.253	0.003
6	38.40	0.30	3.648	0.271	0.029
7	41.08	0.35	3.716	0.426	0.076
8	41.90	0.40	3.735	0.470	0.070
9	43.50	0.45	3.773	0.551	0.101
10	45.70	0.50	3.822	0.646	0.146
11	47.00	0.55	3.850	0.694	0.144
12	47.90	0.60	3.869	0.723	0.123
13	47.90	0.65	3.869	0.723	0.073

CUADRO N° 5.6: AJUSTE DE DISTRIBUCION LOG - GUMBEL

Datos de entrada		Weibull	Log - Gumbel		
i	Empírico Pp (mm) A...Z		P(x) i/(n+1)	P(x)= Ln(x)	Distribución F(x) EXP(-EXP(-(-LNx-β)/α))
1	31.80	0.05	3.459	0.014	0.036
2	31.80	0.10	3.459	0.014	0.086
3	32.00	0.15	3.466	0.016	0.134
4	37.40	0.20	3.622	0.214	0.014
5	38.10	0.25	3.640	0.253	0.003
6	38.40	0.30	3.648	0.271	0.029
7	41.08	0.35	3.716	0.426	0.076
8	41.90	0.40	3.735	0.470	0.070
9	43.50	0.45	3.773	0.551	0.101
10	45.70	0.50	3.822	0.646	0.146
11	47.00	0.55	3.850	0.694	0.144
12	47.90	0.60	3.869	0.723	0.123
13	47.90	0.65	3.869	0.723	0.073
14	48.49	0.70	3.881	0.740	0.040
15	49.30	0.75	3.898	0.763	0.013
16	50.10	0.80	3.914	0.783	0.017
17	52.20	0.85	3.955	0.828	0.022
18	57.40	0.90	4.050	0.901	0.001
19	69.00	0.95	4.234	0.968	0.018
				Δmax =	0.146

Media	3.78	M. Momentos	
Desv. Est.	0.20	α =	0.16
n	19.00	β =	3.69

Prueba de bondad: Kolmogorov – Smirnov

$M_x = 3.78$
 $S_x = 0.20$
 $\Delta \max = \text{MAX}[\text{abs}(F(x)-P(x))]= 0.15$

Tabla Δ_0 (Kolmogorov – Smirnov)

Coefficientes de bondad de ajuste

		Δ_0 (tabla)	Δ	$\Delta_0 > \Delta$
Nivel de significación:	0.05			
Tamaño de muestra:	19.00	0.31	0.15	OK
Δ_0 (tabla)=	0.31			

Fuente: Villón (2011), Hidrología Estadística. Lima-Perú. Pg. 257-258.

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_{\ln x}$$

$$\beta = \overline{X_{\ln x}} - 0.450047 * S_{\ln x}$$

CUADRO N° 5.7: AJUSTE DE DISTRIBUCION GUMBEL MAX. BEROSIMIL

Datos de entrada			Weibull	Gumbel Max. Verosimil	
i	Empírico	Teórico		Distribución	Δ
	Pp (mm) A...Z	Pp (mm) A...Z	P(x) i/(n+1)	F(x) EXP(-EXP(-α*(x-β)))	
1	31.80	30.69	0.05	0.022	0.028
2	31.80	33.43	0.10	0.072	0.028
3	32.00	35.14	0.15	0.125	0.025
4	37.40	36.52	0.20	0.178	0.022
5	38.10	37.75	0.25	0.232	0.018
6	38.40	38.89	0.30	0.286	0.014
7	41.08	40.00	0.35	0.340	0.010
8	41.90	41.09	0.40	0.394	0.006
9	43.50	42.19	0.45	0.449	0.001
10	45.70	43.32	0.50	0.503	0.003
11	47.00	44.51	0.55	0.557	0.007
12	47.90	45.78	0.60	0.611	0.011
13	47.90	47.17	0.65	0.665	0.015
14	48.49	48.71	0.70	0.718	0.018
15	49.30	50.50	0.75	0.771	0.021
16	50.10	52.66	0.80	0.824	0.024
17	52.20	55.46	0.85	0.876	0.026
18	57.40	59.57	0.90	0.927	0.027
19	69.00	68.15	0.95	0.976	0.026
				Δmax =	0.028

Media	44.79	44.82	M. Momentos	
Desv. Est.	9.29	9.47	α =	0.14
n	19.00	19.00	β =	40.56

Prueba de bondad: Kolmogorov – Smirnov

$M_x =$	44.82		
$S_x =$	9.47	$\Delta \max = \text{MAX}[\text{abs}(F(x)-P(x))]=$	0.03

Tabla Δ₀ (Kolmogorov – Smirnov)

Coeficientes de bondad de ajuste

Nivel de significación:	0.05	Δ ₀ (tabla)	Δ	Δ ₀ >Δ
Tamaño de muestra:	19.00	0.31	0.03	OK
Δ ₀ (tabla)=	0.31			

Fuene: Villón (2011), Hidrología Estadística. Lima-Perú. Pg. 250-256.

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_x$$

$$\beta = \bar{X} - 0.450047 * S_x$$

CUADRO N° 5.8: AJUSTE DE DISTRIBUCION LOG - PEARSON III

Datos de entrada		Weibull	Log - Person III		
i	Teórico		Distribución		Δ
	Pp (mm)	P(x)	Log P	Kt	
A...Z	i/(n+1)	LOG10(x)	abs(F(x)-P(x))		
1	30.69	0.05	1.487	0.028	0.022
2	33.43	0.10	1.524	0.081	0.019
3	35.14	0.15	1.546	0.133	0.017
4	36.52	0.20	1.563	0.185	0.016
5	37.75	0.25	1.577	0.236	0.014
6	38.89	0.30	1.590	0.287	0.013
7	40.00	0.35	1.602	0.339	0.011
8	41.09	0.40	1.614	0.391	0.009
9	42.19	0.45	1.625	0.443	0.007
10	43.32	0.50	1.637	0.495	0.005
11	44.51	0.55	1.648	0.548	0.002
12	45.78	0.60	1.661	0.601	0.001
13	47.17	0.65	1.674	0.655	0.005
14	48.71	0.70	1.688	0.708	0.008
15	50.50	0.75	1.703	0.762	0.012
16	52.66	0.80	1.721	0.817	0.017
17	55.46	0.85	1.744	0.871	0.021
18	59.57	0.90	1.775	0.925	0.025
19	68.15	0.95	1.833	0.977	0.027
				Δmax =	0.027

Media	44.82	1.64
Desv. Est.	9.47	0.09
n	19.00	19.00

Prueba de bondad: Kolmogorov – Smirnov

$M_x = 1.64$

$S_x = 0.09$

$\Delta \max = \text{MAX}[\text{abs}(F(x)-P(x))]= 0.027$

Tabla Δ₀ (Kolmogorov – Smirnov)

Nivel de significación:	0.05
Tamaño de muestra:	19.00
Δ ₀ (tabla)=	0.31

Coefficientes de bondad de ajuste

Δ ₀ (tabla)	Δ	Δ ₀ >Δ
0.31	0.03	OK

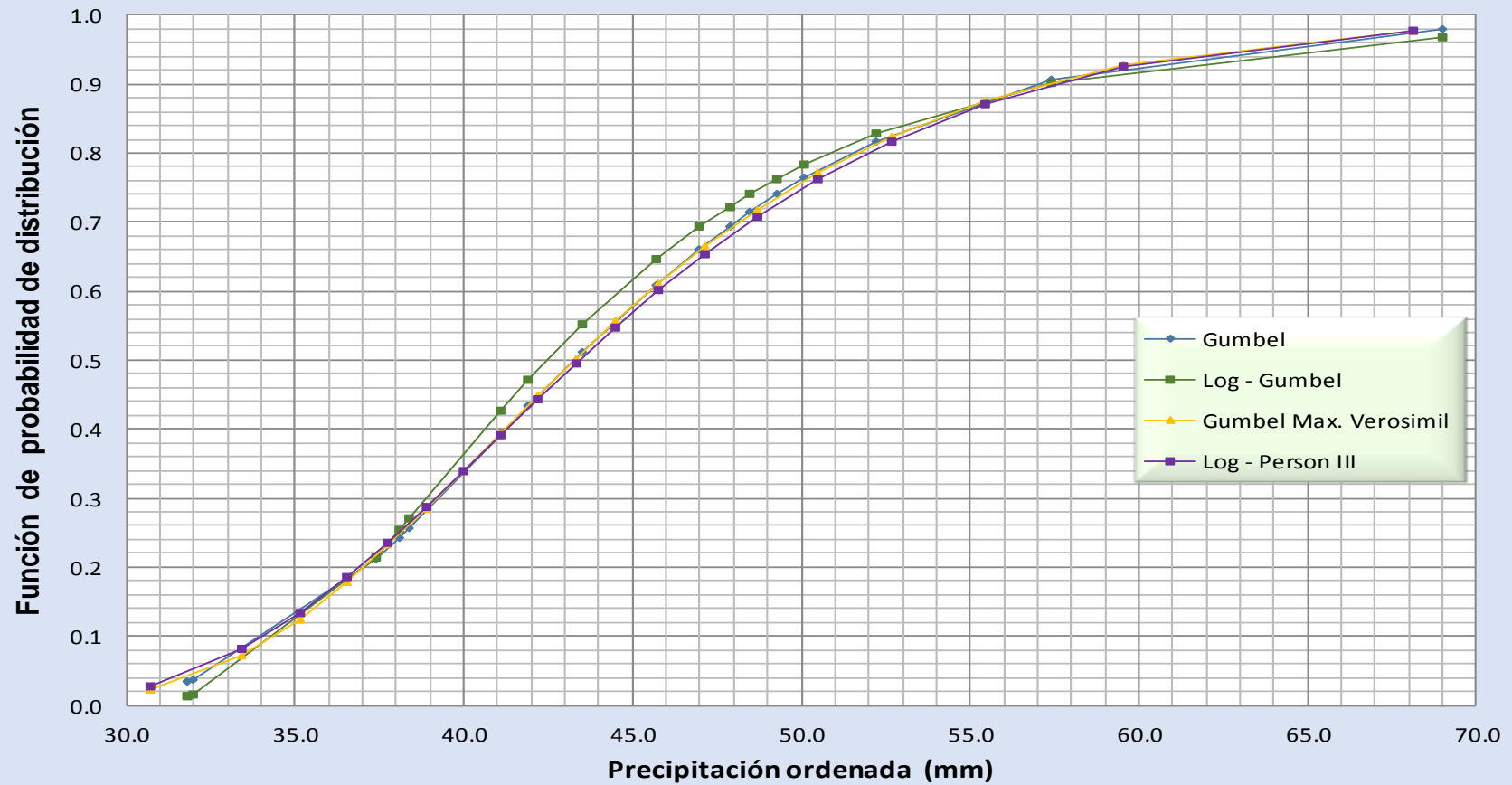
(*): De Tabla 12.3.1 del Libro de Hidrología Aplicada de Ven Te Chow, Pag. 404; por interpolación según el valor de k_T

El valor de k_T, se obtiene del libro de Hidrología Aplicada de Ven Te Chow, pag. 400.

$\text{Log}Y_T = \overline{\text{Log}Y} + k_T S_{\text{Log}Y}$

$k_T = \frac{\text{Log}Y_T - \text{Log}Y}{S_{\text{Log}Y}}$

**FIGURA N° 5.2: DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD EMPIRICA Y
TEÓRICA**



B. PRECIPITACIONES MAXIMA DE 24 HORAS

B.1 SERIE DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DE 24 HORAS

CUADRO N° 5.9:

Nº	AÑO	P máx (mm)	A...Z	Ln(x)	Máx. verosimilitud	
					Pp (mm)	LOG10(P)
1	1992	45.70	31.80	3.46	30.69	1.49
2	1993	57.40	31.80	3.46	33.43	1.52
3	1994	52.20	32.00	3.47	35.14	1.55
4	1995	47.90	37.40	3.62	36.52	1.56
5	1996	38.10	38.10	3.64	37.75	1.58
6	1997	50.10	38.40	3.65	38.89	1.59
7	1998	49.30	41.08	3.72	40.00	1.60
8	1999	47.90	41.90	3.74	41.09	1.61
9	2000	41.90	43.50	3.77	42.19	1.63
10	2001	48.49	45.70	3.82	43.32	1.64
11	2002	41.08	47.00	3.85	44.51	1.65
12	2003	38.40	47.90	3.87	45.78	1.66
13	2004	69.00	47.90	3.87	47.17	1.67
14	2005	47.00	48.49	3.88	48.71	1.69
15	2006	32.00	49.30	3.90	50.50	1.70
16	2007	43.50	50.10	3.91	52.66	1.72
17	2008	31.80	52.20	3.96	55.46	1.74
18	2009	31.80	57.40	4.05	59.57	1.78
19	2010	37.40	69.00	4.23	68.15	1.83
Promedio	m =	44.8	44.8	3.8	44.8	1.6
Desv. Estánd	s =	9.29	9.29	0.20	9.47	0.09
Coef. Asime	c.a. =	0.73	0.73	0.11	0.83	0.33
Nº Datos	n =	19	19	19	19	19

B.2. Distribuciones

B.2.4. Distribución de frecuencia maxima y extrema

Tr (años)	F(x)=1-(1/Tr)	y=-LN(-LN(F(x)))
1.05	0.05	-1.113
2.00	0.50	0.367
5.00	0.80	1.500
10.00	0.90	2.250
25.00	0.96	3.199
50.00	0.98	3.902
100.00	0.99	4.600
200.00	1.00	5.296

Donde:

Tr = Periodo de retorno

F(x) = Probabilidad ocurrencia

Yi= Variable reducida

Gumbel

$$\alpha_1 = 7.24$$

$$\beta = 40.61$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_x$$

$$\beta = \bar{X} - 0.450047 * S_x$$

Log-Gumbel

$$\alpha_1 = 0.159$$

$$\beta = 3.690$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_{\ln x}$$

$$\beta = \overline{X_{\ln x}} - 0.450047 * S_{\ln x}$$

CUADRO N° 5.10: PRECIPITACION MAXIMA DE 24 HR PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Periodo de retorno	LONGITUD DE REGISTRO PARA N = 19 AÑOS						
	Frecuencia máxima			Frecuencia extremos			
	Gumbel	Log-Gumbel	PP corregida por máx. verosimilitud				
			Gumbel	Log - Pearson III		Gumbel I	
x_q	x_q	x_q	c.a. = 0.83		K	x_q	
Tr (años)	Ppi (mm)			K	PP (mm)	K	PP (mm)
1.05	32.55	33.57	32.05	-1.38	33.16	-1.55	30.16
2.00	43.26	42.47	43.32	-0.14	42.72	-0.15	43.42
5.00	51.47	50.84	51.96	0.78	51.47	0.93	53.58
10.00	56.90	57.28	57.68	1.34	57.71	1.64	60.31
25.00	63.77	66.59	64.91	2.00	66.07	2.53	68.80
50.00	68.86	74.46	70.27	2.47	72.66	3.20	75.11
100.00	73.92	83.19	75.59	2.91	79.56	3.86	81.36
200.00	78.95	92.91	80.89	3.34	86.82	4.52	87.60

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA MAXIMA

Gumbel

$$X_q = \beta + y * \alpha_1$$

Fuente: Villón (2011), Hidrología Estadística. Lima-Perú. Pg. 250-256, 257-258

Log-Gumbel

$$X_q = e^{(\beta + y * \alpha_1)}$$

Gumbel máx. verosimilitud

$$x_q = a + b y_q$$

a= 40.53

b= 7.62

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA EXTREMA

Log - Pearson III

$$K = C_{g2} + \frac{(C_{g1} - C_{g2})(C_a - C_{s2})}{C_{s1} - C_{g2}}$$

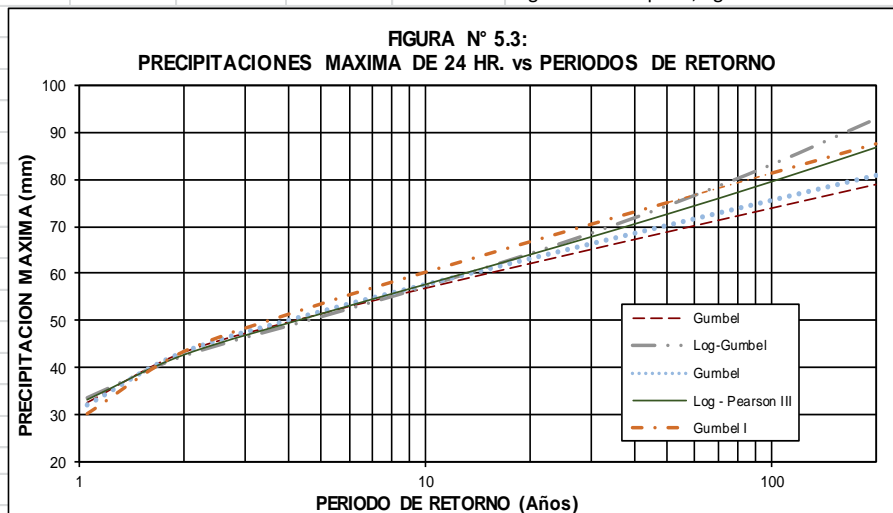
$$X_q = 10^{\overline{Log x} + k * S_{Log x}}$$

Gumbel I

$$K = \frac{y - \bar{y}_n}{\sigma_n}$$

$$X_q = \bar{x} + K * S$$

Fuente: Martinez (2005), Hidrologia Práctica seg. edición. España, Pg. 139-148.



CUADRO N° 5.11: COEFICIENTES DE BONDAD DE AJUSTE

AJUSTE DE DISTRIBUCION		Δ_o (tabla)	Δ	$\Delta_o > \Delta$
Max. berosimil	Gumbel	0.31	0.112	OK
	Log - Gumbel	0.31	0.146	OK
	Gumbel	0.31	0.028	OK
	Log - Pearson III	0.31	0.027	OK
	Gumbel I	0.31	0.028	OK
Mínimo			0.027	Log - Pearson III

∴ La frecuencia de mayor ajustes es **Log-Pearson III**, con un coeficiente de bondad de 0.027, para una probabilidad de 95%

ECUACIÓN DE INTENSIDAD

Coefficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas. Lima - Perú. Pg. 74.

Duración de la precipitación en horas							
1	2	3	4	5	6	8	10
0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.73
Duración de la precipitación en horas							
12	14	16	18	20	22	24	48
0.79	0.83	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.32

CUADRO N° 5.12: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de	P.M.P. (mm) para diferentes tiempos de duración Sg. Periodo de Retorno						
Duración	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años
48 hr	56.387	67.943	76.171	87.216	95.916	105.017	114.597
24 hr	42.717	51.472	57.706	66.073	72.663	79.558	86.816
22 hr	41.436	49.928	55.974	64.091	70.484	77.171	84.211
20 hr	39.727	47.869	53.666	61.448	67.577	73.989	80.738
18 hr	38.445	46.325	51.935	59.466	65.397	71.602	78.134
16 hr	37.164	44.781	50.204	57.483	63.217	69.216	75.530
14 hr	35.455	42.722	47.896	54.841	60.311	66.033	72.057
12 hr	33.747	40.663	45.587	52.198	57.404	62.851	68.584
10 hr	31.184	37.575	42.125	48.233	53.044	58.077	63.375
8 hr	27.339	32.942	36.932	42.287	46.505	50.917	55.562
6 hr	23.922	28.824	32.315	37.001	40.692	44.553	48.617
5 hr	21.359	25.736	28.853	33.036	36.332	39.779	43.408
4 hr	18.796	22.648	25.390	29.072	31.972	35.006	38.199
3 hr	16.233	19.559	21.928	25.108	27.612	30.232	32.990
2 hr	13.242	15.956	17.889	20.483	22.526	24.663	26.913
1 hr	10.679	12.868	14.426	16.518	18.166	19.890	21.704

Basándose en los resultados de la anterior tabla, y los tiempos de duración adoptados, calculamos la intensidad equivalente para cada caso:

$$I = \frac{P[mm]}{t_{duración}[hr.]}$$

Fuente: Chow, V.; Maidment, D.; Mays, L. 1994. Manual de Hidrología Aplicada. Santafé de Bogotá, Colombia. Pg. 584.

Intensidades de lluvia para diferentes tiempos de duración

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años
48 hr	2880	1.175	1.415	1.587	1.817	1.998	2.188	2.387
24 hr	1440	1.780	2.145	2.404	2.753	3.028	3.315	3.617
22 hr	1320	1.883	2.269	2.544	2.913	3.204	3.508	3.828
20 hr	1200	1.986	2.393	2.683	3.072	3.379	3.699	4.037
18 hr	1080	2.136	2.574	2.885	3.304	3.633	3.978	4.341
16 hr	960	2.323	2.799	3.138	3.593	3.951	4.326	4.721
14 hr	840	2.533	3.052	3.421	3.917	4.308	4.717	5.147
12 hr	720	2.812	3.389	3.799	4.350	4.784	5.238	5.715
10 hr	600	3.118	3.757	4.213	4.823	5.304	5.808	6.338
8 hr	480	3.417	4.118	4.616	5.286	5.813	6.365	6.945
6 hr	360	3.987	4.804	5.386	6.167	6.782	7.425	8.103
5 hr	300	4.272	5.147	5.771	6.607	7.266	7.956	8.682
4 hr	240	4.699	5.662	6.348	7.268	7.993	8.751	9.550
3 hr	180	5.411	6.520	7.309	8.369	9.204	10.077	10.997
2 hr	120	6.621	7.978	8.944	10.241	11.263	12.332	13.456
1 hr	60	10.679	12.868	14.426	16.518	18.166	19.890	21.704

La representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno.

$$I = \frac{a * T^b}{t^c}$$

Fuente: Bernard, M.M., 1932. Fórmulas para intensidades de lluvia de larga duración. Trans. ASCE, vol. 96, p. 592-624.

en la cual:

- I = Intensidad (mm/hr)
- t = Duración de la lluvia (min)
- T = Período de retorno (años)
- a,b,c = Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable: $d = a * T^b$

De donde:

$$I = \frac{d}{t^c} \Rightarrow I = d * t^{-c}$$

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2880	1.175	7.966	0.161	1.283	63.450
2	1440	1.780	7.272	0.577	4.193	52.888
3	1320	1.883	7.185	0.633	4.549	51.630
4	1200	1.986	7.090	0.686	4.866	50.269
5	1080	2.136	6.985	0.759	5.300	48.786
6	960	2.323	6.867	0.843	5.787	47.155
7	840	2.533	6.733	0.929	6.257	45.339
8	720	2.812	6.579	1.034	6.803	43.287
9	600	3.118	6.397	1.137	7.275	40.921
10	480	3.417	6.174	1.229	7.587	38.116
11	360	3.987	5.886	1.383	8.141	34.646
12	300	4.272	5.704	1.452	8.282	32.533
13	240	4.699	5.481	1.547	8.480	30.037
14	180	5.411	5.193	1.688	8.768	26.967
15	120	6.621	4.787	1.890	9.050	22.920
16	60	10.679	4.094	2.368	9.697	16.764
16	12780	58.832	100.394	18.317	106.317	645.707

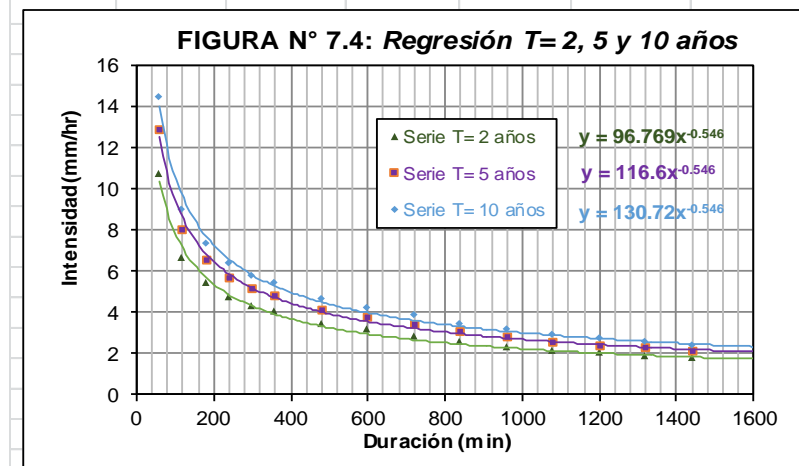
Ln (A) = 4.5723 A = 96.7695 B = -0.5462

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2880	1.415	7.966	0.347	2.768	63.450
2	1440	2.145	7.272	0.763	5.549	52.888
3	1320	2.269	7.185	0.820	5.889	51.630
4	1200	2.393	7.090	0.873	6.188	50.269
5	1080	2.574	6.985	0.945	6.603	48.786
6	960	2.799	6.867	1.029	7.067	47.155
7	840	3.052	6.733	1.116	7.512	45.339
8	720	3.389	6.579	1.220	8.029	43.287
9	600	3.757	6.397	1.324	8.468	40.921
10	480	4.118	6.174	1.415	8.738	38.116
11	360	4.804	5.886	1.569	9.238	34.646
12	300	5.147	5.704	1.638	9.345	32.533
13	240	5.662	5.481	1.734	9.502	30.037
14	180	6.520	5.193	1.875	9.736	26.967
15	120	7.978	4.787	2.077	9.942	22.920
16	60	12.868	4.094	2.555	10.460	16.764
16	12780	70.890	100.394	21.300	125.034	645.707

Ln (A) = 4.7588 A = 116.6022 B = -0.5462

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2880	1.587	7.966	0.462	3.678	63.450
2	1440	2.404	7.272	0.877	6.380	52.888
3	1320	2.544	7.185	0.934	6.710	51.630
4	1200	2.683	7.090	0.987	6.998	50.269
5	1080	2.885	6.985	1.060	7.401	48.786
6	960	3.138	6.867	1.144	7.852	47.155
7	840	3.421	6.733	1.230	8.282	45.339
8	720	3.799	6.579	1.335	8.781	43.287
9	600	4.213	6.397	1.438	9.199	40.921
10	480	4.616	6.174	1.530	9.444	38.116
11	360	5.386	5.886	1.684	9.911	34.646
12	300	5.771	5.704	1.753	9.997	32.533
13	240	6.348	5.481	1.848	10.129	30.037
14	180	7.309	5.193	1.989	10.330	26.967
15	120	8.944	4.787	2.191	10.490	22.920
16	60	14.426	4.094	2.669	10.928	16.764
16	12780	79.475	100.394	23.129	136.510	645.707

Ln (A) = 4.8731 A = 130.7233 B = -0.5462

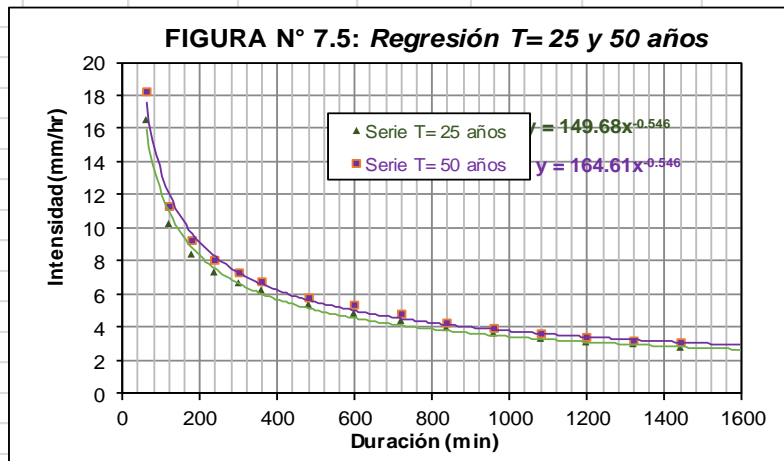


Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2880	1.817	7.966	0.597	4.757	63.450
2	1440	2.753	7.272	1.013	7.365	52.888
3	1320	2.913	7.185	1.069	7.683	51.630
4	1200	3.072	7.090	1.122	7.958	50.269
5	1080	3.304	6.985	1.195	8.347	48.786
6	960	3.593	6.867	1.279	8.782	47.155
7	840	3.917	6.733	1.365	9.194	45.339
8	720	4.350	6.579	1.470	9.672	43.287
9	600	4.823	6.397	1.573	10.065	40.921
10	480	5.286	6.174	1.665	10.280	38.116
11	360	6.167	5.886	1.819	10.708	34.646
12	300	6.607	5.704	1.888	10.770	32.533
13	240	7.268	5.481	1.983	10.871	30.037
14	180	8.369	5.193	2.125	11.033	26.967
15	120	10.241	4.787	2.326	11.138	22.920
16	60	16.518	4.094	2.804	11.482	16.764
16	12780	90.999	100.394	25.296	150.104	645.707

Ln (A) = 5.0085 A = 149.6785 B = -0.5462

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2880	1.998	7.966	0.692	5.514	63.450
2	1440	3.028	7.272	1.108	8.056	52.888
3	1320	3.204	7.185	1.164	8.366	51.630
4	1200	3.379	7.090	1.218	8.632	50.269
5	1080	3.633	6.985	1.290	9.011	48.786
6	960	3.951	6.867	1.374	9.435	47.155
7	840	4.308	6.733	1.460	9.834	45.339
8	720	4.784	6.579	1.565	10.298	43.287
9	600	5.304	6.397	1.669	10.674	40.921
10	480	5.813	6.174	1.760	10.867	38.116
11	360	6.782	5.886	1.914	11.268	34.646
12	300	7.266	5.704	1.983	11.312	32.533
13	240	7.993	5.481	2.079	11.392	30.037
14	180	9.204	5.193	2.220	11.527	26.967
15	120	11.263	4.787	2.422	11.593	22.920
16	60	18.166	4.094	2.900	11.872	16.764
16	12780	100.076	100.394	26.817	159.650	645.707

Ln (A) = 5.1036 A = 164.6083 B = -0.5462

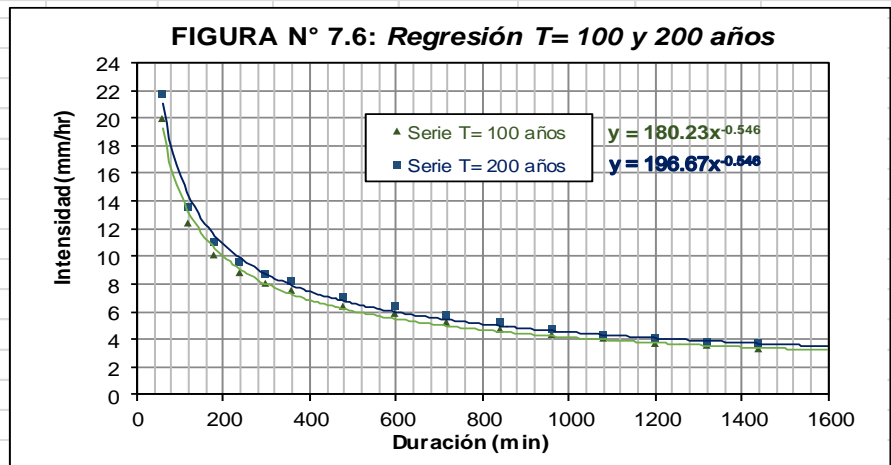


Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2880	2.188	7.966	0.783	6.236	63.450
2	1440	3.315	7.272	1.198	8.715	52.888
3	1320	3.508	7.185	1.255	9.018	51.630
4	1200	3.699	7.090	1.308	9.275	50.269
5	1080	3.978	6.985	1.381	9.644	48.786
6	960	4.326	6.867	1.465	10.058	47.155
7	840	4.717	6.733	1.551	10.444	45.339
8	720	5.238	6.579	1.656	10.894	43.287
9	600	5.808	6.397	1.759	11.253	40.921
10	480	6.365	6.174	1.851	11.426	38.116
11	360	7.425	5.886	2.005	11.801	34.646
12	300	7.956	5.704	2.074	11.829	32.533
13	240	8.751	5.481	2.169	11.889	30.037
14	180	10.077	5.193	2.310	11.997	26.967
15	120	12.332	4.787	2.512	12.027	22.920
16	60	19.890	4.094	2.990	12.243	16.764
16	12780	109.571	100.394	28.267	168.750	645.707

Ln (A) = 5.1942 A = 180.2270 B = -0.5462

Periodo de retorno para T = 200 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2880	2.387	7.966	0.870	6.932	63.450
2	1440	3.617	7.272	1.286	9.350	52.888
3	1320	3.828	7.185	1.342	9.645	51.630
4	1200	4.037	7.090	1.395	9.894	50.269
5	1080	4.341	6.985	1.468	10.254	48.786
6	960	4.721	6.867	1.552	10.657	47.155
7	840	5.147	6.733	1.638	11.032	45.339
8	720	5.715	6.579	1.743	11.469	43.287
9	600	6.338	6.397	1.846	11.812	40.921
10	480	6.945	6.174	1.938	11.965	38.116
11	360	8.103	5.886	2.092	12.315	34.646
12	300	8.682	5.704	2.161	12.327	32.533
13	240	9.550	5.481	2.257	12.367	30.037
14	180	10.997	5.193	2.398	12.451	26.967
15	120	13.456	4.787	2.599	12.445	22.920
16	60	21.704	4.094	3.077	12.600	16.764
16	12780	119.567	100.394	29.664	177.515	645.707

Ln (A) = 5.2815 A = 196.6678 B = -0.5462



Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término cte. de regresión (d)	Coef. de regresión [c]
2	96.769	-0.546
5	116.602	-0.546
10	130.723	-0.546
25	149.678	-0.546
50	164.608	-0.546
100	180.227	-0.546
200	196.668	-0.546
Promedio =	147.897	-0.546

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

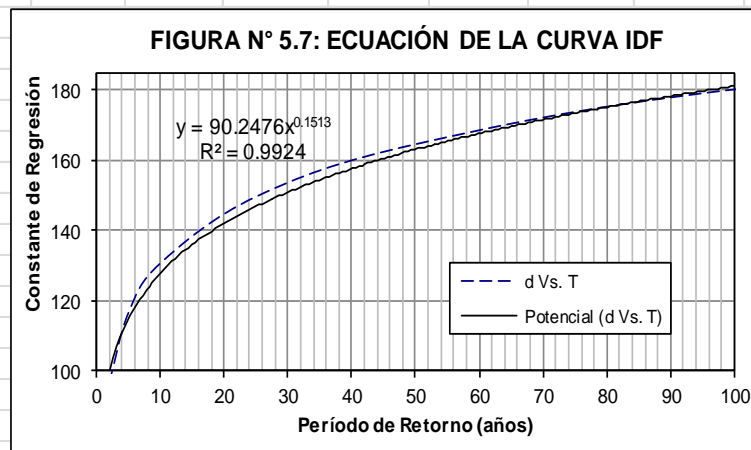
$$d = a * T^b$$

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	96.769	0.693	4.572	3.169	0.480
2	5	116.602	1.609	4.759	7.659	2.590
3	10	130.723	2.303	4.873	11.221	5.302
4	25	149.678	3.219	5.008	16.122	10.361
5	50	164.608	3.912	5.104	19.965	15.304
6	100	180.227	4.605	5.194	23.920	21.208
7	200	196.668	5.298	5.282	27.983	28.072
7	392	1035.277	21.640	34.792	110.039	83.317

$$\ln(A) = 4.5026 \quad A = 90.2476 \quad B = 0.1513$$

Término constante de regresión (a) = 90.25

Coef. de regresión (b) = 0.15



Finalmente se tiene la ecuación de intensidad válida para la cuenca:

$$I = \frac{90.2476 * T^{0.151301}}{t^{0.54625}}$$

Donde:

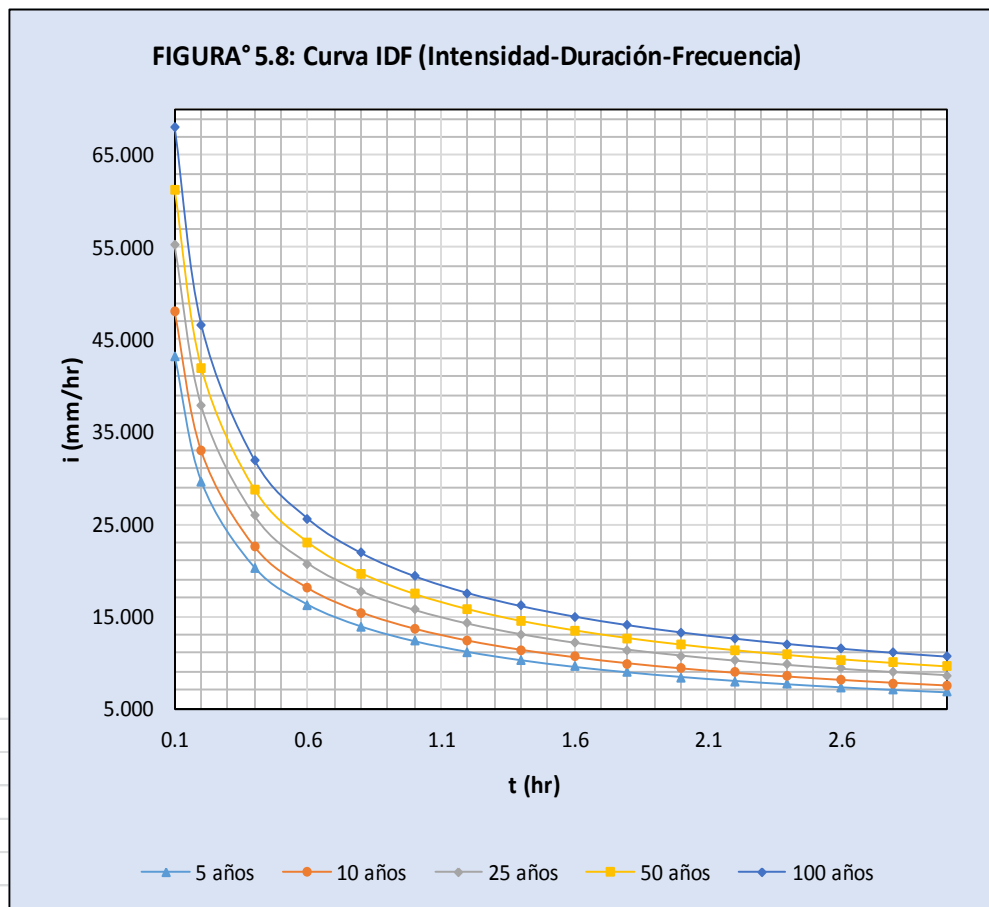
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

CUADRO N° 5.13: Intensidad - Tiempo de duración - Período de retorno

tc (min.)	tc (hr)	i (mm/hr)				
		5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
6.0	0.1	43.264	48.048	55.193	61.295	68.073
12.0	0.2	29.627	32.903	37.796	41.975	46.616
24.0	0.4	20.289	22.532	25.882	28.744	31.923
36.0	0.6	16.258	18.055	20.740	23.034	25.580
48.0	0.8	13.894	15.430	17.724	19.684	21.861
60.0	1.0	12.299	13.659	15.690	17.425	19.352
72.0	1.2	11.133	12.364	14.203	15.773	17.517
84.0	1.4	10.234	11.366	13.056	14.500	16.103
96.0	1.6	9.514	10.566	12.138	13.480	14.970
108.0	1.8	8.921	9.908	11.381	12.640	14.037
120.0	2.0	8.422	9.354	10.745	11.933	13.252
132.0	2.2	7.995	8.879	10.200	11.327	12.580
144.0	2.4	7.624	8.467	9.726	10.802	11.996
156.0	2.6	7.298	8.105	9.310	10.339	11.483
168.0	2.8	7.008	7.783	8.941	9.929	11.027
180.0	3.0	6.749	7.495	8.610	9.562	10.619



METODO RACIONAL

CÁLCULO DE GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

1.- IDENTIFICACION DE LAS AREAS DE SUBCUENCAS

Tenemos 13 subcuencas dentro de esta cuenca en estudio, y obtención de estas áreas se utilizó el programa ArcGis 10.2.

Para una duración menor a 3hr y para un periodo de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años.

3.- HALLANDO LA INTENSIDAD vs DURACIÓN

Si:

$$I = \frac{90.2476 * T^{0.151301}}{0.54625 t}$$

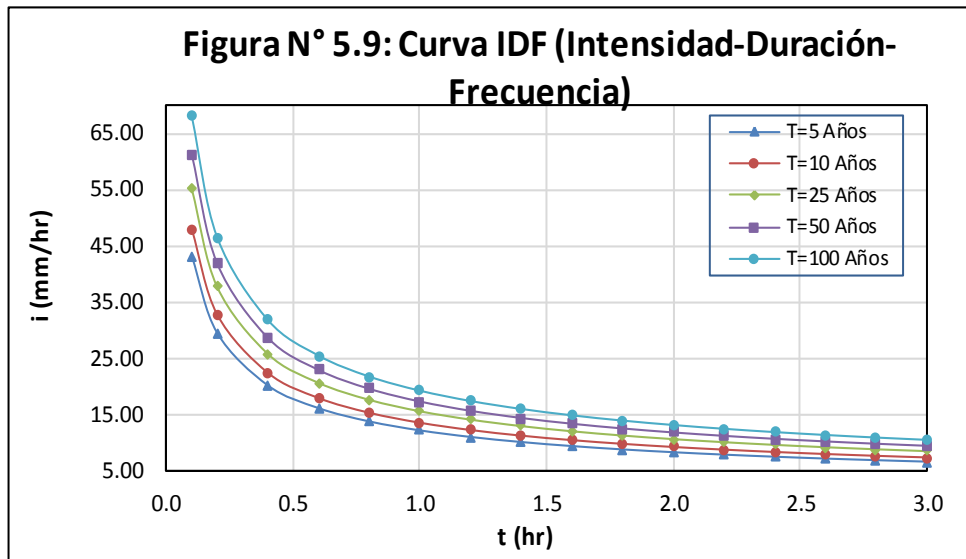
Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

tc (min.)	tc (hr)	i (mm/hr)				
		T=5 Años	T=10 Años	T=25 Años	T=50 Años	T=100 Años
6.0	0.1	43.26	48.05	55.19	61.30	68.07
12.0	0.2	29.63	32.90	37.80	41.97	46.62
24.0	0.4	20.29	22.53	25.88	28.74	31.92
36.0	0.6	16.26	18.06	20.74	23.03	25.58
48.0	0.8	13.89	15.43	17.72	19.68	21.86
60.0	1.0	12.30	13.66	15.69	17.43	19.35
72.0	1.2	11.13	12.36	14.20	15.77	17.52
84.0	1.4	10.23	11.37	13.06	14.50	16.10
96.0	1.6	9.51	10.57	12.14	13.48	14.97
108.0	1.8	8.92	9.91	11.38	12.64	14.04
120.0	2.0	8.42	9.35	10.74	11.93	13.25
132.0	2.2	8.00	8.88	10.20	11.33	12.58
144.0	2.4	7.62	8.47	9.73	10.80	12.00
156.0	2.6	7.30	8.10	9.31	10.34	11.48
168.0	2.8	7.01	7.78	8.94	9.93	11.03
180.0	3.0	6.75	7.50	8.61	9.56	10.62



4.- CÁLCULO DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Si; $T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$, Por Kirpich

Donde:

L : Máxima longitud de recorrido, en m

S : Pendiente del perfil de la corriente, en m/m

T_c : Tiempo de concentración, en min

Sub cuenca	Cota (m.s.n.m.)		Sub áreas (Km ²)	Long. max. recorrido (m)	(S) m/m	T. Concent. (T _c)	
	Pto. Alto	Pto. Bajo				Minuto	Hora
1	4435	3938	8.351	10187.80	0.05	75.96	1.27
2	4381	3201	6.978	5948.34	0.20	29.24	0.49
3	4320	3201	2.981	5034.42	0.22	24.62	0.41
4	3685	2827	4.881	5882.12	0.15	32.64	0.54
5	4098	2827	7.941	6555.16	0.19	31.80	0.53
6	3194	2653	3.289	4504.29	0.12	28.63	0.48
7	3279	2653	4.696	5856.86	0.11	36.66	0.61
8	2790	2623	0.114	588.95	0.28	4.29	0.07
9	4443	4036	4.522	9691.56	0.04	77.44	1.29
10	4379	3116	10.246	7776.56	0.16	38.83	0.65
11	3841	3116	2.763	4603.17	0.16	26.23	0.44
12	3343	2623	4.758	6534.23	0.11	39.42	0.66
13	2976	2511	4.340	3676.61	0.13	24.02	0.40

5.- CALCULO DE "C" PONDERADO

* Los valores de "C" (Coeficiente de escorrentía) fueron generados en arc Gis 10.2.2; utilizando cobertura vegetal y la clasificación de suelo, obtenidas del Gobierno Regional de Ayacucho en el proceso de zonificación ecológica económica de la región de Ayacucho. Para las diferentes sub cuencas del río Pacaycasa.

Cuenca 01				Cuenca 05			
N°	C	Ar (m2)	C*Ar	N°	C	Ar (m2)	C*Ar
1	0.24	909,270.20	218,224.85	1	0.22	926,544.70	203,839.83
2	0.28	7,442,026.85	2,083,767.52	2	0.24	1,862,308.75	446,954.10
			C Ponderada	3	0.27	454,053.00	122,594.31
			Ar (Km2) =	4	0.28	46,096.75	12,907.09
			0.28				C Ponderada
			8.35				0.24
							Ar (Km2) =
							3.29
Cuenca 02				Cuenca 07			
N°	C	Ar (m2)	C*Ar	N°	C	Ar (m2)	C*Ar
1	0.12	240,376.65	28,845.20	1	0.22	453,318.93	99,730.16
	0.22	2,540,134.05	558,829.49	2	0.24	2,175,930.87	522,223.41
	0.24	2,923,812.17	701,714.92	3	0.27	2,006,226.86	541,681.25
2	0.28	1,273,534.00	356,589.52	4	0.28	58,117.81	16,272.99
			C Ponderada	5	0.29	2,324.71	674.17
			Ar (Km2) =				C Ponderada
			0.24				0.25
			6.98				Ar (Km2) =
							4.70
Cuenca 03				Cuenca 08			
N°	C	Ar (m2)	C*Ar	N°	C	Ar (m2)	C*Ar
1	0.22	1,087,645.62	239,282.04	1	0.22	114,375.84	25,162.69
2	0.24	1,101,500.98	264,360.23				C Ponderada
3	0.27	71,586.02	19,328.22				0.22
4	0.28	720,478.63	201,734.02				Ar (Km2) =
			C Ponderada				0.11
			Ar (Km2) =				2.98
			0.24				
			2.98				
Cuenca 04				Cuenca 09			
N°	C	Ar (m2)	C*Ar	N°	C	Ar (m2)	C*Ar
1	0.22	127,007.45	27,941.64	1	0.24	1,632,695.98	391,847.03
2	0.24	4,692,347.98	1,126,163.52	2	0.26	28,029.12	7,287.57
3	0.27	60,039.89	16,210.77	3	0.28	2,861,305.54	801,165.55
			C Ponderada				C Ponderada
			Ar (Km2) =				0.27
			0.24				Ar (Km2) =
			4.88				4.52
Cuenca 05				Cuenca 10			
N°	C	Ar (m2)	C*Ar	N°	C	Ar (m2)	C*Ar
1	0.22	782,477.76	172,145.11	1	0.22	1,367,262.99	300,797.86
2	0.24	2,747,987.37	659,516.97	2	0.24	6,589,608.12	1,581,505.95
3	0.27	3,893,758.37	1,051,314.76	3	0.26	66,864.46	17,384.76
4	0.28	437,814.94	122,588.18	4	0.27	767,788.49	207,302.89
5	0.29	79,179.30	22,962.00	5	0.28	1,454,878.49	407,365.98
			C Ponderada				C Ponderada
			Ar (Km2) =				0.25
			0.26				Ar (Cm2) =
			7.94				10.25

Cuenca 11				Cuenca 13			
N°	C	Ar (m2)	C*Ar	N°	C	Ar (m2)	C*Ar
1	0.22	2,323.54	511.18	1	0.22	2,797,971.27	615,553.68
2	0.24	2,253,833.14	540,919.95	2	0.24	31,774.47	7,625.87
3	0.27	176,588.99	47,679.03	3	0.29	1,510,027.44	437,907.96
4	0.28	329,942.58	92,383.92			C Ponderada	0.24
		C Ponderada	0.25			Ar (Km2) =	4.34
		Ar (Km2) =	2.76				
Cuenca 12							
N°	C	Ar (m2)	C*Ar				
1	0.22	1,329,408.00	292,469.76				
2	0.24	3,414,528.00	819,486.72				
3	0.29	13,824.00	4,008.96				
		C Ponderada	0.23				
		Ar (Km2) =	4.76				
RESUMEN							
SUB CUENCA	"C"	Ar (Km2)					
Cuenca 01	0.28	8.35					
Cuenca 02	0.24	6.98					
Cuenca 03	0.24	2.98					
Cuenca 04	0.24	4.88					
Cuenca 05	0.26	7.94					
Cuenca 06	0.24	3.29					
Cuenca 07	0.25	4.70					
Cuenca 08	0.22	0.11					
Cuenca 09	0.27	4.52					
Cuenca 10	0.25	10.25					
Cuenca 11	0.25	2.76					
Cuenca 12	0.23	4.76					
Cuenca 13	0.24	4.34					
TOTAL		65.86					

6.- CÁLCULO DE GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS DE LAS SUB CUENCAS

Si; $Q = 0.278 * C * i * A$

Donde:

- Q : Descarga máxima de diseño (m3/s)
- C : Coeficiente de escorrentía (Ver Tabla)
- I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A : Área de la cuenca (Km2).

Fuente: Villón (2002), Hidrología. Lima-Perú. Pg. 250-260

N° de Areas	Sub áreas (Km2)	Tiempo de Concentración (Tc)	Coef. De escorrimento (C)	Intensidad (mm/hr)					Caudal Q (m3/seg)				
				T=5años	T=10años	T=25años	T=50años	T=100años	T=5años	T=10años	T=25años	T=50años	T=100años
1	8.351	1.266	0.280	10.812	12.008	13.793	15.318	17.012	7.029	7.806	8.967	9.958	11.059
2	6.978	0.487	0.240	18.212	20.226	23.234	25.803	28.656	8.479	9.416	10.817	12.013	13.341
3	2.981	0.410	0.240	20.009	22.221	25.526	28.348	31.483	3.980	4.420	5.077	5.639	6.262
4	4.881	0.544	0.240	17.151	19.047	21.880	24.299	26.986	5.585	6.203	7.125	7.913	8.788
5	7.941	0.530	0.260	17.398	19.321	22.195	24.649	27.374	9.986	11.090	12.739	14.148	15.712
6	3.289	0.477	0.240	18.424	20.461	23.503	26.102	28.988	4.043	4.490	5.158	5.728	6.361
7	4.696	0.611	0.250	16.097	17.877	20.535	22.806	25.327	5.254	5.834	6.702	7.443	8.266
8	0.114	0.072	0.220	51.958	57.703	66.284	73.613	81.752	0.363	0.404	0.464	0.515	0.572
9	4.522	1.291	0.270	10.699	11.882	13.649	15.158	16.834	3.632	4.033	4.633	5.145	5.714
10	10.246	0.647	0.250	15.600	17.325	19.902	22.102	24.546	11.109	12.338	14.172	15.740	17.480
11	2.763	0.437	0.250	19.326	21.463	24.655	27.381	30.408	3.711	4.121	4.734	5.257	5.839
12	4.758	0.657	0.230	15.471	17.182	19.737	21.919	24.343	4.707	5.227	6.005	6.669	7.406
13	4.340	0.400	0.240	20.281	22.524	25.873	28.734	31.911	5.872	6.522	7.492	8.320	9.240
	65.861												

7.- HALLANDO EL TIEMPO DE VIAJE DEL RECORRIDO DEL CAUDAL DE LAS SUBCUENCAS HASTA EL AFORO PRINCIPAL

DETERMINANDO LA PENDIENTE DE TRAMO DE VIAJE

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

Donde:

ΔH : Diferencia de elevación entre los puntos extremos.

L : Longitud de recorrido desde el aforo de la sub cuenca hasta el aforo principal (m)

S : Pendiente del cauce, en m/m

DETERMINANDO LA VELOCIDAD

Si;

$$v = \frac{1.486 * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

n : Coeficiente Rugosidad

= 0.075 Tabla 7.7 de Wendor

R : Radio hidráulico, m. (=A/P)

Chereque Moran

S : Pendiente del cauce, m/m

v : Velocidad, m/seg.

A : Área hidráulica, en m²

P : Perímetro mojado, en m

DETERMINANDO EL TIEMPO DE VIAJE

$$T_v = \frac{L}{3600v}$$

Donde:

L : Longitud de recorrido, en m.

v : Velocidad, m/seg.

Tv : Tiempo de viaje, (horas)

CUDRO 5.14: TIEMPO DE VIAJE DEL RECORRIDO DEL CAUDAL DE LAS SUBCUENCAS HASTA EL PUTO DE AFORO

N° de Areas	Cota de aforo		Long. cauce (L)	Pendiente (S) %	Velocidad m/s	Tiempo de Viaje (horas)	Tiempo de Viaje (min)
	Sub cuenca	Principal					
1	3938.00	2511.00	15727.88	9.07	2.51	1.74	104.62
2	3200.50	2511.00	11305.07	6.10	2.30	1.37	82.05
3	3200.50	2511.00	15727.88	4.38	1.95	2.24	134.65
4	2827.00	2511.00	7965.54	3.97	1.85	1.19	71.69
5	2827.00	2511.00	7965.54	3.97	1.85	1.19	71.69
6	2652.50	2511.00	5283.49	2.68	1.52	0.96	57.87
7	2652.50	2511.00	5283.49	2.68	1.52	0.96	57.87
8	2622.50	2511.00	3059.83	3.64	1.77	0.48	28.73
9	4036.00	2511.00	15952.80	9.56	2.87	1.54	92.49
10	3115.50	2511.00	9785.50	6.18	2.54	1.07	64.15
11	3115.50	2511.00	15952.80	3.79	1.81	2.45	146.90
12	2622.50	2511.00	3059.83	3.64	1.77	0.48	28.73
13	2511.00	2511.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

9.- DISTRIBUCIÓN DE LOS CAUDALES

N° de Areas	Tiempo Llegada (horas)	Caudal Q (m3/seg)				
		T= 5años	T= 10años	T= 25años	T= 50años	T= 100años
13	0.40	5.87	6.52	7.49	8.32	9.24
8	0.55	0.36	0.40	0.46	0.51	0.57
12	1.14	4.71	5.23	6.00	6.67	7.41
6	1.44	4.04	4.49	5.16	5.73	6.36
7	1.58	5.25	5.83	6.70	7.44	8.27
10	1.72	9.99	11.09	12.74	14.15	15.71
5	1.72	5.59	6.20	7.13	7.91	8.79
4	1.74	11.11	12.34	14.17	15.74	17.48
2	1.85	8.48	9.42	10.82	12.01	13.34
3	2.65	3.98	4.42	5.08	5.64	6.26
9	2.83	7.03	7.81	8.97	9.96	11.06
11	2.89	3.63	4.03	4.63	5.15	5.71
1	3.01	3.71	4.12	4.73	5.26	5.84

R= Rango de la muestra = TLL max. - TLLmin.

$$R = 2.609$$

NC = Intervalo de clase = $1.33 \ln N + 1$

$$NC = 4.41138$$

$$NC = 4$$

N = Tamaño de la muestra

$$N = 13$$

ΔX = Amplitud de cada intervalo = $R/(NC)$

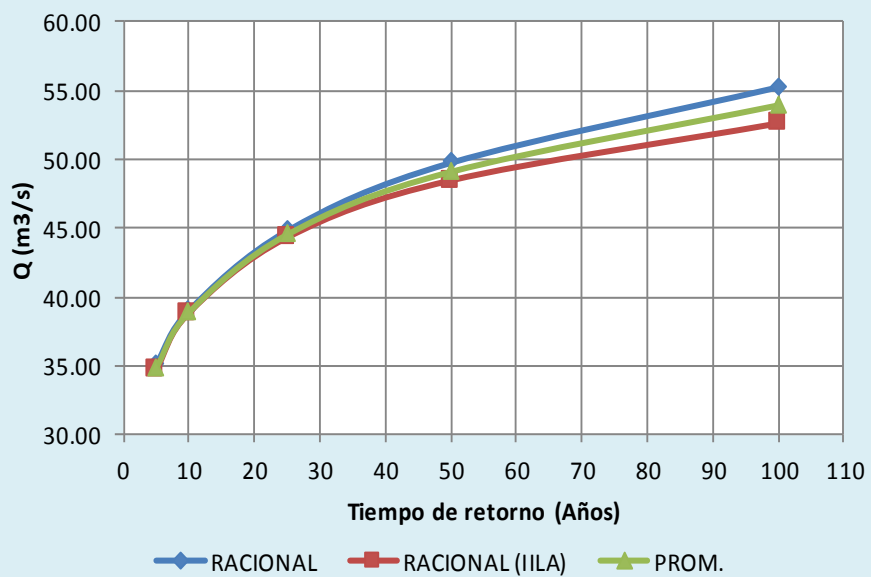
$$\Delta X = 0.6524$$

Intervalo de clase		Sub cuenca	Caudal acumulado m3/seg.				
Hr			T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
0.40 -	1.05	13-8	6.24	6.93	7.96	8.83	9.81
1.05 -	1.70	12-6-7	14.00	15.55	17.86	19.84	22.03
1.70 -	2.36	10-5-4-2	35.16	39.05	44.85	49.81	55.32
2.36 -	3.01	3-9-11-1	18.35	20.38	23.41	26.00	28.87

CUDRO 5.15: RESUMEN DE CAUDALES DE MÁXIMAS AVENIDAS PARA PERIODOS DE RETORNOS DISTINTOS

Tiempo de retorno (Años)	RACIONAL	RACIONAL (IILA)	PROM.
	Q (m ³ /s)		
5	35.16	34.62	34.89
10	39.05	38.78	38.91
25	44.85	44.28	44.57
50	49.81	48.43	49.12
100	55.32	52.59	53.96

Figura N° 5.10: Qmax. VS tiempo de retorno



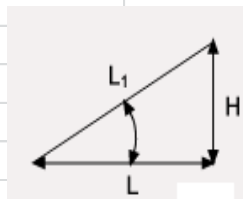
AFORO DEL CAUDAL HISTÓRICO "CUENCA PACAYCASA"

01.00.- MÉTODO MANNING O STRICKLER

01.01.- Cálculo de la pendiente

Longitud entre la sección transversal (L) m	20.0
Desnivel entre la sección transversal (H) m	0.625

Si:



$$\text{Pendiente} = (H/L)$$

Se Tiene: 0.03125 m/m

01.02.- Cálculo Manning o Strickler

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

n = Rugosidad, ver tabla tabla DC05.

A = Área (m²)

R = Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo

Sección N° 01

Cálculo del caudal en una sección natural con rugosidad constante

Ingreso de datos:

Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Datos:

Pendiente (S): m/m

Coefficiente de rugosidad (n):

Profundidad en el margen (h0): m

Tramo	L (m)	h (m)
1	1.0	0.9
2	1.0	0.8
3	1.0	0.81
4	1.0	0.84
5	1.0	0.75
6	1.0	0.65
7	1.0	0.35

[>]

Esquema de ingreso de datos:

Sección transversal del cauce

Resultados:

Caudal total (Q): m³/s Velocidad (v): m/s

Área hidráulica (A): m² Espejo de agua (T): m

Perímetro mojado (p): m Numero de Froude (F):

Radio hidráulico (R): Tipo de flujo:

Calcular
Limpiar Pantalla
Imprimir
Menú Principal
Calculadora

11 016

Sección N° 02

▼ Cálculo del caudal en una sección natural con rugosidad constante

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Datos:

Pendiente (S): m/m

Coefficiente de rugosidad (n):

Profundidad en el margen (ho): m

Tramo	L (m)	h (m)
1	1.0	0.6
2	1.0	0.87
3	1.0	0.86
4	1.0	1.08
5	1.0	0.85
6	1.0	0.65
7	0.4	0.6
[>]		

Esquema de ingreso de datos:

Resultados:

Caudal total (Q): m³/s Velocidad (v): m/s

Área hidráulica (A): m² Espejo de agua (T): m

Perímetro mojado (p): m Número de Froude (F):

Radio hidráulico (R): Tipo de flujo:

Calculadora Ejecuta las operaciones 11:30 a.m. 13/11/2016

Sección N° 03

▼ Cálculo del caudal en una sección natural con rugosidad constante

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Datos:

Pendiente (S): m/m

Coefficiente de rugosidad (n):

Profundidad en el margen (ho): m

Tramo	L (m)	h (m)
1	1.0	0.85
2	1.0	0.78
3	1.0	0.95
4	1.0	0.93
5	1.0	0.97
6	1.0	0.74
7	1.0	0.64
[?]		

Esquema de ingreso de datos:

Resultados:

Caudal total (Q): m³/s Velocidad (v): m/s

Área hidráulica (A): m² Espejo de agua (T): m

Perímetro mojado (p): m Número de Froude (F):

Radio hidráulico (R): Tipo de flujo:

Calculadora 11 016

CUADRO DE RESUMEN					
Sección	Q m ³ /seg	Ar. hidraul. m ²	Perim. Mojad. m	Radio Hidrául.	Velocidad m/s
senci. 1	28.49	5.39	8.34	0.65	5.29
senci. 2	28.22	5.29	8.05	0.66	5.34
senci. 3	33.04	5.93	8.46	0.70	5.58
Promedio	29.92	5.53	8.28	0.67	5.40

01.03.- Determinación del caudal histórico

Donde:

$$Q = 1.486 \frac{AR^{2/3} S^{1/2}}{n} = 44.46 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Fuente: Chereque (1989). Pg. 128

FOTOGRAFÍA DEL AFORO POR EL MÉTODO HISTÓRICO



Fecha: 26/10/2016



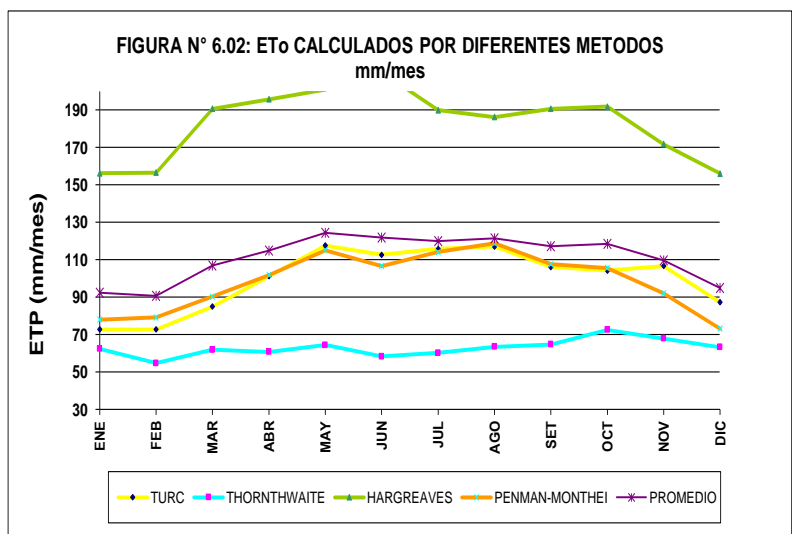
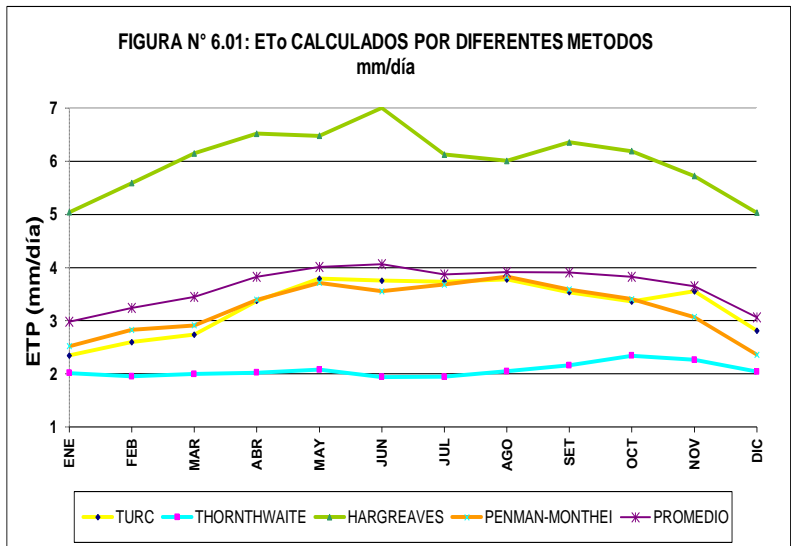
Fecha: 26/10/2016

**ANEXO VI:
DEMANDA DE AGUA**

CUADRO N° 6.01: CONSOLIDADO DE ETO

Estación	GENERADA - SECTOR DE RIEGO				
Distrito:	PACAYACASA	Altitud:	2450.00 msnm		
Provincia:	HUAMANGA	Latitud:	13	4	33
Región:	AYACUCHO	Longitud:	74	12	2

MES	ETo TURC		ETo THORNTHWAITE		ETo HARGREAVES		ETo PENMAN MONTHEI		ETo PROMEDIO	
	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes
Enero	2.3	72.7	2.0	62.4	5.0	156.2	2.5	78.0	3.0	92.4
Febrero	2.6	72.7	2.0	54.7	5.6	156.5	2.8	79.2	3.2	90.8
Marzo	2.7	84.9	2.0	61.9	6.2	190.7	2.9	90.3	3.4	106.9
Abril	3.4	101.1	2.0	60.7	6.5	195.7	3.4	101.8	3.8	114.8
Mayo	3.8	117.6	2.1	64.4	6.5	200.9	3.7	115.1	4.0	124.5
Junio	3.8	112.6	1.9	58.3	7.0	210.2	3.6	106.6	4.1	121.9
Julio	3.7	115.8	1.9	60.2	6.1	189.9	3.7	114.1	3.9	120.0
Agosto	3.8	117.1	2.0	63.4	6.0	186.3	3.8	118.7	3.9	121.4
Septiembre	3.5	106.1	2.2	64.7	6.4	190.7	3.6	107.6	3.9	117.3
Octubre	3.4	104.2	2.3	72.5	6.2	191.9	3.4	105.6	3.8	118.6
Noviembre	3.6	106.6	2.3	67.9	5.7	171.7	3.1	92.1	3.7	109.6
Diciembre	2.8	87.2	2.0	63.3	5.0	156.0	2.4	73.1	3.1	94.9
MAXIMOS	3.8	117.6	2.3	72.5	7.0	210.2	3.8	118.7	4.1	124.5



CUADRO N° 6.02: Kc DE LOS CULTIVOS

1. CULTIVO: Maíz grano

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Maíz (grano)
per. vegetativo	6 meses
fecha de siembra	1ro. Noviembre

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha	
I	emergencia	30	01/11/2016	01/12/2016
II	10-80% desarr. Vegetativo	40	01/12/2016	10/01/2017
III	80% de formación del fruto	50	10/01/2017	01/03/2017
IV	maduración (grano seco)	50	01/03/2017	20/04/2017

DETERMINACION DEL Kc

Kc - fase inicial

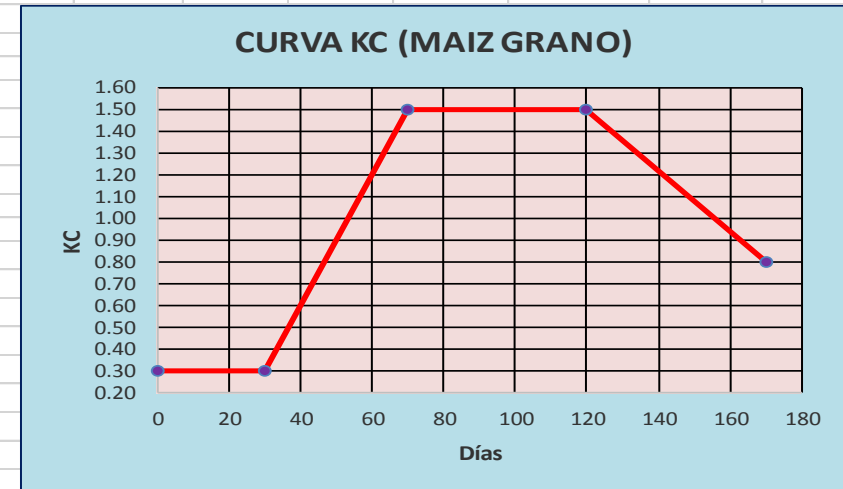
ETo	=	92.06	mm/día (Elejido)
Frecuencia de riego	=	7	días (Dato experimental)
Kcini. (Fig. 29)	=	0.325	
Kcini. (Fig. 30)	=	0.175	
Lamina de agua (mm):	=	19.51	Calculado
Kcini.	=	0.30	

K/c - mediad.

Kmed. (Tabla. 12)	=	1.2	(Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	0	0.30
Kmed.	=	1.50		30	0.30

Kc - final periodo

Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.5	(Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	120	1.50
Kcfin.	=	0.80		170	0.80



	62	90	121	151	182							31
CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS	1.26	1.50	1.50	1.08	0.8							0.30

2. CULTIVO: Maíz ensilado

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Maíz (ensilado)
per. vegetativo	5 meses
fecha de siembra	1ro. Noviembre

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha	
I	emergencia	20	01/12/2016	21/12/2016
II	10-80% desarr. Vegetativo	40	21/12/2016	30/01/2017
III	80% de formación del fruto	70	30/01/2017	10/04/2017
IV	maduración (grano pastoso)	10	10/04/2017	20/04/2017

140

DETERMINACION DEL Kc

Kc - fase inicial

ETo	=	73.10 mm/día (Elejido)
Frecuencia de riego	=	7 días (Dato experimental)
Kcini. (Fig. 29)	=	0.35
Kcini. (Fig. 30)	=	0.2
Lamina de agua (mm):	=	9.09 Calculado
Kcini.	=	0.40

K/c - mediad.

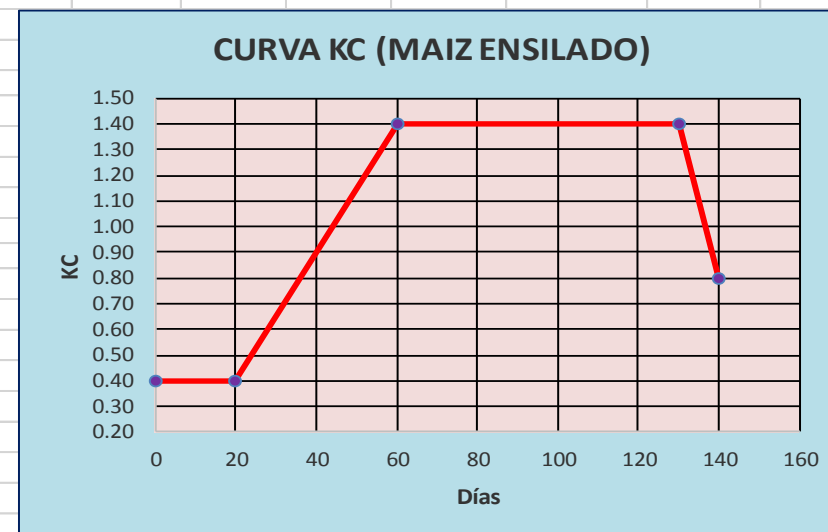
Kmed. (Tabla. 12)	=	1.15 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	0	0.40
Kmed.	=	1.40	20	0.40

60 1.40

Kc - final periodo

Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.5 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	130	1.40
Kcfin.	=	0.80	140	0.80

CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS	1.40	1.40	1.40	0.80								0.40



3. CULTIVO: Alfalfa

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Alfalfa
per. vegetativo	10 años
fecha de siembra	1ro. Noviembre

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha	
I	emergencia	5	01/11/2016	06/11/2016
II	10-80% desarr. Vegetativo	20	06/11/2016	26/11/2016
III	80% de formación del fruto	10	26/11/2016	06/12/2016
IV	maduración.	...	06/12/2016	...

DETERMINACION DEL Kc

Kc - fase inicial

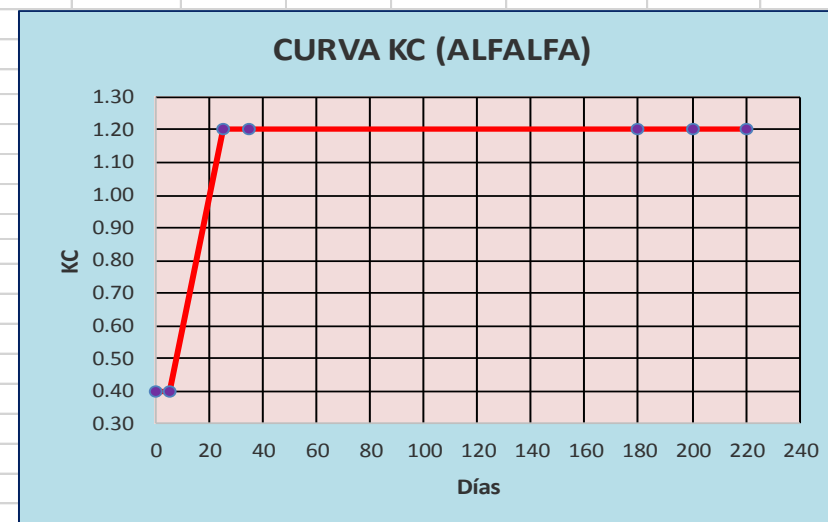
ETo	=	mm/día (Elejido)
Frecuencia de riego	=	días (Dato experimental)
Kcini. (Fig. 29)	=	
Kcini. (Fig. 30)	=	
Lamina de agua (mm):	=	
Kcini.	=	0.4

K/c - mediad.

Kmed. (Tabla. 12)	=	0.95 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	0	0.40
Kmed.	=	1.20	05	0.40

Kc - final periodo

Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.9 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	35	1.20
Kcfin.	=	1.20	180	1.20
			200	1.20
			220	1.20



CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

4. CULTIVO: Vid

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Vid
per. vegetativo	7 meses
fecha de siembra	1ro. Septiembre

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha	
I	emergencia	30	01/09/2016	01/10/2016
II	10-80% desarr. Vegetativo	60	01/10/2016	30/11/2016
III	80% de formación del fruto	40	30/11/2016	09/01/2017
IV	maduración	80	09/01/2017	30/03/2017

210

DETERMINACION DEL Kc

Kc - fase inicial

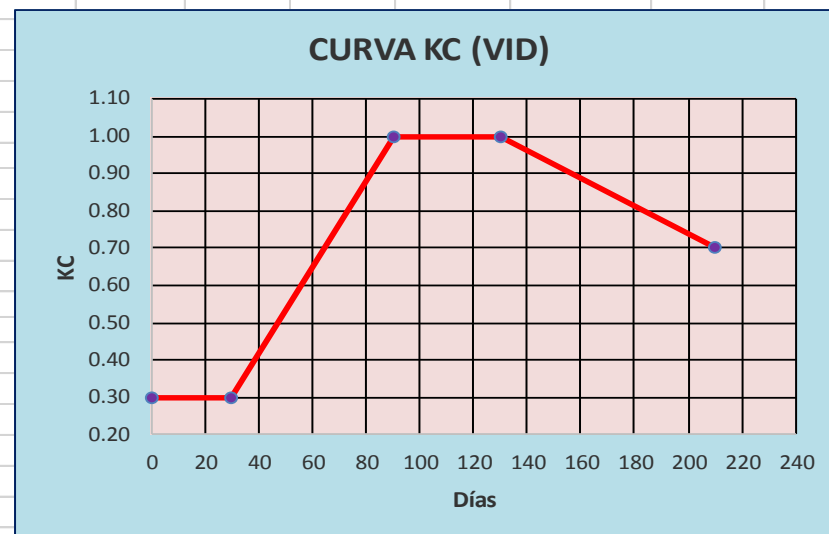
ETo	=	mm/día (Elejido)
Frecuencia de riego	=	días (Dato experimental)
Kcini. (Fig. 29)	=	
Kcini. (Fig. 30)	=	
Lamina de agua (mm):	=	Calculado
Kcini.	=	0.30

K/c - mediad.

Kmed. (Tabla. 12)	=	0.7 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	0	0.30	90
Kmed.	=	1.00	30	0.30	100
			90	1.00	120
			130	1.00	290
			210	0.70	210

Kc - final periodo

Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.45 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)
Kcfin.	=	0.70



CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS	0.91	0.80	0.70						0.30	0.66	1.00	1.00

5. CULTIVO: Melocotón

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Melocotón
per. vegetativo	8 meses
fecha de siembra	1ro. Septiembre

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha	
I	emergencia	30	01/09/2016	01/10/2016
II	10-80% desarr. Vegetativo	50	01/10/2016	20/11/2016
III	80% de formación del fruto	130	20/11/2016	30/03/2017
IV	maduración (grano pastoso)	30	30/03/2017	29/04/2017

240

DETERMINACION DEL Kc

Kc - fase inicial

ETo	=	mm/día (Elejido)
Frecuencia de riego	=	días (Dato experimental)
Kcini. (Fig. 29)	=	
Kcini. (Fig. 30)	=	
Lamina de agua (mm):	=	Calculado
Kcini.	=	0.55

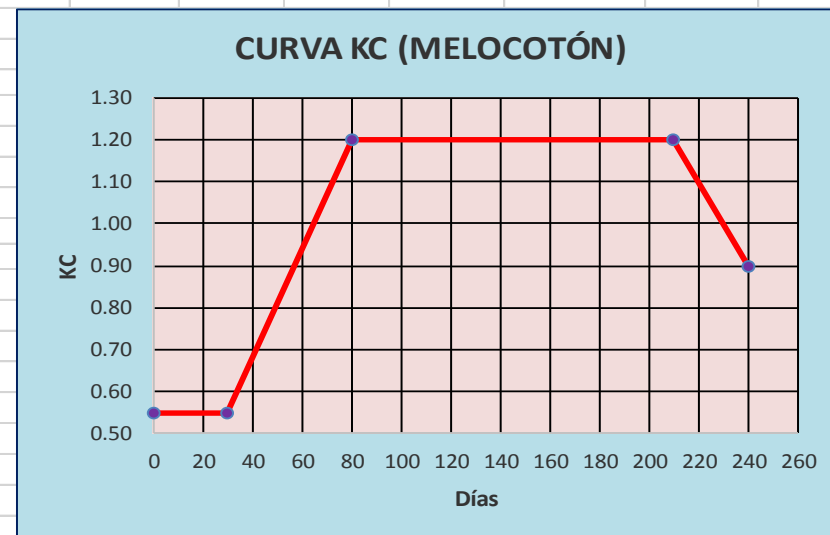
K/c - mediad.

Kmed. (Tabla. 12)	=	0.9 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	0	0.55
Kmed.	=	1.20	30	0.55

80 1.20

Kc - final periodo

Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.65 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	210	1.20
Kcfin.	=	0.90	240	0.90



CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS	1.20	1.20	1.18	0.90					0.55	0.953	1.20	1.20

6. CULTIVO: Manzana y pera

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Manzana y pera
per. vegetativo	8 meses
fecha de siembra	1ro. Septiembre

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha	
I	emergencia	30	01/09/2016	01/10/2016
II	10-80% desarr. Vegetativo	50	01/10/2016	20/11/2016
III	80% de formación del fruto	130	20/11/2016	30/03/2017
IV	maduración (grano pastoso)	30	30/03/2017	29/04/2017

240

DETERMINACION DEL Kc

Kc - fase inicial

ETo	=	mm/día (Elejido)
Frecuencia de riego	=	días (Dato experimental)
Kcini. (Fig. 29)	=	
Kcini. (Fig. 30)	=	
Lamina de agua (mm):	=	Calculado
Kcini.	=	0.60

K/c - mediad.

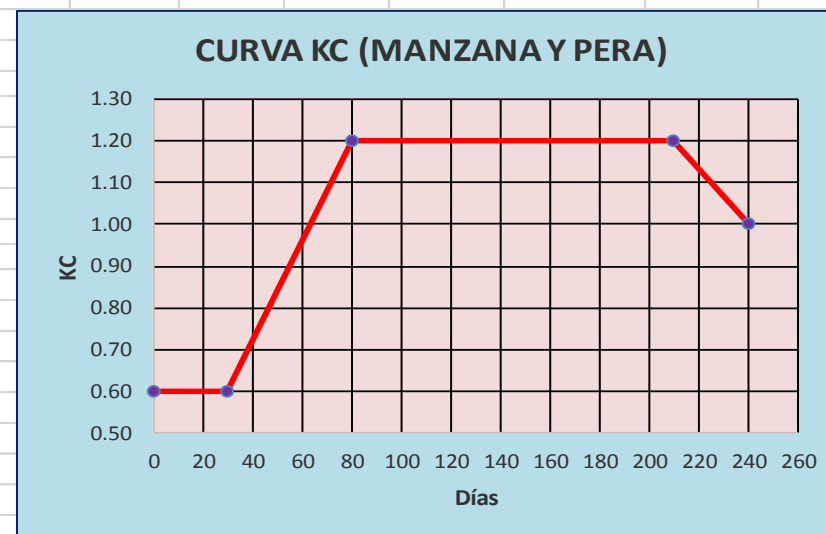
Kmed. (Tabla. 12)	=	0.95 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	0	0.60
Kmed.	=	1.20	30	0.60

80 1.20

Kc - final periodo

Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.75 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	210	1.20
Kcfin.	=	1.00	240	1.00

CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS	1.20	1.20	1.18	1.00					0.60	0.972	1.20	1.20



7. CULTIVO: Lechuga

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Lechuga
per. vegetativo	4 meses
fecha de siembra	1ro. Diciembre

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha	
I	emergencia	30	01/12/2016	31/12/2016
II	10-80% desarr. Vegetativo	40	31/12/2016	09/02/2017
III	80% de formación del fruto	25	09/02/2017	06/03/2017
IV	maduración (grano pastoso)	10	06/03/2017	16/03/2017

105

DETERMINACION DEL Kc

Kc - fase inicial

ETo	=	73.10	mm/día (Elejido)
Frecuencia de riego	=	4	días (Dato experimental)
Kcini. (Fig. 29)	=	0.35	
Kcini. (Fig. 30)	=	0.2	
Lamina de agua (mm):	=	9.09	Calculado
Kcini.	=	0.40	

K/c - mediad.

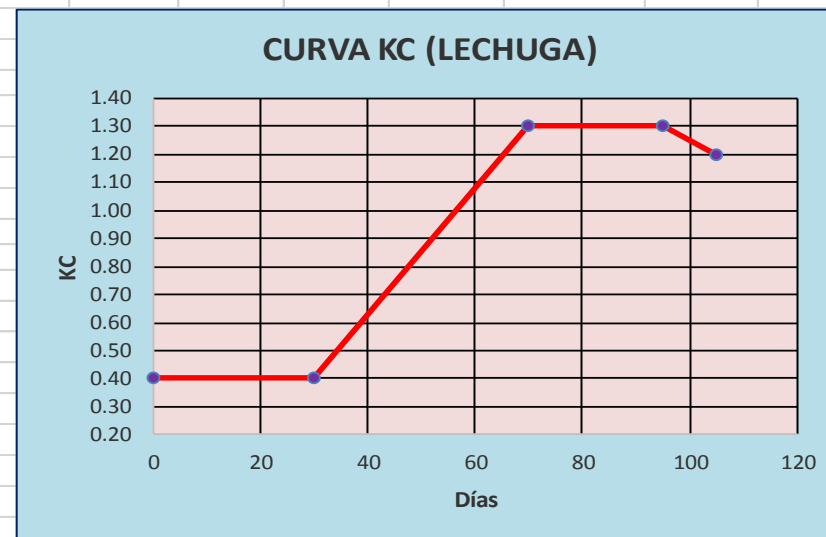
Kmed. (Tabla. 12)	=	1	(Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	0	0.40
Kmed.	=	1.30		30	0.40

70 1.30

95 1.30

Kc - final periodo

Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.95	(Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	105	1.20
Kcfin.	=	1.20			



CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS	1.12	1.30	1.20									0.40

8. CULTIVO: Apio

DATOS DEL CULTIVO

cultivo de:	Apio
per. vegetativo	5 meses
fecha de siembra	1ro. Noviembre

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha	
I	emergencia	25	01/12/2016	26/12/2016
II	10-80% desarr. Vegetativo	40	26/12/2016	04/02/2017
III	80% de formación del fruto	70	04/02/2017	15/04/2017
IV	maduración.	15	15/04/2017	30/04/2017

DETERMINACION DEL Kc

Kc - fase inicial

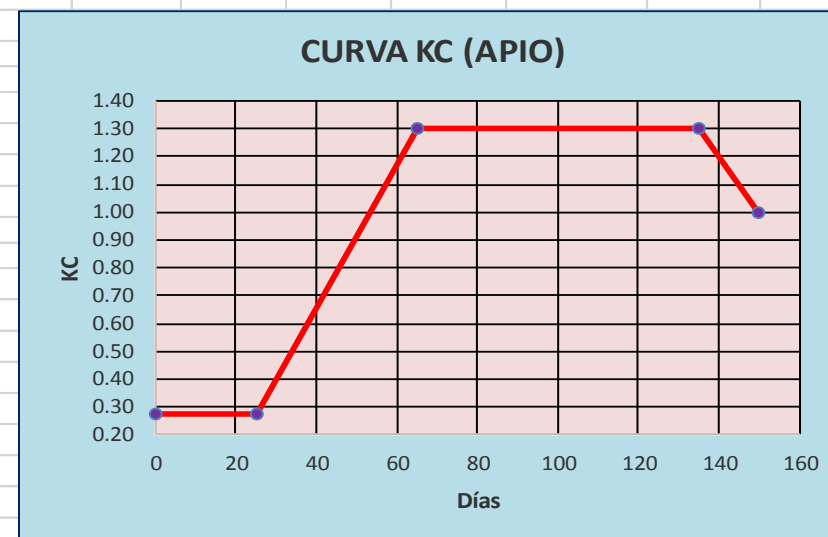
ETo	=	92.06 mm/día (Elejido)
Frecuencia de riego	=	4 días (Dato experimental)
Kcini. (Fig. 29)	=	0.325
Kcini. (Fig. 30)	=	0.175
Lamina de agua (mm):	=	19.51 Calculado
Kcini.	=	0.28

K/c - mediad.

Kmed. (Tabla. 12)	=	1 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	0	0.28
Kmed.	=	1.30	25	0.28
			65	1.30

Kc - final periodo

Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.7 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	135	1.30
Kcfin.	=	1.00	150	1.00



CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS	1.30	1.30	1.00								0.28	1.20

9. CULTIVO: Cebolla

DATOS DEL CULTIVO	
cultivo de:	Cebolla
per. vegetativo	5 meses
fecha de siembra	1ro. Noviembre

ETAPA	ESTADOS DE DESARROLLO	PERIODO	Fecha	
I	emergencia	30	01/11/2015	01/12/2015
II	10-80% desarr. Vegetativo	50	01/12/2015	20/01/2016
III	80% de formación del fruto	55	20/01/2016	15/03/2016
IV	maduración.	15	15/03/2016	30/03/2016

DETERMINACION DEL Kc

Kc - fase inicial

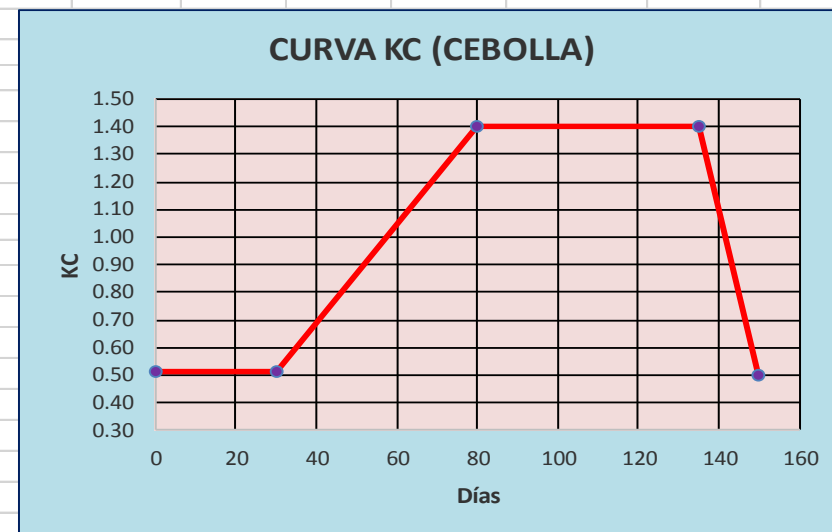
ETo	=	92.06 mm/día (Elejido)
Frecuencia de riego	=	4 días (Dato experimental)
Kcini. (Fig. 29)	=	0.6
Kcini. (Fig. 30)	=	0.325
Lamina de agua (mm):	=	19.51 Calculado
Kcini.	=	0.51

K/c - mediad.

Kmed. (Tabla. 12)	=	1.15 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	0	0.51
Kmed.	=	1.40	30	0.51

Kc - final periodo

Kcfin. (Tabla. 12)	=	0.25 (Fuente: Cuadro 12 FAO 56.)	135	1.40
Kcfin.	=	0.50	150	0.50



CARACTERISTICAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
temp. Med-mensual (°C)	16.81	16.27	16.20	16.04	16.05	15.30	15.34	16.03	16.84	18.00	17.95	17.01
Humed. Relat. med. Mensual (%)	77.04	81.51	81.79	78.51	66.34	60.28	59.14	54.79	65.21	64.84	66.34	69.95
ETo (mm/día)	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10
Kc LEIDOS	1.40	1.40	0.50								0.51	1.06

CUADRO N° 6.03: SITUACIÓN ACTUAL

CULTIVOS BASE	ÁREA		Modalidad de Cultivo												CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA	
	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Há	%
REGANTES ALEDAÑOS																	
Maiz grano	3.84	87.27%	B	B	B	B									B		
Alfalfa	0.56	12.73%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
Total Ha	4.40	100.00%	4.40	4.40	4.40	4.40	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	4.40	Total Ha	
WAYLLAPAMPA - UNSCH																	
Maiz ensilado	11.52	52.55%	B	B	B	B									B		
Alfalfa	2.02	9.23%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
Vid	6.23	28.39%	B	B	B						B	B	B	B	B		
Melocotón	1.72	7.83%	B	B	B	B					B	B	B	B	B		
Manzana	0.22	1.00%	B	B	B	B					B	B	B	B	B		
Pera	0.22	1.00%	B	B	B	B					B	B	B	B	B		
Total Ha	21.93	100.00%	21.93	21.93	21.93	15.70	2.02	2.02	2.02	2.02	10.40	10.40	10.40	21.93	Total Ha		
Kc de los Cultivos																	
CULTIVOS BASE	ÁREA		Kc de los Cultivos												CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA	
	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Há	%
REGANTES ALEDAÑOS																	
Maiz grano	3.84	87.27%	1.26	1.5	1.5	1.08									0.3		
Alfalfa	0.56	12.73%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
Total Ha	4.40	100.00%														Total Ha	
WAYLLAPAMPA - UNSCH																	
Maiz ensilado	11.52	52.55%	1.4	1.4	1.4	0.8									0.3		
Alfalfa	2.02	9.23%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
Vid	6.23	28.39%	0.9	0.8	0.7						0.3	0.7	1.0	1.0			
Melocotón	1.72	7.83%	1.2	1.2	1.2	0.9					0.6	1.0	1.2	1.2			
Manzana	0.22	1.00%	1.2	1.2	1.2	1.0					0.6	1.0	1.2	1.2			
Pera	0.22	1.00%	1.2	1.2	1.2	1.0					0.6	1.0	1.2	1.2			
Total Ha	21.93	100.00%														Total Ha	
Cult. Base			Cult. Rotación			T. en descanso											

CUADRO N° 6.04: SITUACIÓN PROYECTADA

CULTIVOS BASE	ÁREA		Modalidad de Cultivo													CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA	
	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Há		%	
REGANTES ALEDAÑOS																		
Maiz grano	7.00	92.59%	B	B	B	B	B	R	R	R	R			B	Lechuga	7	700.00%	
Alfalfa	0.56	7.41%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B				
Total Ha	7.56	100.00%	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	7.56	0.56	0.56	7.56	Total Ha	7.0	23.09%	
WAYLLAPAMPA - UNSCH																		
Maiz ensilado	13.10	43.22%	B	B	B	B		R	R	R	R			B	Maiz ensilado	10.00	64.52%	
Alfalfa	2.02	6.67%	B	B	B	B		B	B	B	B	B	B	B		0	0	
Vid	6.23	20.54%	B	B	B							B	B	B		0	0	
Melocotón	1.72	5.67%	B	B	B	B						B	B	B		0	0	
Manzana	0.22	0.72%	B	B	B	B						B	B	B		0	0	
Pera	0.22	0.72%	B	B	B	B						B	B	B		0	0	
Lechuga	1.13	3.74%	B	B	B	R	R	R	R	R				B	Apio	1.00	6.45%	
Apio	4.76	15.71%	B	B	B	R	R	R	R	R				B	Cebolla	4.00	25.81%	
Cebolla	0.91	3.01%	B	B	B	R	R	R	R	R				B	Lechuga	0.50	3.23%	
Total Ha	30.31	100.00%	30.31	30.31	30.31	22.28	7.52	17.52	17.52	17.52	20.40	20.40	16.08	30.31	Total Ha	15.5	51.13%	
Kc de los Cultivos																		
CULTIVOS BASE	ÁREA		Kc de los Cultivos													CULTIVOS DE ROTACIÓN	ÁREA	
	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Há		%	
REGANTES ALEDAÑOS																		
Maiz grano	7.00	92.59%	1.26	1.5	1.5	1.08	0.8	0.4	1.1	1.3	1.2			0.3	Lechuga	7	700.00%	
Alfalfa	0.56	7.41%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		0	0.56	
Total Ha	7.56	100.00%													Total Ha	7.0	23.09%	
WAYLLAPAMPA - UNSCH																		
Maiz ensilado	13.10	43.22%	1.4	1.4	1.4	0.8		0.4	1.4	1.4	1.4	0.8		0.3	Maiz ensilado	10.00	64.52%	
Alfalfa	2.02	6.67%	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		0	0	
Vid	6.23	20.54%	0.9	0.8	0.7							0.3	0.7	1.0	1.0	0	0	
Melocotón	1.72	5.67%	1.2	1.2	1.2	0.9						0.6	1.0	1.2	1.2	0	0	
Manzana	0.22	0.72%	1.2	1.2	1.2	1.0						0.6	1.0	1.2	1.2	0	0	
Pera	0.22	0.72%	1.2	1.2	1.2	1.0						0.6	1.0	1.2	1.2	0	0	
Lechuga	1.13	3.74%	1.1	1.3	1.2	0.3	1.2	1.3	1.3	1.0				0.3	Apio	1.00	6.45%	
Apio	4.76	15.71%	1.3	1.3	1.0	0.5	1.1	1.4	1.4	0.5				0.3	Cebolla	4.00	25.81%	
Cebolla	0.91	3.01%	1.4	1.4	0.5		0.4	1.1	1.3	1.2				0.5	Lechuga	0.50	3.23%	
Total Ha	30.31	100.00%													Total Ha	15.5	51.13%	
Cult. Base			Cult. Rotación										T. en descanso					

CUADRO N° 6.5: AREAS POR UNIDADES DE RIEGO

ESPECIE	UNIDAD DE RIEGO			
	WAYLLAPAMPA UNSCH		REGANTES ALEDAÑOS	
	(ha)		(ha)	
	EXISTENTE	PROYECTADA	EXISTENTE	PROYECTADA
Maíz grano			3.84	3.22
Maíz ensilado	11.52	1.63		
Alfalfa	2.02		0.56	
Vid	6.23			
Melocotón o durazno	1.72			
Manzana	0.22			
Pera	0.22			
Lechuga		1.13		
Apio		4.76		
Cebolla		9.12		
SUB TOTAL =	21.93	16.64	4.40	3.22
Tot. área Existente=	26.33			
Tot. área proyectada=	19.86			
TOTAL =	46.19			

CUADRO N° 6.6: DEMANDA HIDRICA (PROYECTADA - WAYLLAPAMPA UNSCH)

DEMANDA DE AGUA CON PRECIPITACIÓN EFECTIVA AL 75%

* Método de Hargreaves, en función a Humedad Relativa y Temperatura

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		
Evapotranspiración Potencial	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10	mm/mes	
Precipitación Efectiva Mensual al 75%	69.88	92.65	91.99	17.37	-	-	-	-	-	7.42	19.51	9.09	mm/mes	
Área Cultivada total	37.87	37.87	37.87	29.84	15.08	25.08	25.08	25.08	27.96	20.96	16.64	37.87	ha	
CULTIVOS BASE	40%=Er	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	%	
	Maiz grano	4.98	4.57	7.61	16.21	16.11	8.06	20.90	25.96	24.93				Lechuga
	Maiz ensilado	12.89	5.96	11.28	20.99		10.66	39.93	41.54	37.65	19.27		6.60	Maiz ensilado
	Lechuga	0.50	0.29	0.46		3.45	3.47	3.71	2.97	0.00			0.57	Apio
	Apio	3.76	1.22	-0.20		12.20	14.93	15.97	5.93	0.00		0.72	9.36	Cebolla
	Cebolla	0.90	0.41			0.58	1.49	1.85	1.78			0.63	1.56	Lechuga
	40%=Er	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	%
	Vid	0.13	-	-						5.02	9.75	11.29	9.96	
	Melocotón	1.02	0.10	0.63	3.19					2.54	4.00	3.91	3.38	
	Manzana	0.13	0.01	0.08	0.46					0.35	0.52	0.50	0.43	
	Pera	0.13	0.01	0.08	0.46					0.35	0.52	0.50	0.43	
	40%=Er	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	%
	Alfalfa	1.53	0.15	1.06	6.77	8.92	8.26	8.84	9.20	8.34	7.71	5.87	5.08	
	DMA - TOTAL	25.97	12.73	20.99	48.08	41.26	46.86	91.21	87.38	79.18	41.77	23.42	37.37	1,000 m³
	Q/ha	0.69	0.34	0.55	1.61	2.74	1.87	3.64	3.48	2.83	1.99	1.41	0.99	1,000 m³
Q 24 MX=	0.010	0.005	0.008	0.019	0.015	0.018	0.034	0.033	0.031	0.016	0.009	0.014	m³/seg	
Mr - Módulo de Riego	0.256	0.139	0.207	0.622	1.021	0.721	1.358	1.301	1.092	0.744	0.543	0.368	l/seg/há	
Caudal de Diseño	0.034												m³/seg	
	34.05												l/seg	

DEMANDA HIDRICA TOTAL DE 1 AÑO: **556,230.04 m³** 1.36 l/seg/há

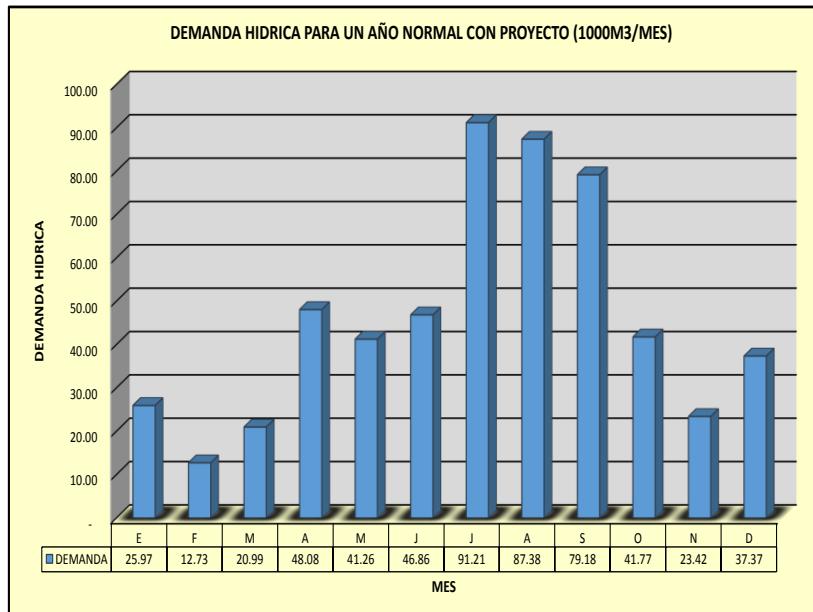
Tiempo: **24 hrs** 3600 seg Mayor demanda l/seg. 34.1

Demanda de Agua **DMA (1000 m³)**
Donde:

Área de cultivo: **A (há)**
Evapotranspiración Potencial: **ET_o (mm)**
Coeficiente de Cultivo: **Kc**
Precipitación Efectiva al 75%: **PE (mm)**
Eficiencia de riego: **Er (%)**
Módulo de riego: **Mr (l/s/ha)**

$$DMA_i = \frac{A_i (ET_{o_i} Kc_i - PE_m)}{100 Er}$$

$$Mr = \frac{Q}{A_m}$$



CUADRO N° 6.7: DEMANDA HIDRICA (PROYECTADA - WAYLLAPAMPA UNSCH)

DEMANDA DE AGUA CON PRECIPITACIÓN EFECTIVA AL 75%

* Método de Hargreaves, en función a Humedad Relativa y Temperatura

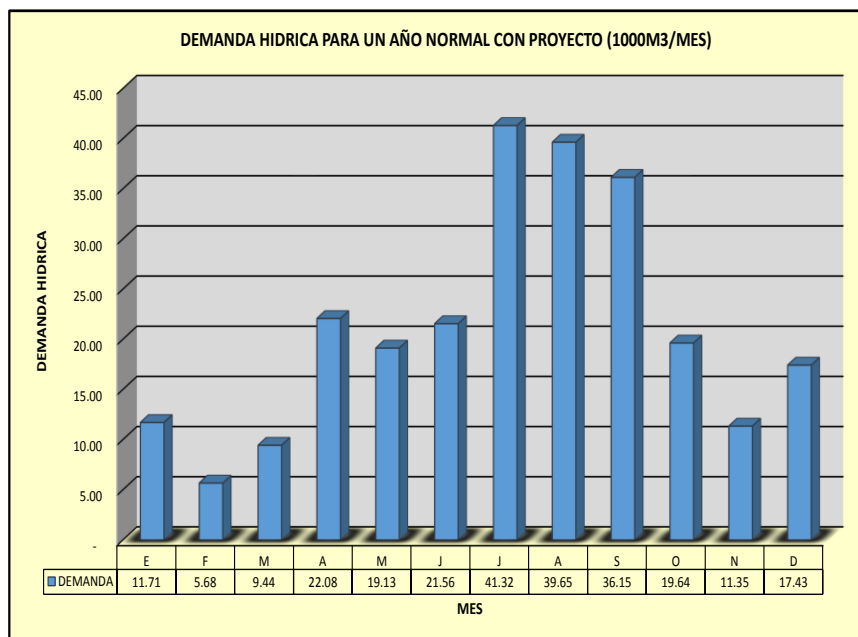
Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Evapotranspiración Potencial	78.04	79.17	90.30	101.83	115.08	106.62	114.10	118.70	107.58	105.60	92.06	73.10	mm/mes
Precipitación Efectiva Mensual al 75%	69.88	92.65	91.99	17.37	-	-	-	-	-	7.42	19.51	9.09	mm/mes
Área Cultivada total	37.87	37.87	37.87	29.84	15.08	25.08	25.08	25.08	27.96	20.96	16.64	37.87	ha
75%=Er	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	%
Maiz grano	2.21	2.03	3.38	7.20	7.16	3.58	9.29	11.54	11.08				Lechuga
Maiz ensilado	5.73	2.65	5.01	9.33		4.74	17.75	18.46	16.73	8.56		2.93	Maiz ensilado
Lechuga	0.22	0.13	0.21		1.53	1.54	1.65	1.32	0.00			0.25	Apio
Apio	1.67	0.54	-0.09		5.42	6.63	7.10	2.64	0.00		0.32	4.16	Cebolla
Cebolla	0.40	0.18			0.26	0.66	0.82	0.79			0.28	0.69	Lechuga
85%=Er	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	%
Vid	0.06	-	-						2.36	4.59	5.31	4.69	
Melocotón	0.48	0.05	0.29	1.50					1.20	1.88	1.84	1.59	
Manzana	0.06	0.01	0.04	0.22					0.17	0.25	0.23	0.20	
Pera	0.06	0.01	0.04	0.22					0.17	0.25	0.23	0.20	
75%=Er	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	%
Alfalfa	0.82	0.08	0.56	3.61	4.76	4.41	4.72	4.91	4.45	4.11	3.13	2.71	
DMA - TOTAL	11.71	5.68	9.44	22.08	19.13	21.56	41.32	39.65	36.15	19.64	11.35	17.43	1,000 m³
Q/ha	0.31	0.15	0.25	0.74	1.27	0.86	1.65	1.58	1.29	0.94	0.68	0.46	1,000 m³
Q 24 MX=	0.004	0.002	0.004	0.009	0.007	0.008	0.015	0.015	0.014	0.007	0.004	0.007	m³/seg
Mr - Módulo de Riego	0.115	0.062	0.093	0.285	0.474	0.332	0.615	0.590	0.499	0.350	0.263	0.172	l/seg/há
Caudal de Diseño	0.015												m³/seg
	15.43												l/seg

DEMANDA HIDRICA TOTAL DE 1 AÑO: **255,155.66 m3** **0.62 l/seg/há**
 Tiempo: **24 hrs** **3600 seg** **Mayor demanda l/seg. 15.4**

Demanda de Agua **DMA (1000 m³)**
 Donde:
 Área de cultivo: **A (há)**
 Evapotranspiración Potencial: **ET_o (mm)**
 Coeficiente de Cultivo: **Kc**
 Precipitación Efectiva al 75%: **PE (mm)**
 Eficiencia de riego: **Er (%)**
 Módulo de riego: **Mr (l/s/ha)**

$$DMA_i = \frac{A_i (ET_{o_m} Kc_i - PE_m)}{100 Er}$$

$$Mr = \frac{Q}{A_m}$$



CUADRO N° 6.8: DISTRIBUCION DE CAUDALES POR UNIDA DE RIEGO

DESCRIPCION		UNIDAD DE RIEGO PROYECTADA	
DESCRIPCION	UND	WAYLLAPAMPA UNSCH	REGANTES ALEDAÑOS
MODULO DE RIEGO (gravedad)	(Lt/s/ha)	1.36	1.36
MODULO DE RIEGO (presurizado)	(Lt/s/ha)	0.62	0.62
ÁREA CULTIVADA (Mes diseño)	(%)	66.23	66.23
CAUDAL RIEGO POR GRAVEDAD	(Lt/s)	27.26	6.80
CAUDAL RIEGO PRESURIZADO	(Lt/s)	12.35	3.08

**ANEXO VII:
CALIDAD DE AGUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 RPM # 966942996

Ayacucho – Perú

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Pacaycasa
Localidad : Huayllapampa
Proyecto : "Tesis"
Solicitante : Sr. Franklin Yance Soto

ANALISIS FISICO – QUIMICO DE AGUA

DETERMINACIONES	FUENTE	
	Río Pongora	
CATIONES (meq./ Litro)		
CALCIO (Ca ⁺⁺)	4.12	
MAGNESIO (Mg ⁺⁺)	1.56	
POTASIO (K ⁺)	0.75	
SODIO (Na ⁺)	4.02	
AMONIO (NH ₄ ⁺)	0.00	
ANIONES (meq./ Litro)		
BICARBONATOS (HCO ₃ ⁻)	5.55	
CARBONATOS (CO ₃ ⁼)	0.18	
CLORUROS (Cl ⁻)	3.48	
FOSFATOS (PO ₄ ⁻³)	0.00	
NITRATOS (NO ₃ ⁻)	0.00	
SULFATOS (SO ₄ ⁼)	1.25	
OTRAS DETERMINACIONES		
pH	7.88	
CE. (dS/m.)	0.970	
Sólidos en Suspensión (g/litro)	0.078	
Sales Solubles Totales (ppm)	504.0	
Relación de Adsorción de Sodio	2.39	
Dureza Total (ppm CaCO ₃)	284.0	
CLASIFICACION	C3-S1	

OBSERVACIONES:

Ayacucho, 17 de Noviembre del 2016

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan B. Girón Molina
C.I.P. 77120

**ANEXO VIII:
PANEL FOTOGRÁFICO**



FOTOGRAFÍA N° 01: Identificación de la toma lateral del río Pacaycasa y la línea de conducción



FOTOGRAFÍA N° 02: Toma lateral del río Pacaycasa de forma artesanal (mes marzo)



FOTOGRAFÍA N° 03: Reconocimiento de la longitud máxima de recorrido del río Pacaycasa (mes junio)



FOTOGRAFÍA N° 04: Terrenos aptas para la producción agrícola del C. E. Wayllapampa



FOTOGRAFÍA N° 05: Río Huamánhura (mes marzo)



FOTOGRAFÍA N° 06: Río Pallca (mes marzo)



FOTOGRAFÍA N° 07: Realización del aforo Histórico a parit de la guella historica del río Pacayacas.

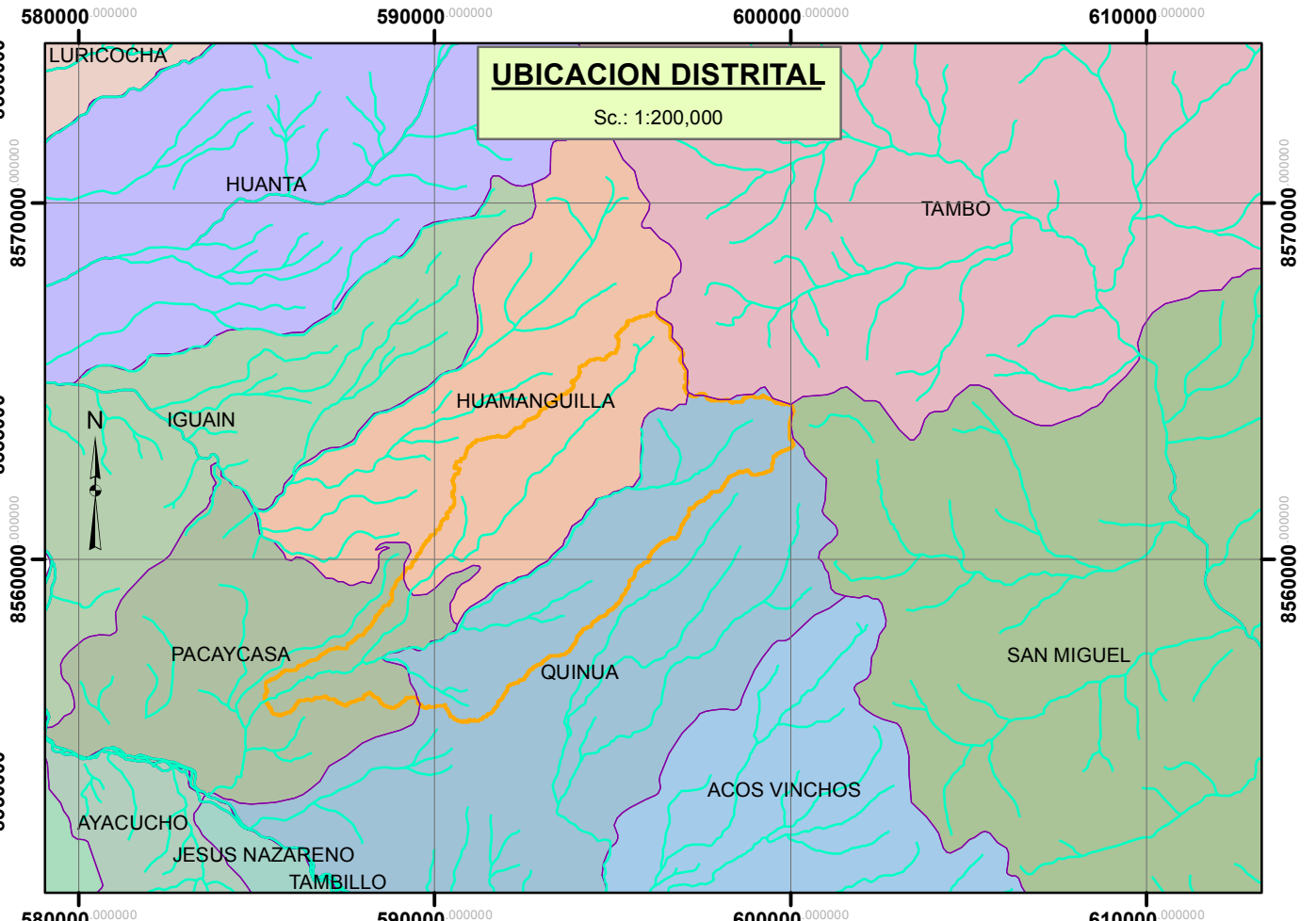
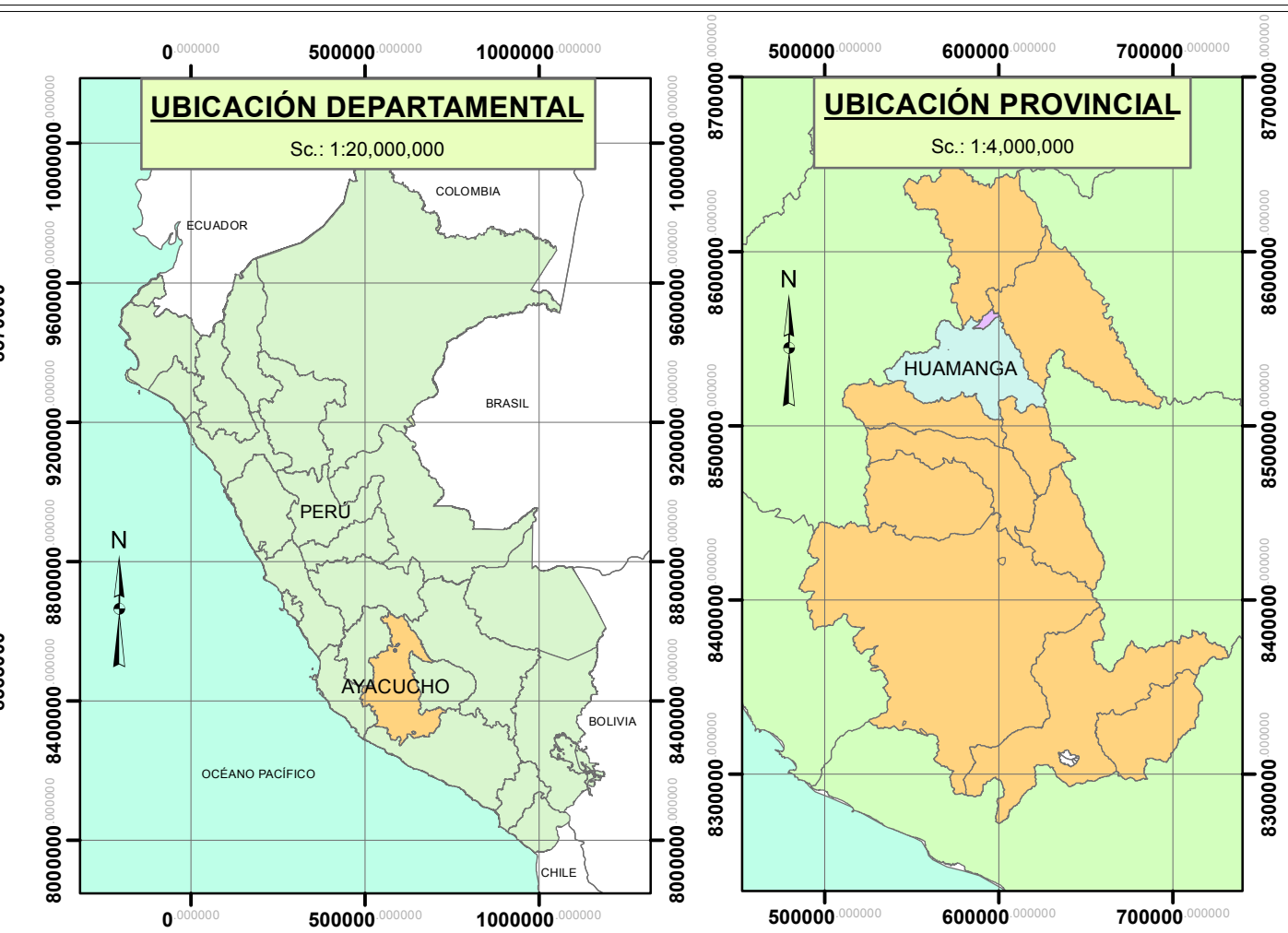
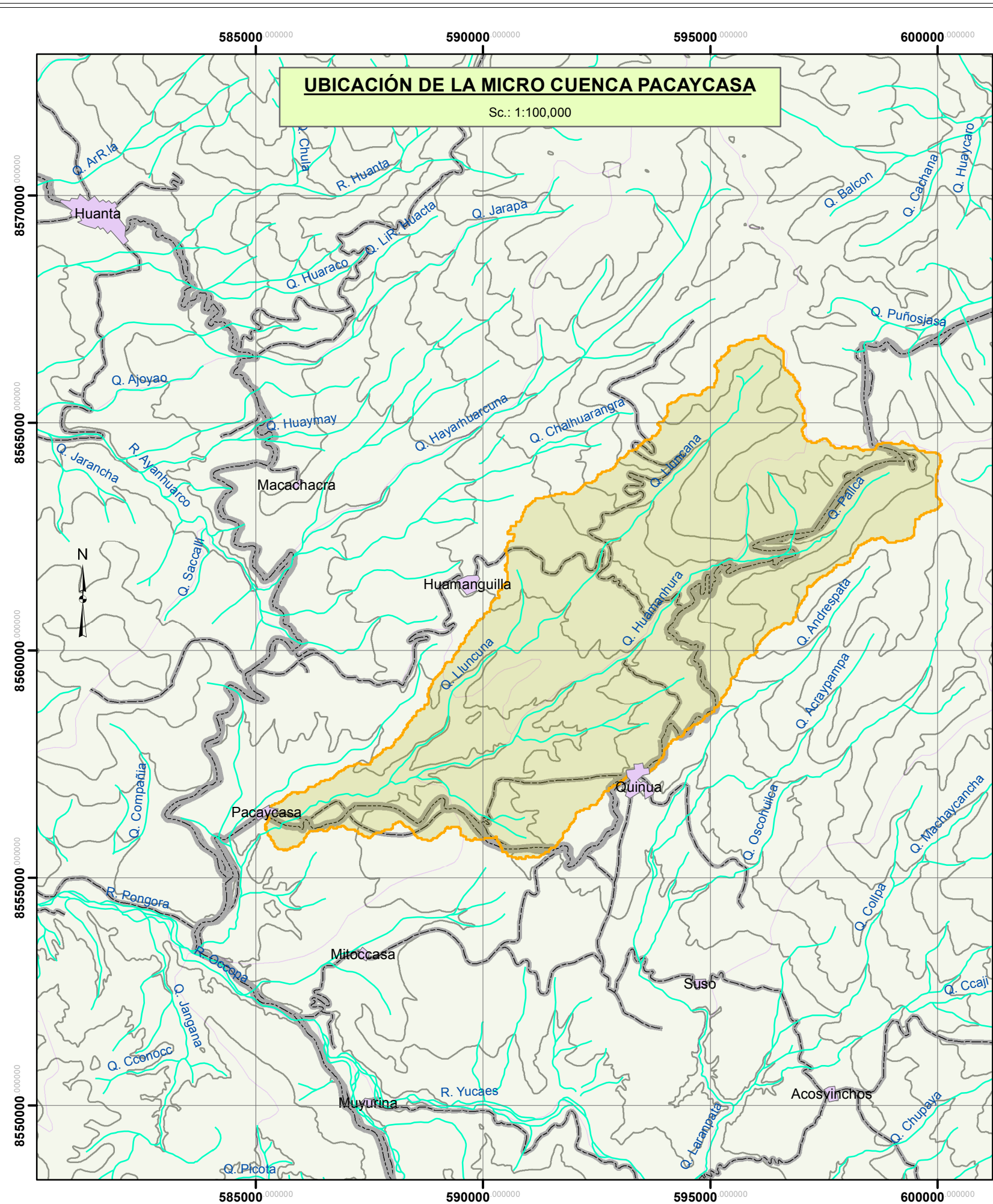


FOTOGRAFÍA N° 08: Bofedales y manantiales de la cuenca del río Pacaycasa (Pallca)



FOTOGRAFÍA N° 09: Bofedales de la cuenca del río Pacaycasa (Lluncuna)

**ANEXO IX:
RELACIÓN DE PLANOS**



“SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RIO PACAYCASA, DISTRITO PACAYCASA, HUAMANGA, AYACUCHO - 2016”

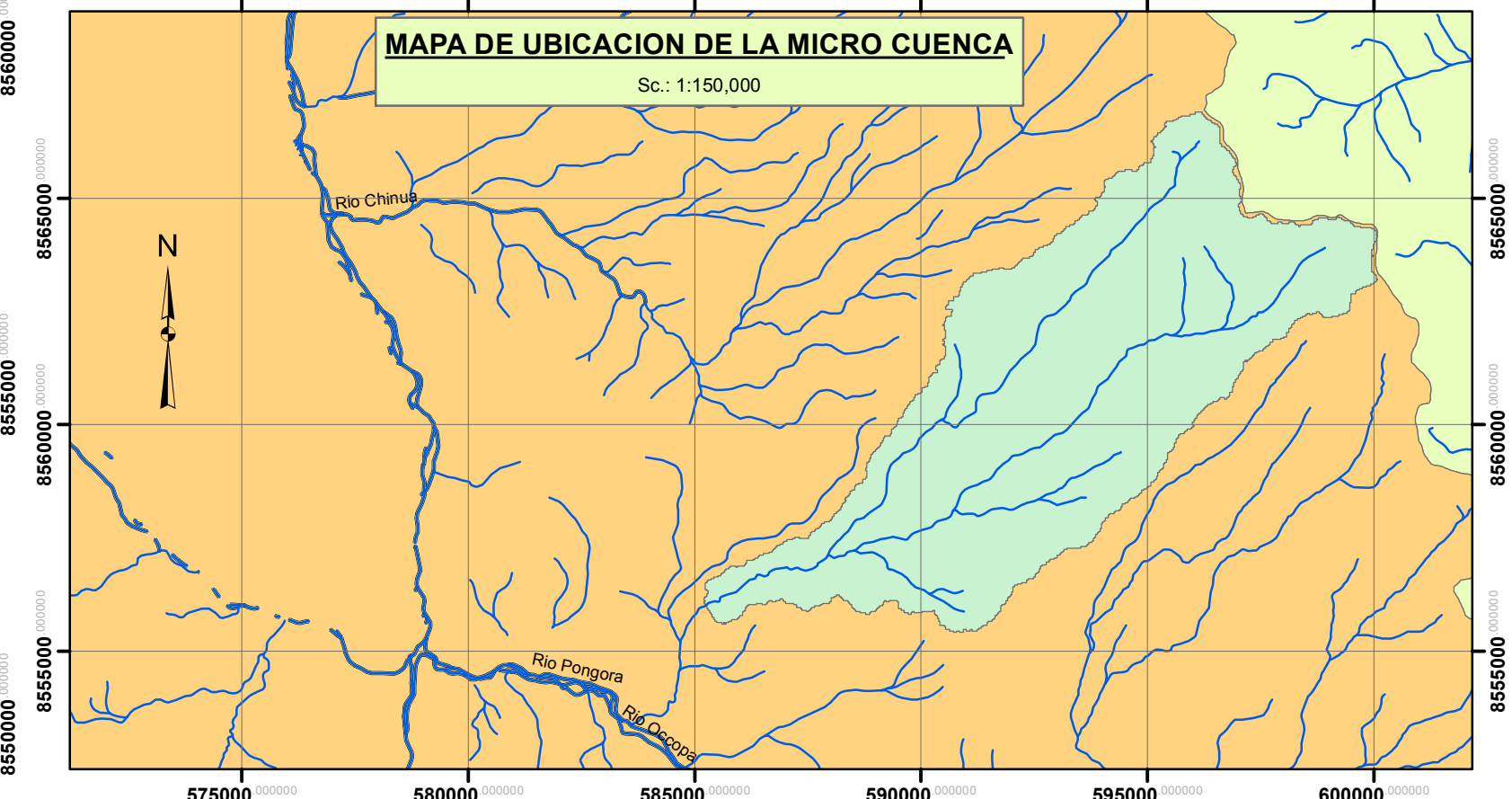
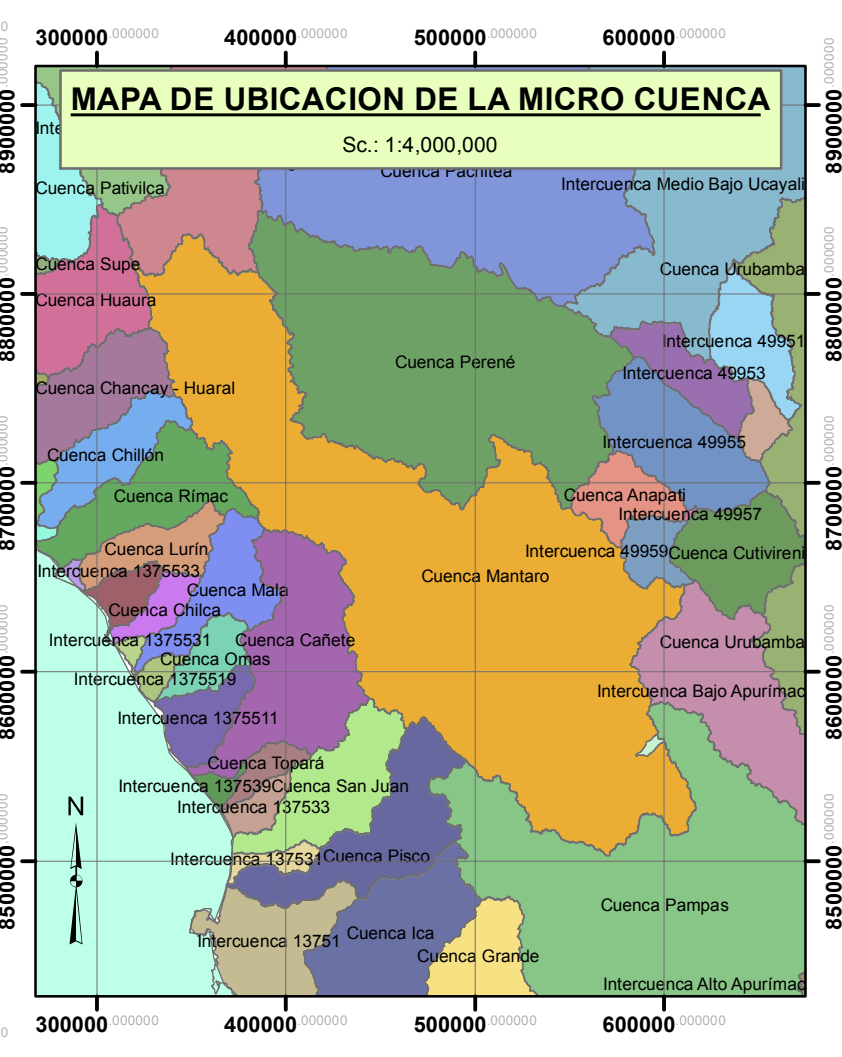
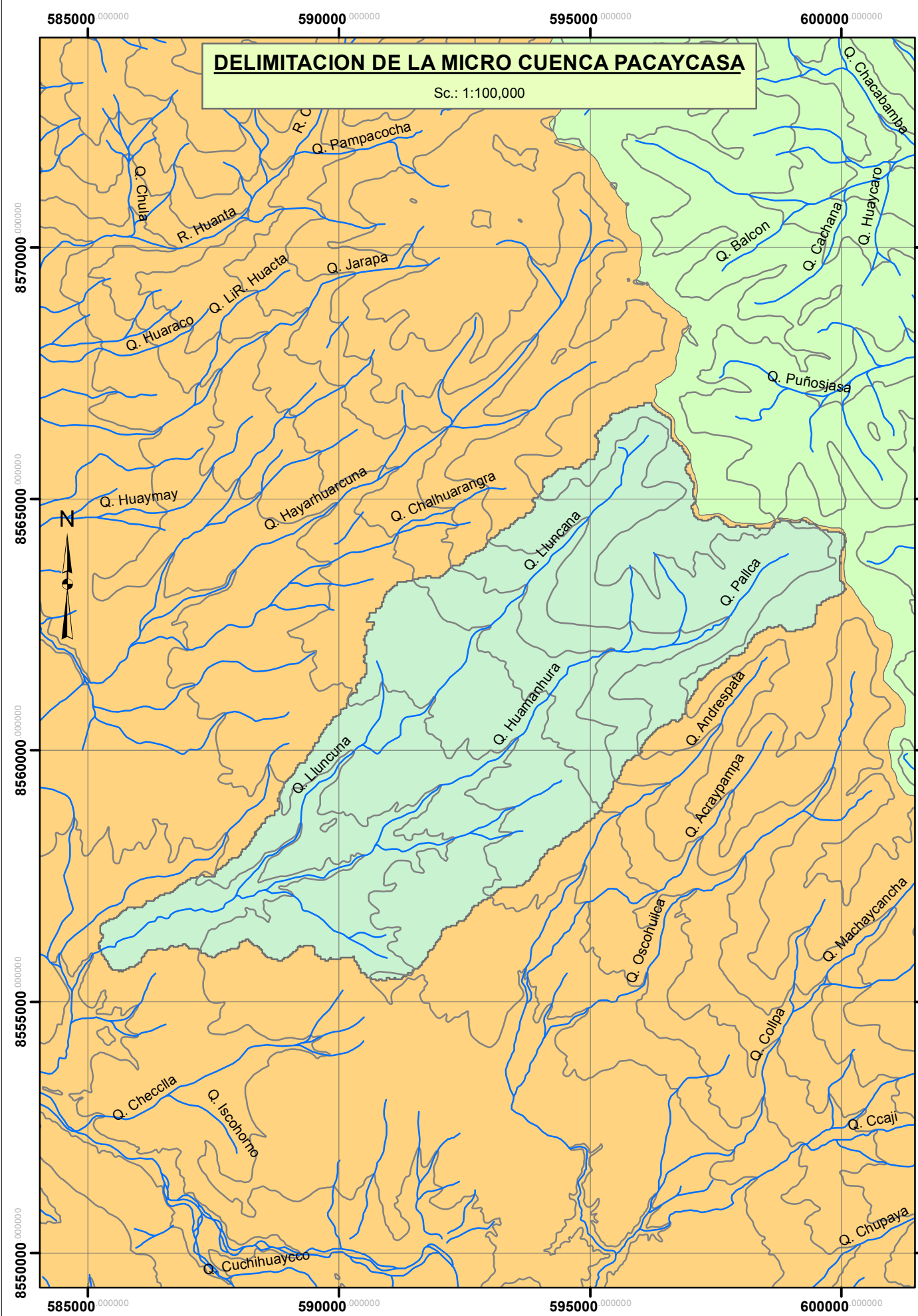
Projected Coordinate System: WGS_1984_UTM Zone 18S
 Geographic Coordinate system: GCS_WGS_1984
 Datum: D_WGS_1984

Elaborado: Ing. Franklin Yance Soto
 Responsable: MSc. Ing. Meneses Rojas Ruben
 Aprobado: MSc. Ing. Meneses Rojas Ruben

Escala: Indicada
 Fecha: Junio del 2016
 Fuente: Propia

UBICACIÓN POLÍTICA DE LA CUENCA EN ESTUDIO

LAMINA:
HI-01



“SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RIO PACAYCASA, DISTRITO PACAYCASA, HUAMANGA, AYACUCHO - 2016”

Projected Coordinate System: WGS_1984_UTM Zone 18S
Geographic Coordinate system: GCS_WGS_1984
Datum: D_WGS_1984

Elaborado: Ing. Franklin Yance Soto
Responsable: MSc. Ing. Meneses Rojas Ruben
Aprobado: MSc. Ing. Meneses Rojas Ruben

Escala: Indicada
Fecha: Junio del 2016
Fuente: Propia

UBICACIÓN HIDROGRÁFICA
LAMINA: HI-02

