

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA HIDRÁULICA**



**“GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA EN LA CUENCA DEL RÍO  
NAMORA A PARTIR DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA”**

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

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:  
PATRICIA LIZBETH VÁSQUEZ SARMIENTO**

**ASESOR:  
PH. D. ING. OSWALDO ORTIZ VERA**

**CAJAMARCA –PERÚ**

**2018**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por estar siempre presente y hacer que tome las mejores decisiones en mi vida personal y profesional. Por brindarme salud y sabiduría para terminar esta tesis.

Al Ph. D. Ing. Oswaldo Ortiz Vera, por su apoyo en el presente proyecto, así como su esmero en el desarrollo del programa de asesoramiento de tesis, con el fin de que los egresados en Ingeniería Hidráulica logremos el anhelado título profesional.

A todos los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca que me transmitieron sus conocimientos durante mi formación académica, los cuales me servirán en gran medida en mi vida profesional.

A todos mis compañeros universitarios quienes me ayudaron en muchas oportunidades y juntos logramos culminar nuestros estudios con éxito en la Universidad Nacional de Cajamarca.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Clodomiro Vásquez y María Andrea Sarmiento, por su apoyo incondicional día a día, que con su ejemplo me empujan a mejorar cada vez más y me muestran que con su esfuerzo han logrado darme la mejor vida que puedo tener y dejarme la mejor herencia que son los estudios profesionales.

A mis hermanos Miro Junior Vásquez y Jhony Vásquez, a los cuales siempre quise darles el mejor ejemplo de hermana mayor, para que así también logren grandes objetivos como yo me los propongo.

A mis sobrinos Layla Vásquez y Thiago Vásquez, para que algún día se sientan orgullosos de mí y también sea yo un ejemplo a seguir para ellos.

A mi abuelita, tíos y tías, primos y primas, porque con nuestra unión logramos siempre salir adelante y cumplir nuestras metas.

A mi compañero Michael, por su apoyo incondicional en mi vida personal y profesional.

*“En tiempos de cambio, quienes estén abiertos al aprendizaje se adueñarán del futuro, mientras que aquellos que creen saberlo todo estarán bien equipados para un mundo que ya no existe.”*

Eric Hoffer

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3.	ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.4.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
a.	Objetivo General: .....	3
b.	Objetivos Específicos: .....	3
2.	MARCO TEÓRICO .....	4
2.1.	ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	4
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	5
a.	Cuenca Hidrográfica.....	5
•	Cuenca.....	6
•	Subcuencas .....	6
•	Microcuencas .....	6
b.	Características una Cuenca Hidrográfica .....	7
b.1.	Delimitación de una cuenca .....	7
b.2.	Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Hidrográfica.....	8
•	Parámetros Geométricos .....	8
•	Parámetros Morfométricos.....	9
•	Parámetros Relativos al Relieve.....	12
•	Parámetros Relativos al Drenaje .....	21
b.3.	Hidrología.....	24
•	Ciclo Hidrológico.....	24
•	Balance Hídrico.....	25
•	Modelos Matemáticos en Hidrología .....	25
•	Ecuación del Balance Hídrico .....	30
•	Coefficiente de Escorrentía .....	31
•	Precipitación Efectiva .....	32
•	Retención de la Cuenca .....	33
•	Relación entre Descargas y Retención .....	33
•	Coefficiente de Agotamiento.....	34
•	Almacenamiento Hídrico .....	35
•	Relación de caudales del flujo base (b0).....	36
•	Gasto de la retención “Gi” .....	37

•	Abastecimiento de la Retención .....	37
•	Determinación del Caudal Mensual para el Año Promedio .....	38
•	Generación de Caudales para Periodos Extendidos .....	38
•	Restricciones del Modelo .....	39
b.4.	Prueba de bondad de ajuste .....	40
b.5.	Tratamiento de Información Climatológica .....	42
•	Temperatura Atmosférica.....	42
•	Precipitación.....	43
•	Escorrentía.....	44
c.	Estimación de Datos Faltantes.....	46
d.	Análisis de homogeneidad y consistencia .....	47
e.	Aforo - Método Flotador .....	49
2.3.	Definición de Términos Básicos .....	51
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	53
3.1.	METODOLOGÍA .....	53
a.	Área De Estudio .....	53
b.	Demarcación Limítrofe.....	55
c.	Referencia en Google Earth.....	55
d.	Punto Emisor .....	55
3.2.	EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	56
a.	Equipos .....	56
b.	Materiales y Equipos de Gabinete .....	56
3.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO NAMORA.....	57
3.4.	PROCEDIMIENTO .....	57
3.5.	TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA .....	58
a.	Proceso de información meteorológica. ....	59
b.	Precipitación media mensual de la cuenca. ....	59
c.	Coeficiente de escorrentía. ....	59
d.	Precipitación Efectiva.....	60
e.	Retención de la cuenca. ....	60
f.	Abastecimiento (A) durante la estación lluviosa.....	60
3.6.	GENERACIÓN DE CAUDALES .....	60
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	62
4.1.	Análisis cartográfico de la cuenca en estudio .....	62
4.2.	Modelos determinísticos parciales .....	64
a.	Precipitación media de la cuenca .....	64

b.	Coeficiente de escorrentía .....	64
c.	Precipitación efectiva .....	65
d.	Gasto de Retención .....	66
e.	Coeficiente de agotamiento ( $\alpha$ ) .....	66
f.	Relación de caudales de flujo base ( $b_0$ ) .....	66
g.	Gasto de retención ( $G_i$ ) .....	67
h.	Abastecimiento de la retención ( $A_i$ ) .....	67
i.	Generación de Caudales .....	69
j.	Caudales mensuales para un periodo extendido .....	70
k.	Aforo de caudales .....	76
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	82
5.1.	CONCLUSIONES .....	82
5.2.	RECOMENDACIONES .....	83
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....	84
7.	ANEXOS .....	87
a.1.	Planillas de precipitación mensual completadas .....	87
a.2.	Análisis de Consistencia .....	106
a.3.	Estructuras de Riego en la Cuenca del Río Namora .....	115
a.4.	Fotografías de laderas .....	118
a.5.	Geología .....	121
a.6.	Aforos In Situ .....	126
a.7.	Planilla de registro de precipitaciones agrupadas en periodos .....	127
a.8.	Precipitación media mensual y precipitación .....	136
a.9.	Números aleatorios .....	138
a.10.	Prueba de bondad de ajuste .....	139

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de Tamaños de Cuenca.....	8
Tabla 2: Forma de la cuenca en función al factor de forma. ....	11
Tabla 3: Clasificación del Índice Compacidad de Gravelius. ....	12
Tabla 4: Clasificación de Pendiente en las Cuencas.....	15
Tabla 5: Respuesta en base a la densidad de drenaje. ....	18
Tabla 6: Clasificación de pendiente en el cauce principal.....	20
Tabla 7 : Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%). ....	37
Tabla 8: Valores críticos de $\Delta_0$ del estadístico Smirnov-Kolmogorov $\Delta$ , para varios valores de N y niveles de significación. ....	42
Tabla 9: Coordenadas UTM de las estaciones meteorológicas consideradas para el estudio. ....	58
Tabla 10: Parámetros geomorfológicos de la Cuenca del Río Namora, con punto emisor la confluencia de los Ríos Namora y Cajamarquino. ....	62
Tabla 11: Precipitación media total mensual (mm) de la Cuenca del Río Namora.....	64
Tabla 12: Precipitación media efectiva mensual. ....	65
Tabla 13: Parámetros para calcular la R de la cuenca Namora ....	66
Tabla 14: Valores de la relación de caudales del flujo base, para la época de estiaje....	67
Tabla 15: Gasto de retención para la época de estiaje.....	67
Tabla 16: Coeficiente de abastecimiento para Cajamarca.....	68
Tabla 17: Abastecimiento de la retención en época de lluvia ....	68
Tabla 18: Caudales generados para el año promedio ....	69
Tabla 19: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple.....	70
Tabla 20: Cálculo matricial para obtener B1, B2 y B3 ....	71
Tabla 21: Cálculo del caudal $Q_t$ .....	72
Tabla 22: Cálculo del error mensual ....	72
Tabla 23: Caudales generados $Q_m$ (mm/mes) para un periodo extendido.....	73
Tabla 24: Caudales medios generados mm/mes.....	74
Tabla 25: Volumen de agua mensual (MMC) de la Cuenca Namora ....	74
Tabla 26: Caudales Medios Mensuales ( $m^3/s$ ) generados.....	75
Tabla 27: Alturas (h) tomadas en campo - marzo ....	76
Tabla 28: Alturas (h) tomadas en campo - abril ....	78
Tabla 29: Alturas (h) tomadas en campo - mayo.....	80



Tabla 30: Precipitación mensual (mm) - Estación A. Weberbauer .....	87
Tabla 31: Precipitación mensual (mm) - Estación Namora.....	89
Tabla 32: Precipitación mensual (mm) - Estación San Marcos.....	91
Tabla 33: Precipitación mensual (mm) - Estación La Encañada.....	93
Tabla 34: Precipitación mensual (mm) - Estación Jesús .....	95
Tabla 35: Precipitación mensual (mm) - Estación Sondor Matara.....	98
Tabla 36: Precipitación mensual (mm) - Estación La Victoria .....	100
Tabla 37: Precipitación mensual (mm) - Estación Hacienda Jocos.....	102
Tabla 38: Precipitación mensual (mm) - Estación Celendín .....	104
Tabla 39: Datos acumulados de las Estaciones Índice .....	106
Tabla 40: Datos acumulados La encañada, Jesús y Sondor Matara .....	109
Tabla 41: Datos Acumulados de La Victoria, Hacienda Jocos y Celendín.....	111
Tabla 42: Registro de Estructuras de Riego en la Cuenca Namora.....	115
Tabla 43: Formaciones Geológicas. ....	121
Tabla 44: Tabla resumen Caudales Aforados.....	126
Tabla 45: Formato de precipitaciones promedio agrupadas en periodos de 5 años .....	127
Tabla 46: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 1° periodo.....	130
Tabla 47: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 2° periodo.....	131
Tabla 48: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 3° periodo.....	131
Tabla 49: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 4° periodo.....	132
Tabla 50 : Precipitaciones promedio para los 12 meses – 5° periodo.....	132
Tabla 51 : Precipitaciones promedio para los 12 meses – 6° periodo.....	133
Tabla 52 : Precipitaciones promedio para los 12 meses – 7° periodo.....	134
Tabla 53: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 8° periodo.....	134
Tabla 54: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 9° periodo.....	135
Tabla 55: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 10° periodo.....	135
Tabla 56: Planilla de precipitación media mensual (mm) generada en la cuenca Namora .....	137
Tabla 57: Planilla de precipitación efectiva (mm) por periodos para cada mes en la cuenca Namora .....	137
Tabla 58: Números aleatorios normalmente distribuidos.....	138

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Divisoria de aguas .....	6
Figura 2: Cuenca, Subcuenca y Microcuenca. ....	6
Figura 3: Longitud y perímetro de la cuenca.....	9
Figura 4: Componentes del Factor de Forma .....	10
Figura 5: Efecto de la forma de la cuenca en el tiempo de concentración. ....	11
Figura 6: Transformación de una cuenca en un rectángulo.....	13
Figura 7: Criterio de Horton. ....	14
Figura 8: Perfil longitudinal de un cauce.....	16
Figura 9: Representación de un Histograma Frecuencias de altitudes .....	16
Figura 10: Curva Hipsométrica .....	17
Figura 11: Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes. ....	17
Figura 12: Perfil longitudinal de un cauce y líneas a considerar para el cálculo de la pendiente media y de la pendiente media ponderada. ....	20
Figura 13: Métodos de orden de ríos. ....	22
Figura 14: Orden de ríos, en una cuenca de quinto orden. ....	22
Figura 15: Texturas de drenaje. ....	23
Figura 16: Ciclo Hidrológico.....	25
Figura 17: Isoyetas. ....	44
Figura 18: Relación entre la precipitación y la escorrentía total. ....	46
Figura 19: Análisis de la curva Doble Masa.....	48
Figura 20: Método de flotador – Sección del Río .....	49
Figura 21: Método de flotador – Espejo de agua.....	50
Figura 22: Método de flotador – Alturas. ....	50
Figura 23: Método de flotador – Alturas y Espejo de agua.....	50
Figura 24: Mapa de Ubicación del Departamento de Cajamarca .....	53
Figura 25: Mapa de la Provincia de Cajamarca.....	54
Figura 26: Mapa de los distritos de Cajamarca. ....	54
Figura 27: Referencia Cuenca del Río Namora.....	55
Figura 28: Punto emisor de la Cuenca del Río Namora .....	56
Figura 29: Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Namora. ....	63
Figura 30: Frecuencia de altitudes de la Cuenca del Río Namora.....	64

Figura 31: Precipitación efectiva de la Cuenca del Río Namora.....	65
Figura 32: Caudales generados para el año promedio de la cuenca Namora .....	70
Figura 33: Perfil del Río - marzo.....	77
Figura 34: Perfil del Río - abril .....	79
Figura 35: Perfil del Río - mayo.....	81
Figura 36: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación La Encañada .....	113
Figura 37: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación Jesús.....	113
Figura 38: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación Sondor Matara .....	114
Figura 39: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación La Victoria.....	114
Figura 40: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación Hacienda Jocos .....	114
Figura 41: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación Celendín.....	115
Figura 42: Gráfica de Análisis de Doble Masa de las Estaciones no índice .....	115
Figura 43: Laderas 30m aprox. aguas arriba del puente Namora (795854.15 m E, 9202985.19 m S).....	118
Figura 44: Laderas 1.7 km aprox. aguas abajo del puente Namora (796406.39 m E, 9201646.73 m S) .....	118
Figura 45: Laderas 1.7 km aprox. aguas abajo del puente Namora (796417.80 m E, 9201630.47 m S).....	119
Figura 46: Laderas aguas arriba del puente del Río Namora 1. ....	119
Figura 47: Laderas aguas arriba del puente del Río Namora 2. ....	119
Figura 48: Laderas aguas arriba del puente del Río Namora 3. ....	120
Figura 49: Laderas aguas arriba del puente del Río Namora 4. ....	120
Figura 50: Laderas tomadas desde el punto emisor 1.....	120
Figura 51: Laderas tomadas desde el punto emisor 3.....	121
Figura 52: Mapa de Isoyetas de precipitación del mes de enero 1° periodo .....	136

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal, generar los caudales medios mensuales en el río Namora a partir de información climática en el periodo 1967 – 2016, aplicando el modelo determinístico-estocástico de Lutz Scholz con la finalidad de obtener resultados confiables. Los pasos seguidos fueron: procesar la información cartográfica, recopilación de datos históricos de precipitación (para este caso 50 años) y cálculo de precipitación media mensual de la cuenca; previamente se completó los datos faltantes y analizó la consistencia de las estaciones meteorológicas utilizadas. Dentro del proceso se encontró otros cálculos relacionados como: recopilación de información pluviométrica, precipitación efectiva, retención de la cuenca y abastecimiento de la retención; para llegar al objetivo. La información fue procesada tomando como punto emisor la confluencia con el Río Cajamarquino. Se obtuvo que; en épocas de estiaje de mayo a septiembre los caudales son menores y van de 2.60 m<sup>3</sup>/s como mínimo a 6.22 m<sup>3</sup>/s como máximo; y en época de lluvias de octubre a abril los caudales son mayores y van de 7.47 m<sup>3</sup>/s como mínimo a 12.50 m<sup>3</sup>/s como máximo. Se concluye que el proceso de cálculo utilizado para obtener los caudales medios mensuales en un año promedio puede ser utilizado en futuras investigaciones en cualquier punto de la cuenca del río Namora y realizar así obras de aprovechamiento hidráulico para beneficio de los pobladores.

**Palabras Clave:** Cuenca, Modelo Lutz Scholz, Caudales medios mensuales.

## SUMMARY

The main objective of this research work was to generate the monthly average flows in the Namora River from climatic information in the period 1967 - 2016, applying the deterministic-stochastic model of Lutz Scholz to obtain reliable results. The steps followed were: to process the cartographic information, compilation of historical rainfall data (for this case 50 years) and calculation of average monthly precipitation of the basin; Previously, the missing data was completed and analyzed the consistency of the meteorological stations used. Other related calculations were found within the process such as: collection of rainfall information, effective precipitation, retention of the basin and retention supply; to reach the goal. The information was processed taking the confluence with the Cajamarquino River as the emitting point. It was obtained that; in times of low water from May to September, the flows are lower and range from 2.60 m<sup>3</sup>/s to at least 6.22 m<sup>3</sup>/s at most; and in the rainy season from October to April the flows are greater and go from 7.47 m<sup>3</sup>/s as minimum to 12.50 m<sup>3</sup>/s as maximum. It is concluded that the calculation process used to obtain average monthly flows in an average year can be used in future research at any point of the Namora river basin and thus perform hydraulic exploitation works for the benefit of the inhabitants.

**Key Words:** Cuenca, Model Lutz Scholz, Monthly average flows.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Según (CHOW, V., MAIDMENT, D. Y MAYS, L. 1994)

El agua es la sustancia más abundante de la Tierra, es el principal constituyente de todos los seres vivos y es una fuerza importante que constantemente está cambiando la superficie terrestre. También es un factor clave en la climatización de nuestro planeta para la existencia humana y en la influencia para el progreso de la civilización. La hidrología que cubre todas las fases del agua de la tierra es una materia de gran importancia para el ser humano y su ambiente. Aplicaciones prácticas de la hidrología se encuentran en labores tales como el diseño, operación de estructuras hidráulicas, abastecimiento de agua, tratamiento y disposición de aguas residuales, irrigación, drenaje, generación hidroeléctrica, control de inundaciones, navegación, erosión, control de sedimentos, etc. El papel de la hidrología es ayudar a analizar los problemas relacionados con estas labores y promover una guía para el planteamiento y manejo de los recursos hídricos.

La hidrología de una región está determinada por sus patrones de clima tales como la topografía, la geología y la vegetación. También a medida que la civilización progresa, las actividades humanas invaden gradualmente el medio ambiente natural del agua, alterando el equilibrio dinámico del ciclo hidrológico e iniciando nuevos procesos y eventos.

Por tal razón podemos decir que, los fenómenos hidrológicos son extremadamente complejos y es posible que nunca se los entienda en su totalidad. Sin embargo, en ausencia de un conocimiento perfecto, pueden representarse en forma simplificada por medio del concepto de sistema, mismo que se puede decir que es, un conjunto de partes conectadas entre sí, que forman un todo. Con estos conceptos claros se puede mostrar que, el ciclo hidrológico, es un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico, estos componentes analizados de manera conjunta nos dan como resultado el balance hídrico de una cuenca.

A partir del estudio del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica y sus modificaciones por la influencia de las actividades del hombre, como también es fundamental para conseguir un uso racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de estos. El balance hídrico ayuda en la predicción de las consecuencias debidas a cambios

artificiales en el régimen de ríos, lagos y cuencas subterráneas. La información que proporciona el balance hídrico de las cuencas de ríos y lagos para cortos periodos de tiempo (estaciones, meses, semanas y días) se utiliza para explotación de embalses y para predicciones hidrológicas.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el Perú, uno de los problemas que afecta al adecuado aprovechamiento de recursos hídricos es la falta o escasez de información hidrométrica, ya que solo se centra en los ríos más importantes del país, desestimando los ríos más pequeños que son donde se necesita más proyectos de aprovechamiento hídrico en la sierra, y esto dificulta el cálculo de oferta hídrica.

Este problema existe en el río Namora, que es uno de los afluentes del Río Cajamarquino, cuyas aguas desembocan en el Río Crisnejas y este a su vez en el Río Marañón, el cual es un afluente principal del Río Amazonas que termina en el Océano Atlántico, por tal motivo en esta investigación se busca dar solución a esta escasez de información hidrométrica.

Pregunta principal: ¿Cuál es la esorrentía en el Río Namora?

### **1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación es de suma importancia para contribuir a la mejora de diseño y operación de proyectos hidráulicos, así como al planeamiento y gestión integral de los RR.HH. de la cuenca en estudio.

Se utilizará bases confiables recopiladas de diferentes instituciones (ANA, SENAMHI, Municipalidad Distrital de Namora, entre otras), las cuales brindan información altamente calificada.

Cabe resaltar que los principales beneficiados serán los pobladores del distrito de Namora de manera que obtendrán mayor seguridad en las futuras estructuras hidráulicas, además del mejor control del recurso hídrico para su mejor aprovechamiento.

### **1.3. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación de este trabajo tiene como finalidad calcular caudales medios mensuales para estimar disponibilidad hídrica en el río Namora, a través del modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz, teniendo como datos de entrada: precipitación media, temperatura, cantidad de retención, abastecimiento, gasto de la retención y los parámetros geomorfológicos de la

cuenca. Obteniendo así caudales medios mensuales y este procedimiento de cálculo puede ser utilizado en futuras investigaciones en la cuenca.

#### **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **a. Objetivo General:**

- Generar la esorrentía en el río Namora a partir de información climática.

##### **b. Objetivos Específicos:**

- Recopilar y procesar la información cartográfica.
- Recopilar y procesar la información climática.
- Realizar el modelamiento hidrológico y generación de caudales de la cuenca del Río Namora, con el modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz para el periodo de 1967 – 2016.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

(SCHOLZ, L. 1980), a través del Plan Meriss II, realizó la investigación para la previsión de caudales mensuales en pequeñas y medianas cuencas en la sierra peruana que sirven como recursos hídricos para proyectos hidráulicos, el cual es posible determinar por un modelo combinando el balance hídrico con un proceso markoviano. En esta investigación analizo los datos hidrometereológicos de 19 cuencas entre Cuzco y Cajamarca. Donde comparó los caudales generados por el modelo con los registros hidrométricos, se constata una correspondencia satisfactoria. Por esto que este modelo hidrológico se puede proyectar a otras cuencas a estudiar, en esta investigación, a la cuenca del Río Namora.

(MAMANI, W. 2015), realizó una investigación utilizando el modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz, en la tesis “Generación De Descargas Media Mensuales de La Cuenca Del Rio Coata mediante el Método Determinístico – Estocástico Lutz Scholz”, el cual constituye un trabajo de investigación de correlación de los caudales medios mensuales generados a través del método LUTZ SCHOLZ, con datos históricos aforados en el puente Unocolla. En la investigación las precipitaciones de la cuenca del río Coata; para el periodo de 1966 al 2010, es de 717.70 mm, encontrando que las series de precipitaciones históricas son consistentes para ser utilizado por el modelo hidrológico LUTZ SCHOLZ. Al realizar el análisis de consistencia de la información pluviométrica, concluyó que la serie histórica de la precipitación media mensual y anual registradas en las estaciones Pampa Huta, Quillisani, Cabanilla y Juliaca, son consistentes y homogéneos porque no presentan saltos en el histograma y en el análisis de doble masa la línea de doble masa.

(TERÁN, C. 2014) realizó una investigación en la cual se ha centrado en la calibración y validación del modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz con la finalidad de obtener resultados confiables del volumen aprovechable para los años hidrológicos 2008-2012 en la microcuenca del río Tres Ríos, Cajamarca. El modelo usado, fue creado para aplicarse en cuencas con poca información meteorológica de la sierra peruana y consiste básicamente en transformar la precipitación media mensual en caudales medios mensuales a través de submodelos como precipitación efectiva, retención, gasto y abastecimiento de la retención, haciendo uso de un proceso determinístico para el año promedio y estocástico para un periodo extendido; inicialmente los resultados obtenidos para el año promedio no se ajustaron a los

caudales observados, entonces se realizó la calibración y validación del modelo para el año promedio, usando la data de la estación hidrométrica Ronquillo, obteniendo un ajuste de 99.6 % lo que permitió aceptar la hipótesis planteada; la subcuenca Balconcillo aporta un volumen anual promedio de 3.33 MMC, la subcuenca Cushunga 6.42 MMC y la subcuenca Manzana aporta 1.08 MMC, que en suma se tiene 10.83MMC de los cuales 2.00MMC son aprovechados por la EPS SEDACAJ, quedando como volumen anual promedio aprovechable de 8.83 MMC.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **a. Cuenca Hidrográfica**

Según (IBAÑEZ, S., MORENO, H. Y GISBERT, J. 2011)

Entendemos por Cuenca Hidrográfica a toda el área o superficie del terreno que aporta sus aguas de escorrentía a un mismo punto de desagüe o punto de cierre.

La escorrentía la constituyen las aguas que fluyen por la superficie terrestre cuando, tras producirse una precipitación pluvial o cualquier otro aporte de agua (deshielo por ejemplo), el agua comienza a desplazarse a favor de la pendiente hacia puntos de menor cota como consecuencia de la gravedad; las aguas que no han sido infiltradas por el suelo y han quedado por lo tanto en la superficie generan la escorrentía superficial, mientras que aquéllas que sí han sido infiltradas por el suelo y discurren por su interior reciben el nombre de escorrentía subsuperficial.

Además, en ocasiones una fracción de las aguas de filtración penetra en la corteza terrestre por percolación hasta alcanzar los acuíferos subterráneos.

Una cuenca está formada por un entramado de ríos, arroyos y/o barrancos de mayor o menor entidad que conducen los flujos de agua hacia un cauce principal, que es el que normalmente da su nombre a la cuenca; su perímetro es una línea curvada y ondulada que recorre la divisoria (ver Figura 1) de vertido de aguas entre las cuencas adyacentes.

El agua que se mueve por toda la superficie o el subsuelo de una cuenca hidrográfica hasta llegar a formar la red de canales constituye el sistema fluvial o red de drenaje de la cuenca.



Figura 1: Divisorias de aguas  
Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

Según (ORDOÑEZ, J. 2011)

Dentro de los términos que generalmente se utilizan, para definir e identificar los componentes que identifican las características de una cuenca tenemos:

- **Cuenca**

Sistema integrado por varias subcuencas o microcuencas.

- **Subcuencas**

Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.

- **Microcuencas**

Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas.

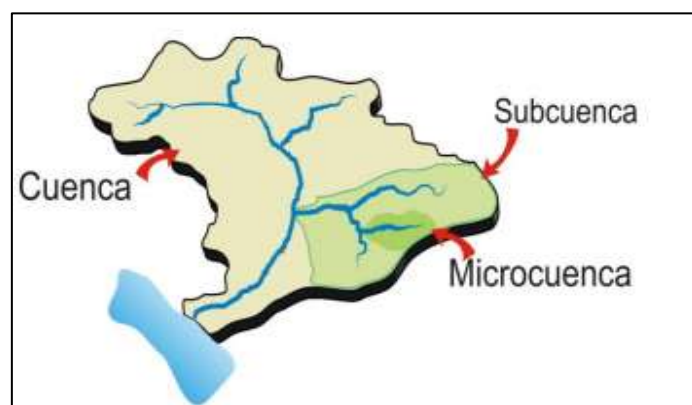


Figura 2: Cuenca, Subcuenca y Microcuenca.  
Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

## **b. Características una Cuenca Hidrográfica**

Para caracterizar una cuenca hidrográfica, necesitamos cuantificar todos los parámetros que describen la estructura física y territorial con el fin de establecer las posibilidades y limitaciones de sus Recursos Naturales, pero también para identificar los problemas presentes y potenciales.

La caracterización de una cuenca se inicia con la delimitación de su territorio, la forma, tamaño o área, pendiente media y pendiente del cauce principal, red de drenaje, etc. Algunos de estos “parámetros geomorfológicos” sirven de base para identificar la vulnerabilidad y considerar peligros a los desastres.

### **b.1. Delimitación de una cuenca**

La delimitación de una cuenca se puede hacer a partir de fotografías aéreas, sin embargo, lo más común es utilizando los mapas topográficos (escala 1:100,000). Consiste en trazar la línea divisoria que se denomina parteaguas y se ubica en las partes más altas dividiendo el curso de la escorrentía hacia una u otra cuenca.

Una forma práctica y sencilla para trazar la línea divisoria de una cuenca es seguir los siguientes consejos:

- Se definen la red de drenaje partiendo del cauce principal es decir todas las corrientes.
- Se ubican los puntos altos que están definidos por las curvas de nivel en el plano (estas curvas son líneas que indican la elevación de los lugares por donde pasan y cuya elevación será igual al valor de la curva).
- La línea divisoria debe pasar por los puntos altos definidos cortando ortogonalmente las curvas de nivel.
- En cualquier punto del terreno la línea divisoria debe ser el punto de mayor altitud excepto cerros o puntos altos que se encuentran dentro de la cuenca.
- La línea divisoria nunca debe cortar un río, quebrada o arroyo.

Una vez establecida la línea divisoria de la cuenca, se puede conocer mediante métodos sencillos, su área que es de mucha importancia para considerarlo al hacer estimaciones de volúmenes precipitados, el perímetro de la cuenca, la forma de esta, etc.

## b.2. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Hidrográfica

Según (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

La geomorfología de una cuenca queda definida por su forma, relieve y drenaje, para lo cual se han establecido una serie de parámetros, que, a través de ecuaciones matemáticas, sirven de referencia para la clasificación y comparación de cuencas. Para un mejor estudio de las cuencas se han establecido los siguientes parámetros:

- **Parámetros Geométricos**

### Área

Según (MEJÍA, J. 2012)

El área de la cuenca o área de drenaje es el área plana (proyección horizontal) comprendido dentro del límite o divisoria de aguas. El área de la cuenca es el elemento básico para el cálculo de las otras características físicas y es determinado, normalmente, con planímetro y expresado en km<sup>2</sup> o hectáreas. Es importante mencionar que cuencas hidrográficas con la misma área pueden tener comportamientos hidrológicos completamente distintos en función de los otros factores que intervienen.

Tabla 1: Clasificación de Tamaños de Cuenca

Rangos de áreas (km <sup>2</sup> )	Clasificación
< 25	Microcuenca
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia- pequeña
500 a 2500	Intermedia-grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente: (CAMINO, M. Y OTROS 2018)

### Longitud, Perímetro y Ancho

Según (IBAÑEZ, S., MORENO, H. Y GISBERT, J.)

La longitud L de la cuenca (figura 3) viene definida por la longitud de su cauce principal, siendo la distancia equivalente que recorre el río entre el punto de desagüe aguas abajo y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba.

Al igual que la superficie, este parámetro influye enormemente en la generación de escorrentía y por ello es determinante para el cálculo de la mayoría de los índices morfométricos.

En cuanto al perímetro de la cuenca, P (Figura 3), informa sucintamente sobre la forma de la cuenca; para una misma superficie, los perímetros de mayor valor se corresponden con cuencas alargadas mientras que los de menor lo hacen con cuencas redondeadas.

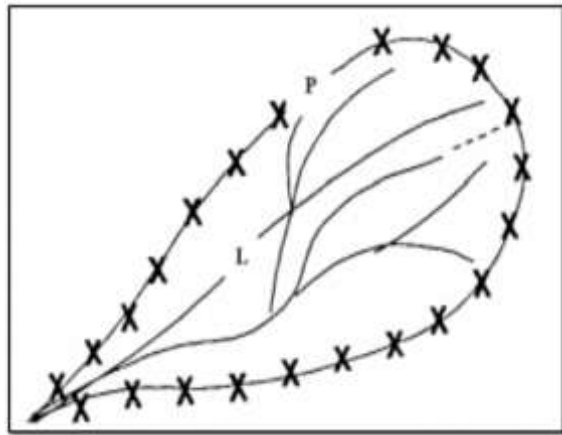


Figura 3: Longitud y perímetro de la cuenca.

Fuente: (IBAÑEZ, S., MORENO, H. Y GISBERT, J. 2011)

Finalmente, el ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L); se designa por la letra W de forma que:

$$W = \frac{A}{L} \quad (1)$$

Dónde:

A: superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>.

L: longitud de la cuenca en km.

#### • **Parámetros Morfométricos**

Según (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

La forma de la cuenca afecta en las características de descarga de la corriente, principalmente en los eventos de flujo máximo.

En general, las escorrentías de una cuenca de forma casi circular serán diferentes a los de otra, estrecha y alargada, aunque tengan la misma área.

## Factor de Forma de Horton (Kf)

Según (MEJÍA, J. 2012)

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca (L) se mide siguiendo el curso del agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la cuenca. El ancho medio ( $\bar{L}$ ) se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud de la cuenca.

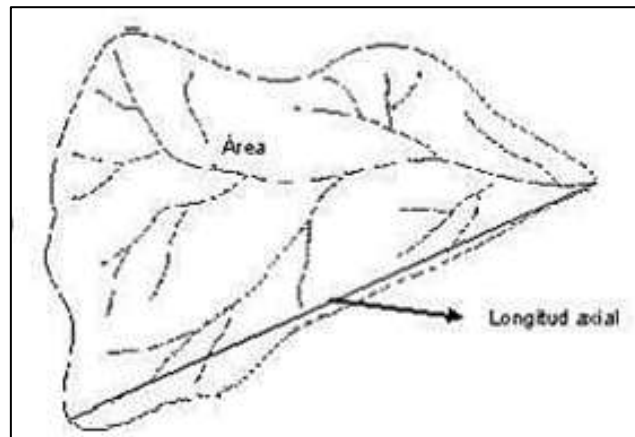


Figura 4: Componentes del Factor de Forma

Fuente: (RIVEROS, M. 2016)

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

El factor de forma constituye otro índice indicativo de la mayor o menor tendencia de avenidas en una cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo está menos sujeta a inundaciones que otra del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma. Esto se debe al hecho de que una cuenca estrecha y larga, con factor de forma bajo, tiene menos posibilidad de ocurrencia de lluvias intensas cubriendo simultáneamente toda su extensión; y también la contribución de los tributarios alcanza el curso de agua principal en varios puntos a lo largo del mismo, alejándose, por lo tanto, de la condición ideal de la cuenca circular donde la concentración de todo el flujo de la cuenca se da en un solo punto.

Tabla 2: Forma de la cuenca en función al factor de forma.

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
> 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.300	Alargada
0.300 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.450	Ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.60	Ligeramente Ensanchada
0.60 - 0.80	Ensanchada
0.80 - 1.20	Muy Ensanchada
> 1.200	Rodeando el Desagüe

Fuente: (DELGADILLO, A. Y MORENO. A.)

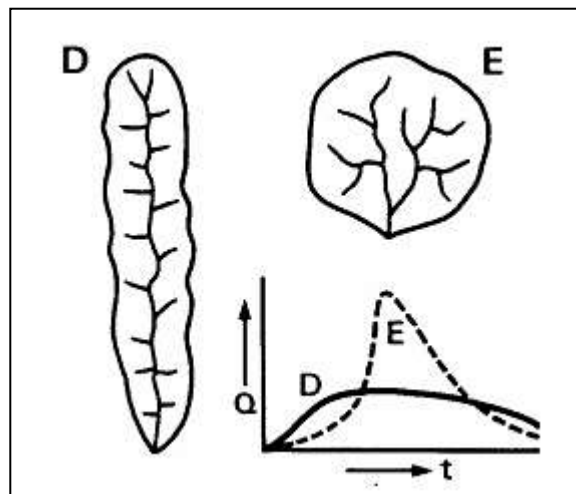


Figura 5: Efecto de la forma de la cuenca en el tiempo de concentración.

Fuente: (KYSHAKEVYCH, R. 2009)

### Índice De Compacidad o Coeficiente De Gravelius (Ic)

Conocido también como Índice de Gravelius (Kc) es la relación entre el perímetro de la cuenca (P en km) y la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca (A en km<sup>2</sup>):

$$\pi R^2 \rightarrow R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$I_c \text{ o } K_c = \frac{P}{2\pi R} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3)$$

Donde:

Ic o K<sub>c</sub> = Índice de compacidad

P = Perímetro de la cuenca

A = Área de la cuenca



Este coeficiente es un número adimensional que varía con la forma de la cuenca, independientemente de su tamaño; cuanto más irregular es la cuenca, mayor será el coeficiente de compacidad. Un coeficiente mínimo igual a la unidad correspondería a una cuenca circular. Si los otros factores fueran iguales, la tendencia para mayores caudales, en la cuenca, será más acentuada cuando el coeficiente sea más próximo a la unidad.

Tabla 3: Clasificación del Índice Compacidad de Gravelius.

<b>Kc</b>	<b>Clasificación</b>
1 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda
1,25 a 1,5	Oval redonda a oval-oblonga
1,5 a 1,75	oval oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Rectangular

Fuente: (CAMINO, M. Y OTROS 2018)

- **Parámetros Relativos al Relieve**

### **Rectángulo Equivalente**

Según (MEJÍA, J. 2012)

Fue introducido por hidrólogos franceses con la intención de comparar mejor la influencia de las características de la cuenca sobre la escorrentía superficial. Consiste de un rectángulo de área igual a la de la cuenca de lado mayor y menor “L” y “l” respectivamente con curvas de nivel paralelas al lado menor, respetándose la hipsometría natural de la cuenca.

Para el cálculo de los lados del rectángulo, se aplican las ecuaciones (4) y (5), obtenidas en base al área y al perímetro del rectángulo y el coeficiente de compacidad dada por la ecuación (3):

$$L = \frac{K_C}{1,12} \sqrt{A} * \left[ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_C}\right)^2} \right] \quad (4)$$

$$l = \frac{K_C}{1,12} \sqrt{A} * \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_C}\right)^2} \right] \quad (5)$$

Donde:

L = Longitud del lado mayor del rectángulo

l = Longitud del lado menor del rectángulo

$K_c$  = Índice de compacidad

$A$  = Área de la cuenca

Debiéndose verificar que:

$$L + l = \frac{P}{2} \text{ (semiperímetro)} \quad (6)$$

$$L \times l = A \quad (7)$$

$$2(L + 1) = \frac{K_c \sqrt{A}}{0.28} \quad (8)$$

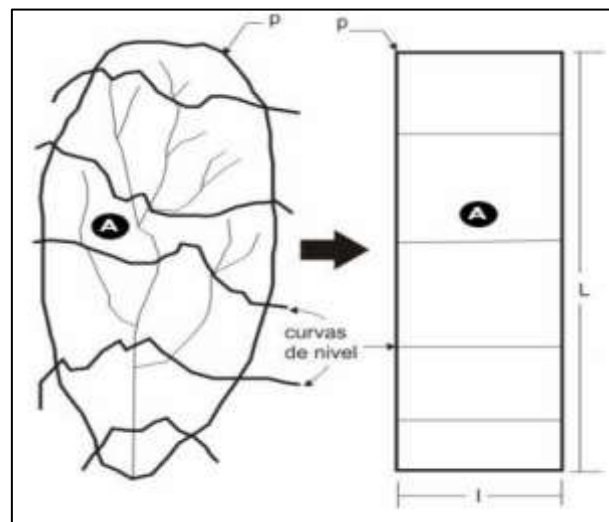


Figura 6: Transformación de una cuenca en un rectángulo.

Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

### **Pendiente De La Cuenca Hidrográfica ( $S_c\%$ )**

La pendiente de la cuenca controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial, afectando por lo tanto el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas. La magnitud de los picos de avenida y a mayor o menor oportunidad de infiltración y susceptibilidad de erosión de los suelos dependen de la rapidez con que ocurre la escorrentía sobre los suelos de la cuenca.

#### **✓ Pendiente de la Cuenca - Criterio de R.E. Horton**

Según (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

Consiste en trazar una malla de cuadrados sobre la proyección horizontal de la cuenca orientándola según la dirección de la corriente principal. Si se trata de una cuenca pequeña, la malla llevará al menos cuatro cuadros por lado, pero si se trata de una superficie mayor, deberá aumentarse el número de cuadros por lado, ya que la precisión del cálculo depende de ello. Una

vez construida la malla en un esquema similar al que se muestra en la Figura 7, se miden las longitudes de las líneas de la malla dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel.

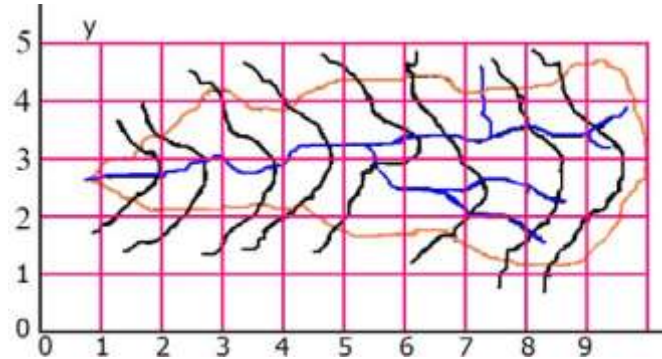


Figura 7: Criterio de Horton.

Fuente: (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

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

$$s_x = \frac{n_x * D_e}{L_x} \quad (9)$$

$$s_y = \frac{n_y * D_e}{L_y} \quad (10)$$

Siendo:

$L_x$  = Longitud total de líneas de la malla en sentido x, dentro de la cuenca;

$L_y$  = longitud total de líneas de la malla en sentido y, dentro de la cuenca;

$n_x$  = número total de intersecciones y tangencias de líneas de la malla con curvas de nivel, en el sentido x.

$n_y$  = número total de intersecciones y tangencias de líneas de la malla con curvas de nivel, en el sentido y.

$S_x, S_y$  = pendiente adimensional de la cuenca en cada una de las direcciones de la malla de cuadrados.

$D_e$  = desnivel constante entre las curvas de nivel de la cuenca, en Km.

Horton considera que la pendiente media puede determinarse como:

$$s_c = \frac{N * D_e * \sec \phi}{L} \quad (11)$$

Donde:

$$N = N_x + N_y$$

$$L = L_x + L_y$$

$\phi$  = ángulo dominante entre las líneas de malla y curvas de nivel.

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

Donde:

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2} \rightarrow \text{Promedio Aritmético} \quad (12)$$

$$s_c = \sqrt{S_x * S_y} \rightarrow \text{Promedio Geométrico} \quad (13)$$

#### ✓ Clasificación de Pendientes en una cuenca

El valor de la pendiente permite clasificar el relieve o topografía del terreno según la siguiente tabla:

Tabla 4: Clasificación de Pendiente en las Cuencas

PENDIENTE (%)	TIPO DE TERRENO
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado Medio
15	Accidentado
25	Fuertemente Accidentado
50	Escarpado
>50	Muy Escarpado

Fuente: (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

#### Perfil Longitudinal ( $S_{eq}$ )

Según (ORDOÑEZ, J. 2011)

Taylor y Schwarz proponen calcular la pendiente media como la de un canal de sección transversal uniforme, que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión. Estos autores llegan a la conclusión de que en el caso de que los tramos no sean iguales la pendiente se encuentra dada por la siguiente expresión, la expresión matemática es:

$$s_{eq} = \left[ \frac{L}{\frac{1}{\sqrt{S_1}}} \right]^2 \quad (14)$$

Donde:

L = longitud del río en un tramo

S<sub>1</sub> = pendiente en el tramo

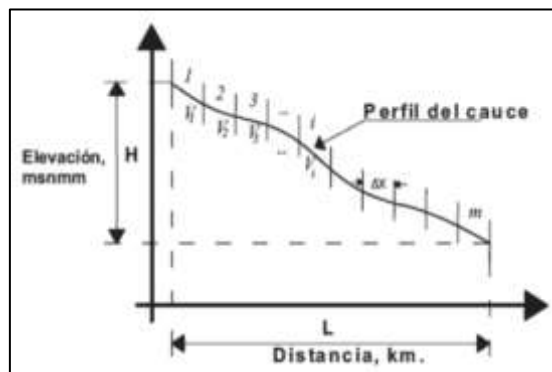


Figura 8: Perfil longitudinal de un cauce.

Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

### Histograma de Frecuencias de Altitudes

Representa el grado de incidencia de las áreas comprendidas entre curvas de nivel con respecto al total del área de la cuenca.

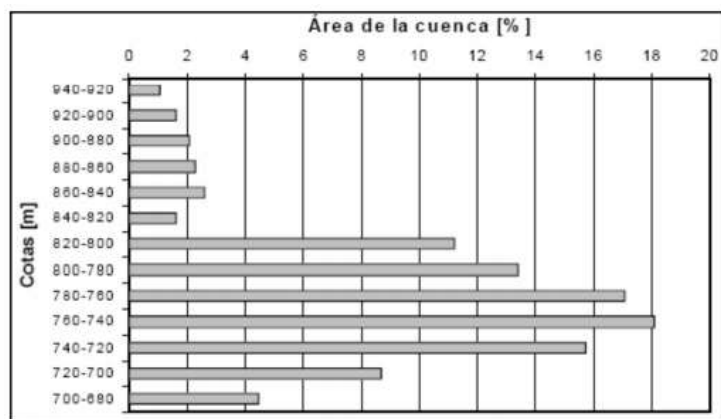


Figura 9: Representación de un Histograma Frecuencias de altitudes

Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

A partir de este histograma se puede hallar la curva hipsométrica.

## Curva Hipsométrica

Según (CAHUANA, A, Y YUGAR, W. 2009)

Es la representación gráfica del relieve de una cuenca; es decir la curva hipsométrica indica el porcentaje de área de la cuenca o superficie de la cuenca en  $\text{km}^2$  que existe por encima de una cota determinada, representado en coordenadas rectangulares.

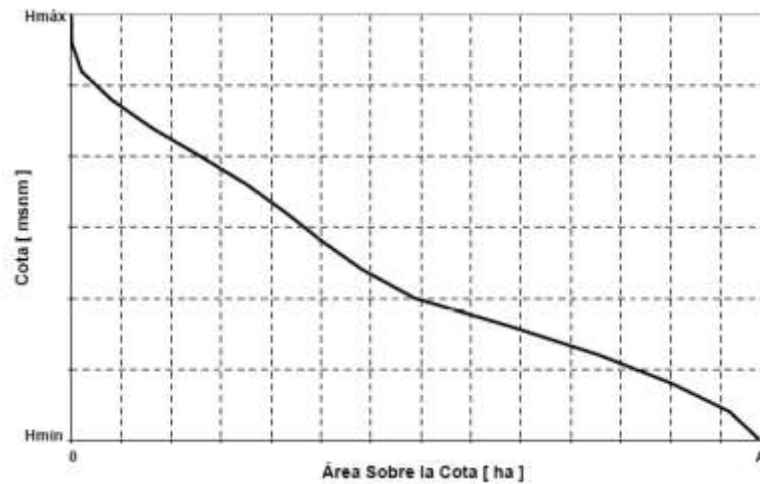


Figura 10: Curva Hipsométrica

Fuente: (CAHUANA, A. Y YUGAR. W. 2009)

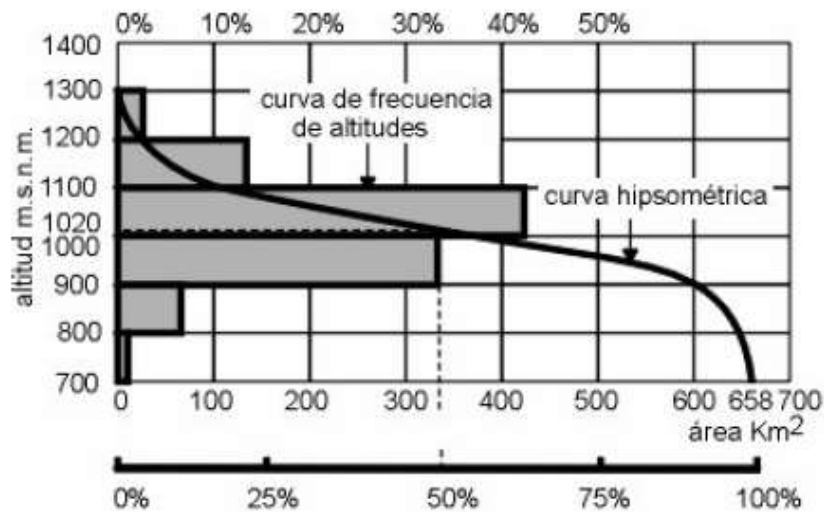


Figura 11: Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes.

Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

## Densidad De Drenaje

Según (ORDOÑEZ, J. 2011)

En cierto modo, es reflejo de la dinámica de la cuenca, de la estabilidad de la red hidrográfica y del tipo de escorrentía de superficie, así como de la respuesta de la cuenca a una precipitación. Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua y su área total, tal como se aprecia en la expresión:

$$D = \frac{\sum Lc}{A} \quad (15)$$

Donde:

D = densidad de drenaje (km-1)

$\sum Lc$  = suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Tabla 5: Respuesta en base a la densidad de drenaje.

<i>Densidad de drenaje</i>	<i>Valor de D</i>	<i>Textura</i>
Baja	3—14	Grosera
Media	12—16	Media
Alta	30-40	Fina
Muy alta	20-500	Ultrafina

Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

## Tiempo de Concentración (T<sub>c</sub>)

Según (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

Tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe. Comúnmente el tiempo de concentración se define como, el tiempo que tarda una partícula de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta la salida del desagüe. Por tener el concepto de tiempo de concentración una cierta base física, han sido numerosos los autores que han obtenido formulaciones de este, a partir de características morfológicas y geométricas de la cuenca. A continuación, se muestran algunas de esas fórmulas empíricas:

✓ **Kirpich:**

$$T_c = 0.06626 \left( \frac{Lp^2}{S} \right)^{0.385} \quad (16)$$

✓ **Temez:**

$$T_c = 0.126(Lp/Sp^{0.35})^{0.75}$$

$$T_c = 0.126 \left( \frac{Lp}{Sp^{0.35}} \right)^{0.75} \quad (17)$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración (hr)

Lp= Longitud del curso principal (Km)

Sp= Pendiente del curso principal

H= Diferencia de cotas entre el punto más alto y el de estudio (m)

A = Área de drenaje (área de la cuenca), (Km<sup>2</sup>)

### **Longitud promedio de flujo superficial (L<sub>0</sub>)**

Se define como la distancia media que el agua debería escurrir sobre la cuenca para llegar a un cauce y se estima por la relación que existe entre el área y 4 veces la longitud de todos los cauces de la cuenca, o bien, la inversa de 4 veces la densidad de drenaje.

$$L_0 = \frac{A}{4\sum L_i} = \frac{1}{4Dd} \quad (18)$$

### **Pendiente del Cauce Principal (S<sub>m</sub>)**

Se pueden definir varias pendientes del cauce principal, la pendiente media, la pendiente media ponderada y la pendiente equivalente.

✓ **La pendiente media (S<sub>m</sub>):** relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima, H<sub>máx</sub> menos cota mínima, H<sub>mín</sub>) y la longitud del mismo, L (Figura 12).

$$S_m = \frac{H_{máx} - H_m}{L} \quad (19)$$

✓ **La pendiente media ponderada (S<sub>mp</sub>):** pendiente de la hipotenusa de un triángulo cuyo vértice se encuentra en el punto de salida de la cuenca y cuya área es igual a la



comprendida por el perfil longitudinal del río hasta la cota mínima del cauce principal, como se indica en la Figura 12.

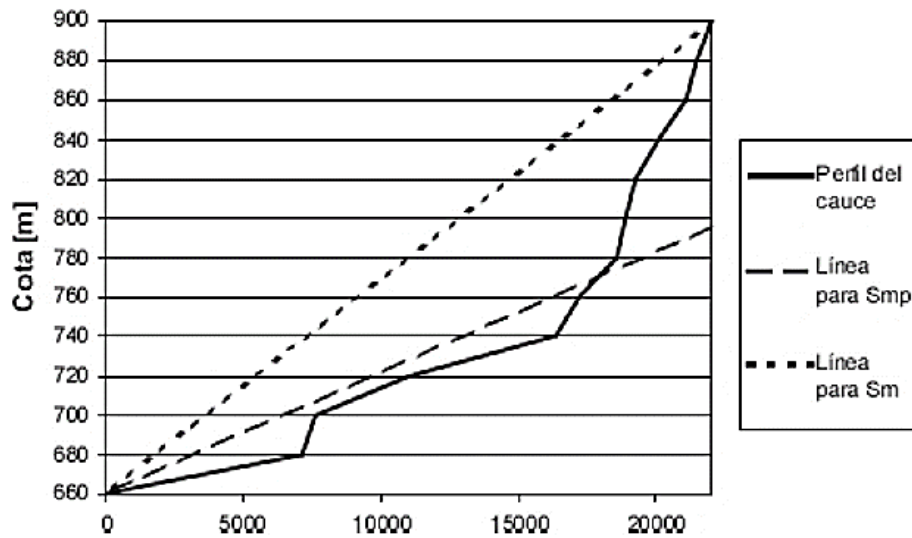


Figura 12: Perfil longitudinal de un cauce y líneas a considerar para el cálculo de la pendiente media y de la pendiente media ponderada.

Fuente: (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

### Clasificación de pendiente en el cauce Principal

La pendiente del cauce principal se relaciona con las características hidráulicas de la escorrentía, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos.

De acuerdo al valor de la pendiente, se puede clasificar la topografía del terreno de la siguiente manera:

Tabla 6: Clasificación de pendiente en el cauce principal.

PENDIENTE (Si), EN PORCENTAJE	TIPO DE TERRENO:
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado Medio
15	Accidentado
25	Fuertemente Accidentado
50	Escarpado
>50	Muy Escarpado

Fuente: (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

- **Parámetros Relativos al Drenaje**

Según (ORDOÑEZ, J. 2011)

La forma en que estén conectados los canales en una cuenca determinada influye en la respuesta de ésta a un evento de precipitación. Se han desarrollado una serie de parámetros que tratan de cuantificar la influencia de la forma del drenaje en la escorrentía superficial directa.

### **Red de Drenaje**

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, ya que manifiesta la eficiencia del sistema de drenaje en la escorrentía 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 y de la superficie de la cuenca.

#### **Clasificación de las corrientes:**

Todas las corrientes pueden dividirse en tres clases generales dependiendo del tipo de escorrentía, el cual está relacionado con las características físicas y condiciones climáticas de la cuenca. Así, una corriente puede ser efímera, intermitente o perenne.

- ✓ Una corriente efímera, es aquella que solo lleva agua cuando llueve e inmediatamente después.
- ✓ Una corriente intermitente, lleva agua la mayor parte del tiempo, pero principalmente en época de lluvias; su aporte cesa cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce.
- ✓ La corriente perenne, contiene agua todo el tiempo, ya que aún en época de sequía es abastecida

### **Orden de la Cuenca**

Permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. El orden se relaciona con el caudal relativo del segmento de un canal. Hay varios sistemas de jerarquización, siendo los más utilizados el de Horton (1945) y el de Strahler (1952).

**Por el Método de Horton (1945)**, se realiza a través de las siguientes premisas:

- ✓ Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.

- ✓ Los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden  $n$  se forman cuando dos cauces de orden  $n-1$  se unen.
- ✓ Cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes.
- ✓ El orden de la cuenca es el mismo del su cauce principal a la salida.

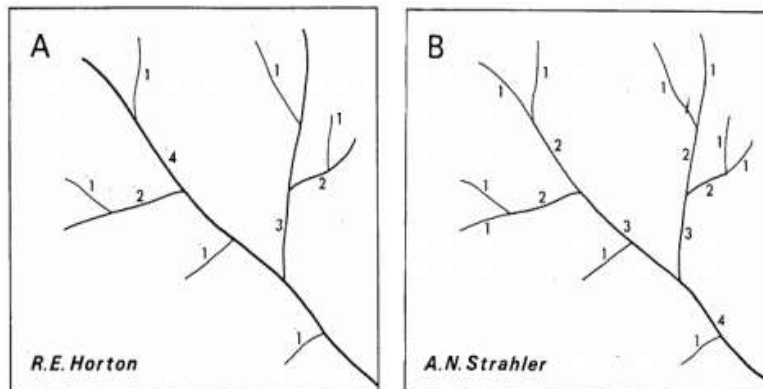


Figura 13: Métodos de orden de ríos.

Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

**El Método de Strahler (1952)**, es muy parecido al de Horton, con la diferencia de que en el esquema de Strahler, un mismo río puede tener segmentos de distinto orden a lo largo de su curso, en función de los afluentes que llegan en cada tramo. El orden no se incrementa cuando a un segmento de un determinado orden confluye uno de orden menor. Esta falta no acomoda la contribución de tributarios de más baja orden que desembocan en un río de orden más alta, de cualquier modo, el sistema de Strahler es usado universalmente en el presente.

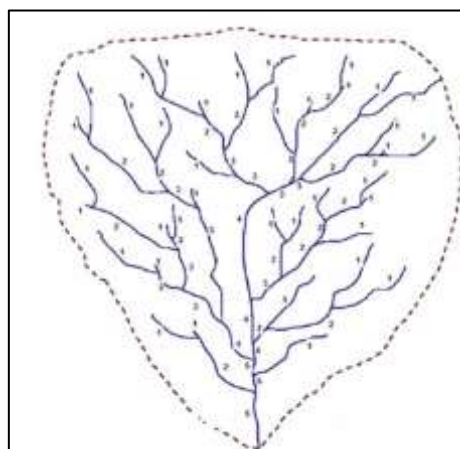


Figura 14: Orden de ríos, en una cuenca de quinto orden.

Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

### **Longitud Total de los Cursos De Agua (Lt)**

Es la suma de la distancia total recorrida por los diferentes cursos de agua que forman parte de la red hidrográfica de la cuenca. La distancia recorrida por un curso de agua se mide desde su origen hasta su desembocadura en el cuerpo receptor.

### **Frecuencia de Drenaje**

Se define como el número de cauces de cualquier orden entre la superficie de la cuenca, utilizando la siguiente formula:

$$F = \frac{N_c}{A} \quad (20)$$

Donde:

F = Frecuencia de drenaje

Nc = Número total de corrientes o cauces

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

El significado es similar al anterior, puesto que al obtener en número de cauces por km<sup>2</sup>, establece la mayor o menor posibilidad de que cualquier gota de agua encuentre un cauce mayor o menor tiempo. La utilización conjunta de la densidad de drenaje y la frecuencia de cauces facilita, en gran medida, la clasificación de cuencas, ya que, en muchas ocasiones, existen cuencas muy diferentes con la misma frecuencia de cauces, que pueden distinguirse calculando su densidad de drenaje, o a la inversa.

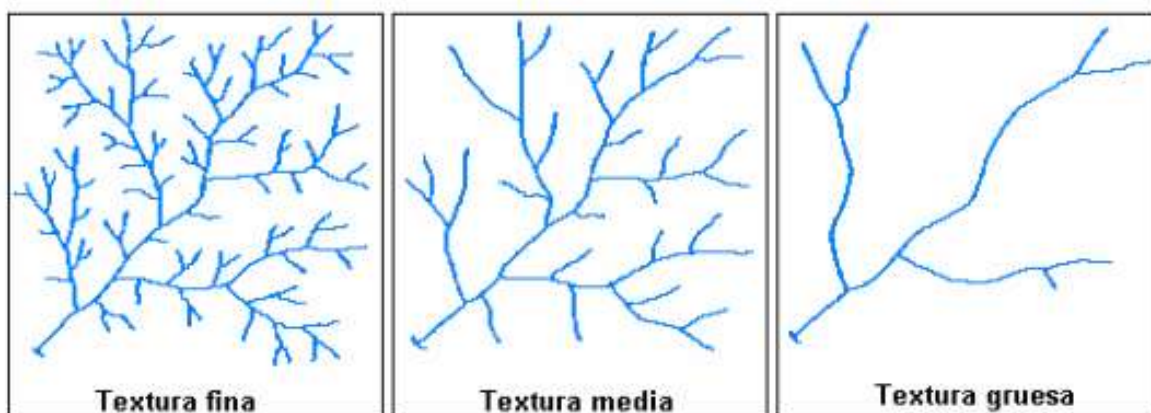


Figura 15: Texturas de drenaje.

Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

### **b.3. Hidrología**

(MEJÍA, J. 2012)

Desde el punto de vista etimológico la Hidrología es el estudio del agua. Para definir la hidrología se han propuesto numerosos enunciados de los cuales, a continuación, se mencionan los que a juicio personal son los más importantes a conocer.

De las diferentes definiciones, se infiere que la Hidrología no es una ciencia completamente pura, que tiene una elación muy estrecha con otras ciencias como meteorología, geología, ecología, oceanografía y otros, que sus aplicaciones son muy numerosas y para enfatizar la importancia que tiene en este aspecto, se usa el término “Hidrología Aplicada”.

- **Ciclo Hidrológico**

Según (CHOW, V., MAIDMENT, D. Y MAYS, L. 1994)

El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología. El ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. En la figura 17 se muestra en forma esquemática cómo el agua se evapora desde los océanos y desde la superficie terrestre para volverse parte de la atmósfera: el vapor de agua se transporta y se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre o los océanos: el agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo subsuperficial y descargar en los ríos como escorrentía superficial. La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía puede percolar profundamente para recargar el agua subterránea de donde emerge en manantiales o se desliza hacia ríos para formar la escorrentía superficial, y finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa.

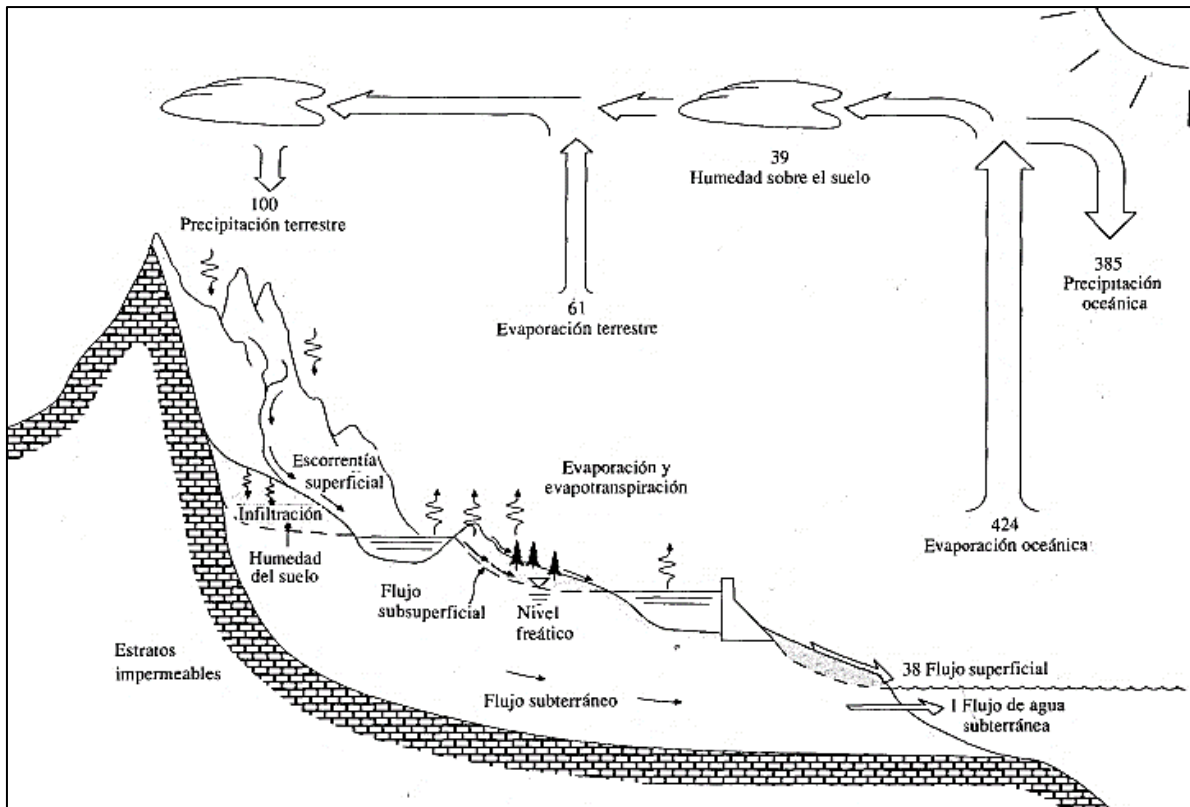


Figura 16: Ciclo Hidrológico.

Fuente: (CHOW, V., MAIDMENT, D. Y MAYS, L. 1994)

- **Balance Hídrico**

Según (CAMPOS, D. 1998)

En todo ciclo hidrológico, el principio que indica que el agua ni se crea ni se destruye se refleja en la denominada Ecuación de Balance Hídrico, el cual permite relacionar las cantidades de agua que circulan por el ciclo, esta ecuación es:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \text{Cambio de Almacenamiento} \quad (21)$$

- **Modelos Matemáticos en Hidrología**

Según (ESTRELA, T. 1992)

En el campo de la hidrología, al igual que en otras ramas de la ciencia y de la técnica, el auge experimentado por los modelos matemáticos en los últimos años ha sido muy importante. Con la modelación de los sistemas hidrológicos se persigue una identificación de estos, con un cierto grado de aproximación, con un modelo matemático, con objeto de analizar el funcionamiento de los sistemas y mejorar la visión de los mismos, al poder simular distintas situaciones hipotéticas.

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

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

### **Modelos Determinísticos**

Según (CHÁVARRI, E. 2008)

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

En un modelo determinístico no se considera la probabilidad de ocurrencia de valores y de variables implicadas en el proceso, pero si se considera que tal proceso esté representado (implícita o explícitamente) por una hipótesis, según la cual, el conocimiento de las leyes de la evolución de los fenómenos físicos y de su estado actual, permiten prevenir rigurosamente sus estados futuros en la física clásica.

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

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

- ✓ Tienen parámetros de entrada que representan las principales características físicas de la cuenca.
- ✓ Tienen como variable de entrada la precipitación u otra variable meteorológico.
- ✓ Cálculo del flujo de agua, superficial y subsuperficial.
- ✓ Cálculo del almacenamiento de agua, superficial y subsuperficial.

- ✓ Cálculo de las pérdidas de agua del sistema o cuenca.
- ✓ Variables de salidas de la cuenca

Los ítems tercero, cuarto y quinto son el corazón de los modelos determinísticos de las cuencas.

Un modelo determinístico consiste en una serie de submodelos, los cuales cada uno representa un proceso hidrológico particular (infiltración, flujo superficial, etc.) y usualmente es estructurado de acuerdo a ello.

Cada submodelo representa básicamente el flujo de agua y usualmente incluye un tipo de almacenamiento.

La salida del submodelo es una salida de flujo al siguiente submodelo o una pérdidas de agua que si se dirige a la atmósfera es en realidad salida del sistema.

Los almacenamientos de agua son esencialmente parte del modelo desde que juegan un rol importante en la regulación del flujo en el tiempo, por ejemplo, en el tránsito dinámico de flujo en canales.

La construcción de un modelo es el proceso de escoger los submodelos, unirlos entre ellos para formar un modelo de cuenca y obtener los resultados de salida del modelo.

### **Modelo Estadístico o Estocástico**

Según (SILVA, G. 2003)

Los eventos hidrológicos, tales como aguaceros, caudales, niveles de embalse, etc. son eventos estocásticos. Se caracterizan porque, de un lado tienen un patrón medio de comportamiento a largo plazo, y por el otro el pronóstico de sus magnitudes en un momento dado tiene un mayor o menor grado de incertidumbre. El patrón medio corresponde a lo que se denomina la tendencia general o componente determinística y la incertidumbre constituye la componente aleatoria del evento.

Los proyectos que se diseñan hoy serán construidos y operarán en los próximos años. Por esta razón, cuando los estudios hidrológicos definen unos caudales de diseño para abastecer un acueducto, o para proteger una zona contra las inundaciones debe tenerse en cuenta que tanto la ocurrencia como las magnitudes de esos caudales son pronósticos hacia el futuro de eventos probables que están sujetos a un grado de incertidumbre.

$$\text{Caudal real} = \text{Caudal calculado} \pm \text{Incertidumbre}$$



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

### **Generación estocástica de Series Hidrológicas.**

Los sistemas que proveen de agua los Acueductos, los Distritos de Riego o las Centrales Hidroeléctricas utilizan generalmente los ríos como fuente de suministro. Estos sistemas constan de una captación, una conducción, un tanque de almacenamiento y una red de distribución, y se dimensionan con base en la capacidad de la fuente y en la demanda que requieren los futuros usuarios.

Mientras que los sistemas anotados operarán en el futuro, los datos hidrológicos que se tienen disponibles para realizar el diseño de las obras corresponden al pasado, es decir son historia.

Es necesario, entonces, hacer un pronóstico hacia el futuro sobre el comportamiento de la fuente durante la vida útil del proyecto de suministro de agua. Para lograr este propósito se pueden utilizar métodos que pertenecen a la Hidrología Estocástica, los cuales tienen su base en los conceptos de la Teoría de Probabilidades y de la Ingeniería de Sistemas.

Uno de estos métodos consiste en determinar la Serie Histórica de Caudales de la Fuente, y con base en ella generar N series estocásticas de Caudales Virtuales, cada una de longitud igual a la vida útil del proyecto. Las N series generadas tienen igual probabilidad de presentarse en el futuro, y una de ellas, no se sabe cuál, será probablemente parecida a la serie real futura. Las series estocásticas permiten, entonces, contar con un panorama de posibilidades de lo que puede ocurrir con la fuente en el futuro. Este panorama será más amplio entre mayor sea el número N.

Como se mencionó anteriormente, para generar las series estocásticas es necesario realizar primero un análisis estadístico de Frecuencias de la serie histórica. Si no existe serie histórica o si ésta es deficiente la Generación Estocástica no es aplicable.

## Modelo Marcoviano de 1er orden

Según (LINSEY, R., KOHLER, M. Y PAULUS, J. 1977)

Algunas de las propiedades de las series de tiempo hidrológicas pueden ser investigadas en el dominio del tiempo mediante el análisis de correlogramas.

Básicamente una serie de tiempo puede ser modelada matemáticamente como la combinación de una parte determinística y una componente residual aleatoria.

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

$$\underbrace{Q_i = \bar{Q} + \rho(Q_{i-1} - \bar{Q})}_{\text{Determinístico}} + \underbrace{t_i \sigma \sqrt{1 - \rho^2}}_{\text{Aleatorio}} \quad (22)$$

Componentes

Donde t es una variable aleatoria tomada de una distribución apropiada con una media igual a cero y una varianza unitaria,  $\sigma$  es la desviación estándar de Q,  $\rho$  el coeficiente de correlación serial con rezago unitario y  $\bar{Q}$  es la media de Q. El subíndice i sirve para identificar la serie de caudales desde el año 1 hasta el año n. Si los parámetros  $\bar{Q}$ ,  $\sigma$  y  $\rho$  pueden determinarse a partir de las series históricas y si suponemos un valor inicial de  $Q_{t-1}$ , se puede construir un algoritmo muy simple y generar una serie de valores de Q usando valores de la variable aleatoria t.

## Método Determinístico - Estocástico: Lutz Scholz

Según (YANQUI, J. 2015)

Este modelo hidrológico, es combinado por que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico). Fue desarrollado por el experto Lutz Scholz para

cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meriss II.

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

-Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escorrentía promedio.

-Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.

-Calibración del modelo y generación de caudales extendidos por un proceso Markoviano combinado de precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior.

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

#### • Ecuación del Balance Hídrico

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

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (23)$$

Dónde:

$CM_i$  = Caudal mensual (mm/mes)

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

$D_i$  = Déficit de escorrentía (mm/mes)

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

$A_i$  = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

Asumiendo:

- Que para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir  $G_i = A_i$ , y
- Que para el año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación.

Reemplazando (P-D) por (CP), y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m<sup>3</sup>/seg) la ecuación (31) se convierte en:

$$Q = c'CP(AR) \quad (24)$$

Que es la expresión básica del método racional.

Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

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

C = coeficiente de escorrentía

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

AR = Área de la cuenca (m<sup>2</sup>)

• **Coficiente de Escorrentía**

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

$$C = \frac{P - D}{P} \quad (25)$$

Dónde:

C = Coeficiente de escorrentía

P = Precipitación Total anual (mm/año)

D = Déficit de escorrentía (mm/año)

Para la determinación de D se utiliza la expresión:

$$D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{1/2}} \quad (26)$$

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3 \quad (27)$$

$$T = 197 - 23.1 \ln(H) \quad (28)$$

Siendo:

L = Coeficiente de Temperatura.

T = Temperatura media anual (°C).

H = Altitud media de la cuenca.

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

$$C = \frac{P-D}{P} \quad (29)$$

Dónde:

C = Coeficiente de escorrentía

D = Déficit de escorrentía (mm/año), pérdida de agua que se va a la atmósfera

P = Precipitación total anual (mm/año), promedio.

#### • Precipitación Efectiva

Para el cálculo de la Precipitación Efectiva, se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calculó para el coeficiente de escorrentía 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 multiplica la precipitación media mensual por el coeficiente de escorrentía.

$$PE = PMM * C \quad (30)$$

Dónde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

PMM = Precipitación media mensual (mm/mes)

C = Coeficiente de escorrentía

- **Retención de la Cuenca**

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

$$R = \frac{C_a \cdot AR \cdot LA + AL \cdot LL + AN \cdot LN}{AR} \quad (31)$$

Dónde:

$C_a$  = Coeficiente que varía de 15% a 30%

$AR$  = Área de la cuenca,  $km^2$

$LA = -750 I + 315$ , mm/año = Almacenamiento de acuíferos

$I$  = Pendiente del cauce principal;  $I \leq 15\%$

$AL$  = Área de las lagunas,  $km^2$

$LL = 500$ , mm/año = Almacenamiento de lagunas y pantanos

$AN$  = Área de los nevados,  $km^2$

$LN = 500$ , mm/año = Almacenamiento de nevados

$R$  = Retención de la cuenca, mm/año

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).

- **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:

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

Dónde:

$Q_t$  = Descarga en el tiempo  $t$

$Q_0$  = Descarga inicial

$\alpha$  = 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.

- **Coefficiente de Agotamiento**

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

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

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

$$a = f(\ln AR) \quad (33)$$

$$a = 3.1249E67(AR)^{-0.1144}(ER)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429} \quad (34)$$

$$r = 0.86 \quad (35)$$

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 ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) y retención que va de reducida (50 mm/año) a mediana (80 mm/año):

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.034 \quad (36)$$

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

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.030 \quad (37)$$

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

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.026 \quad (38)$$

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

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.023 \quad (39)$$

Dónde:

$a$  = coeficiente de agotamiento por día

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

EP = evapotranspiración potencial anual (mm/año)

T = duración de la temporada seca (días)

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

#### • Almacenamiento Hídrico

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

-Acuíferos

-Lagunas y pantanos

-Nevados

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

#### Acuíferos:

$$L_A = -750(I) + 315 \left( \frac{mm}{año} \right) \quad (40)$$

Siendo:

LA = lámina específica de acuíferos

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

$$L_L = 500 \left( \frac{mm}{año} \right) \quad (41)$$



## Lagunas y Pantanos

Siendo:

$$L_L = \text{Lámina específica de lagunas y pantanos} \quad (42)$$

## Nevados

$$L_N = 500 \left( \frac{mm}{año} \right) \quad (43)$$

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.

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

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

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t)} \quad (44)$$

$$b_0 = e^{-\alpha(t)} \quad (45)$$

$Q_t$  : Descarga en el tiempo “t”

$Q_0$  : Descarga inicial.

$b_0$  : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior ( $Q_t / Q_0$ )

$\alpha$  : Coeficiente de agotamiento

t : Tiempo (número de días del mes)

Al principio de la estación lluviosa el proceso de agotamiento de la reserva termina y parte de las lluvias más abundantes entra en los almacenes hídricos. El proceso de abastecimiento se muestra por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. Analizando los hidrogramas de la contribución de la retención a los caudales, se constata que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa y cuando los almacenes naturales: acuíferos, lagunas-pantanos y nevados ya están recargados parcialmente, la restitución acaba poco a poco.

- **Gasto de la retención “Gi”**

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

$$G_i = \frac{b_0}{b_m} R \quad (46)$$

Donde:

R : Retención de la cuenca.

b0 : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior.

bm : Suma de factores mensuales durante la estación de estiaje ( $\Sigma$  boi).

boi : Relación entre el caudal del mes “i” y el caudal inicial ( $Q_i / Q_0$ ).

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

- **Abastecimiento de la Retención**

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

Tabla 7 : Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%)

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

Fuente: (YANQUI, J. 2015)

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

$$A_i = a_i \left( \frac{R}{100} \right) \quad (47)$$

Siendo:

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

$a_i$  = coeficiente de abastecimiento (%)

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

- **Determinación del Caudal Mensual para el Año Promedio**

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

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (48)$$

Dónde:

$CM_i$  = Caudal del mes  $i$  (mm/mes)

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

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

$A_i$  = abastecimiento del mes  $i$  (mm/mes)

- **Generación de Caudales para Periodos Extendidos**

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

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad (49)$$

$$Q = g(PE_t) \quad (50)$$

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

$$Z = z(S)\sqrt{(1 - r^2)} \quad (51)$$

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2} \quad (52)$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

Dónde:

$Q_t$  = Caudal del mes t

$Q_{t-1}$  = Caudal del mes anterior

$PE_t$  = Precipitación efectiva del mes

$B_1$  = Factor constante o caudal básico.

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

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.

#### • Restricciones del Modelo

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

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

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

#### **b.4. Prueba de bondad de ajuste**

Según (VILLÓN, M. 2002)

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

##### **Prueba de Smirnov-Kolmogorov**

La prueba de ajuste de Smirnov-Kolmogorov, consiste en comprar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo, es decir:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)| \quad (53)$$

Donde:

$\Delta$ = estadístico de Smirnov-kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$  = probabilidad de la distribución teórica.

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

El estadístico  $\Delta$  tiene su función de distribución de probabilidades. Si  $\Delta_0$  es un valor crítico para un nivel de significación  $\alpha$ , se tiene que:

$$P[\text{máx}|F(x) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha \quad \text{ó} \quad P(\Delta \geq \Delta_0) = \alpha \quad (54)$$

También:

$$P(\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha \quad (55)$$

El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico de Smirnov-Kolmogoro, es el siguiente:

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

$$P_{(x)} = \frac{M}{N + 1} \quad (56)$$

Donde:

$P(x)$  = probabilidad empírica o experimental

$M$  = número de orden

$N$  = número de datos

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

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

Si se quiere aplicar el procedimiento gráfico se utiliza un papel probabilístico especial donde  $F(x)$ , puede representarse como una línea recta por lo cual, se puede trazar con solo 2 puntos, pero si se quiere chequear que es una recta, se puede platear 3 puntos.

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

4° seleccionar la máxima diferencia:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)| \quad (57)$$

Si se quiere aplicar el procedimiento gráfico se utiliza un papel probabilístico especial donde  $F(x)$ , puede representarse como una línea recta por lo cual, se puede trazar con solo 2 puntos, pero si se quiere chequear que es una recta, se puede platear 3 puntos.

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

4° seleccionar la máxima diferencia:

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

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

6° Comparar el valor del estadístico  $\Delta$  con el valor crítico  $\Delta_0$  de la tabla anterior, con los siguientes criterios de decisión deducidos de la ecuación (104)

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

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

### b.5. Tratamiento de Información Climatológica

- **Temperatura Atmosférica**

Según (CHEREQUE, W. 1991)

La temperatura es un factor importante del 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. Como prácticamente en todas partes hay registros de temperatura, su empleo está plenamente justificado.

- **Precipitación**

Según (VILLÓN, M. 2002)

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria de la agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

### **Precipitación media sobre una zona**

En general, la altura de precipitación que cae en un sitio dado difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos.

Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual.

- ✓ **Altura de precipitación diaria**, es la suma de las lecturas observadas en un día.
- ✓ **Altura de precipitación media diaria**, es el promedio aritmético de las lecturas observadas en un día.
- ✓ **Altura de precipitación mensual**, es la suma de las alturas diarias, ocurridas en un mes.
- ✓ **Altura de precipitación media mensual**, es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.
- ✓ **Altura de precipitación anual**, es la suma de las alturas de precipitación mensual, ocurridas en un año.
- ✓ **Altura de precipitación media anual**, es el promedio aritmético de las alturas de precipitación anual, correspondiente a un cierto número de años.

Para calcular la precipitación media de una tormenta o la precipitación media anual, el más exacto es el método de las isoyetas.

### **Isoyetas**

Para este método, se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación. Este método es el más exacto, pero requiere de un cierto criterio para trazar el



plano de isoyetas. Se puede decir que, si la precipitación es de tipo orográfico, las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a las curvas de nivel. Por supuesto, entre mayor sea el número de estaciones dentro de la zona en estudio, mayor será la aproximación con lo cual se trace el plano de isoyetas.

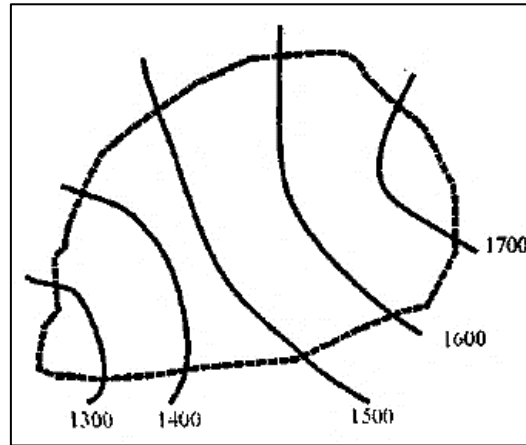


Figura 17: Isoyetas.

Fuente: (VILLÓN, M. 2002)

La precipitación media ( $P_{med}$ ) se puede expresar en función del porcentaje de área de influencia, de la siguiente forma:

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i \quad (58)$$

$$P_{med} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A_T} P_i \quad (59)$$

Donde:

$P_i$  = precipitación de la estación  $i$

$P_{med}$  = Precipitación media de la zona o cuenca

$A_T$  = Área total de la cuenca

$A_i$  = Área de influencia parcial entre isoyetas

$P_i$  = Precipitación de la estación  $i$

$n$  = número de estaciones tomadas en cuenta

- **Escorrentía**

La escorrentía es otra componente del ciclo hidrológico, y se define como el agua proveniente de la precipitación, que circula sobre o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (estación de aforo).

Si se analiza un corte esquemático de la superficie terrestre, se tiene que la precipitación cuando llega a la superficie se comporta de la siguiente manera:

- Una parte de la precipitación se infiltra.
  - ✓ Una parte de ésta satisface la humedad del suelo, de las capas que se encuentran sobre el nivel freático del agua.
  - ✓ Una vez que estas capas se han saturado, el agua subterránea es recargada por la parte restante que se infiltra.
- Otra parte de la precipitación tiende a escurrir sobre la superficie terrestre; a la precipitación que ocasiona esta escorrentía, se llama altura de precipitación en exceso.
- Una pequeña proporción se pierde.

Como base en lo anterior, el escorrentía se clasifica en tres tipos:

- ✓ Escorrentía superficial (Q).
- ✓ Escorrentía subsuperficial (Qs).
- ✓ Escorrentía subterránea (Qg).

En la figura 18, se muestra un esquema donde se indica la relación entre la precipitación y la escorrentía total.

- ✓ **Escorrentía superficial**, es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre la escorrentía total es inmediato, y existirá durante la tormenta e inmediatamente después de que esta termine.

La parte de la precipitación total que da lugar a esta escorrentía, se denomina precipitación en exceso.

- ✓ **Escorrentía subsuperficial**, es aquel que proviene de una parte de la precipitación infiltrada. El efecto sobre la escorrentía total puede ser inmediato o retardado. Si es inmediato se le da el mismo tratamiento que a la escorrentía, escorrentía superficial, en caso contrario, como escorrentía subterránea.
- ✓ **Escorrentía subterránea**, es aquel que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado.

Como base en la forma en que contribuyen a la escorrentía total, la escorrentía, se clasifica en escorrentía directa, cuando su efecto es inmediato, y escorrentía base si su efecto es retardado.

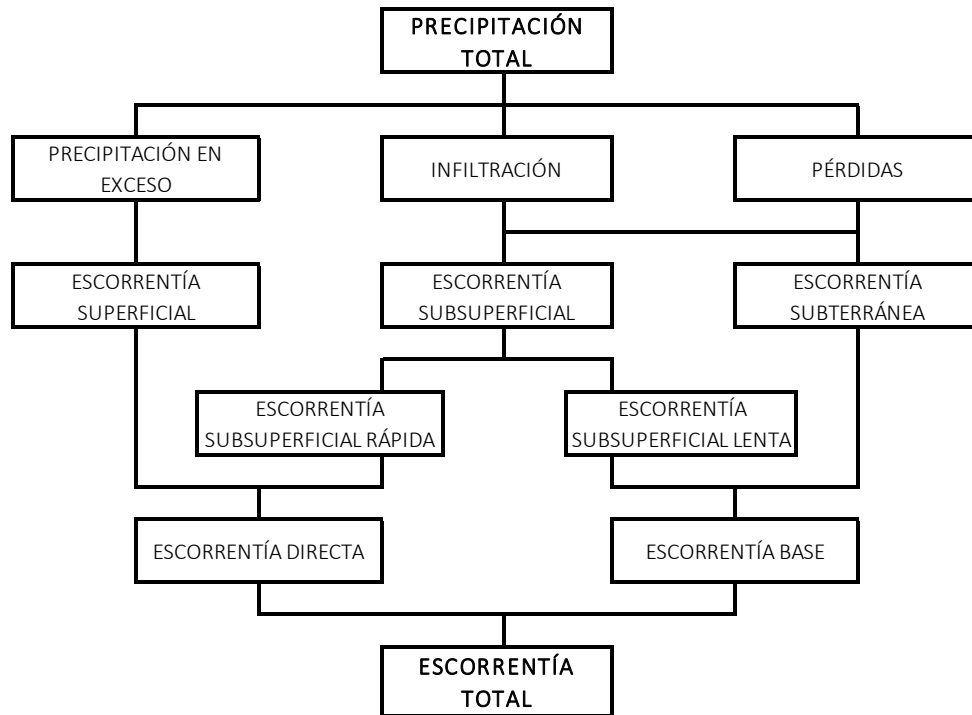


Figura 18: Relación entre la precipitación y la escorrentía total.

Fuente: (VILLÓN, M. 2002)

Entonces se puede resumir que:

$$\text{Escorrentía total} = \text{Escorrentía Directa} + \text{Escorrentía Base} \quad (60)$$

### c. Estimación de Datos Faltantes

Según (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

Muchas veces las estaciones pueden dejar de registrar información en algunos periodos de tiempo, debido a fallas en los instrumentos o por ausencia del observador. Esta información dejada de registrar puede ser indispensable para el análisis de fenómenos que involucren la precipitación, por tanto, se han desarrollado algunos métodos sencillos para la estimación de la información pluviométrica faltante.

En general, los datos de precipitaciones faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas. Para ello se utilizan los datos de las estaciones que si tienen los datos de los registros completos (“estaciones índices”), y se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio.

### **Método de la regresión normalizada**

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

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

$$P_x = \frac{1}{n} \left[ \frac{N_x}{N_1} P_1 + \frac{N_x}{N_2} P_2 + \dots + \frac{N_x}{N_n} P_n \right] \quad (61)$$

Donde:

$N_x$  = precipitación media anual o mensual en la estación incompleta, (mm).

$N_1, N_2, \dots, N_n$  = precipitación media anual (o mensual) en las estaciones auxiliares 1, 2 y n, (mm).

$P_1, P_2, P_n$  = precipitación anual (o mensual) observada en las estaciones 1, 2, ... y n para la misma fecha que la faltante, (mm).

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

#### **d. Análisis de homogeneidad y consistencia**

Consiste en realizar un análisis de la información disponible, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que ha podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre.

Por lo general se detecta con la técnica de la curva doble masa.

#### **Análisis de consistencia curva doble masa**

El análisis de consistencia de doble masa relaciona la precipitación anual acumulada de una estación X (estación que se analiza) con el correspondiente valor medio de la precipitación anual acumulada de un grupo de estaciones vecinas. Si la estación que se analiza ha sido bien observada, los puntos deberán alinearse en una recta, pero si existe algún quiebre, o cambio de pendiente en la recta, ello indicará que la estadística de la estación analizada debe ser corregida. Los registros que corregir serán, por lo general, los más antiguos y se harán con base en los registros más recientes, ya que se considera que los datos de los últimos años son realizados

con una mejor técnica que la empleada en sus predecesores. Los casos más frecuentes se ilustran a continuación:

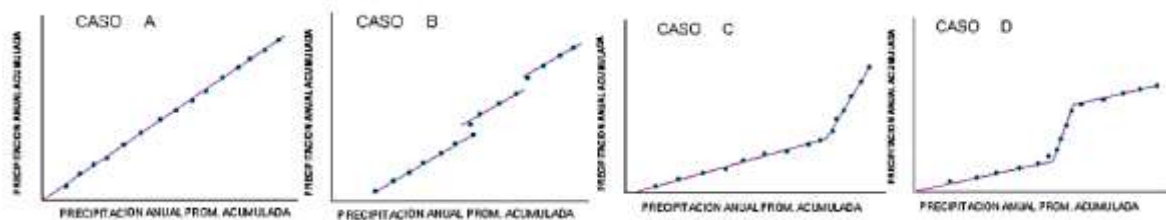


Figura 19: Análisis de la curva Doble Masa

Fuente: (CAHUANA, A. Y YUGAR, W. 2009)

**Caso A:** La serie de puntos encaja perfectamente en una línea recta, lo que indica proporcionalidad, y, por lo tanto, la estación que se analiza es consistente.

**Caso B:** Series de rectas paralelas. Lo cual nos indica proporcionalidad, aunque existan años que estén medidos por exceso o defecto.

**Caso C:** Cuando se forman dos rectas de diferentes pendientes, se tiene un caso típico de error sistemático. La corrección se realiza por la relación de pendientes del tramo más antiguo ya que la experiencia demuestra en un 80% el periodo más moderno es el correcto.

**Caso D:** La estación presenta un tramo central de mayor o menor pendiente; en el 95 % de los casos, dicho tramo se midió incorrectamente, por lo que habrá que corregirlo para homogeneizar la serie.

Cuando se emplea la técnica de doble masa, para contrastar todas las estaciones pluviométricas en una cuenca, se deben situar las mismas en un plano indicando su nombre, altitud, lluvia media anual y número de años de registro. Posteriormente, se deben distribuir las mismas en grupos afines teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ Los grupos deben tener de 3 a 10 estaciones.
- ✓ La lluvia media anual de las estaciones de cada grupo debe ser semejante.
- ✓ Cada grupo debe incluir, por lo menos, una estación con amplio registro (25 años como mínimo).
- ✓ La altitud de las estaciones del grupo debe ser similar, no debiendo existir una diferencia de más de 300 m.
- ✓ Las estaciones deben estar relativamente próximas, no debiéndose exceder una distancia de 50 km.

En principio, la estación con más amplio registro se considera modelo y se inician las comparaciones por parejas de estaciones con la estación modelo.

En el transcurso de las comparaciones de forma visual, se obtienen conclusiones acerca de la homogeneidad de cada estación y se realizan las correcciones necesarias hasta que todas las estaciones han sido verificadas y/o corregidas.

#### e. Aforo - Método Flotador

Según (VILLÓN, M. 2002)

Una forma sencilla de aproxima el valor del caudal de un cauce es realiza el aforo con flotadores.

Por este método, se mide la velocidad superficial ( $v$ ) de la corriente y el área se la sección transversal ( $A$ ), luego con estos valores aplicando la ecuación de la continuidad, se calcula el caudal con la fórmula:

$$Q = v \times A \quad (62)$$

Para realizar este aforo, se debe escoger en lo posible un tramo recto del cauce de longitud  $L$ .

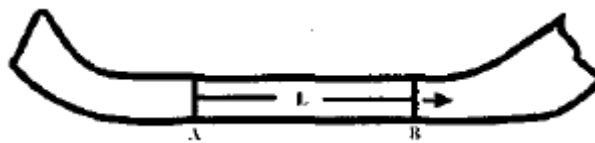


Figura 20: Método de flotador – Sección del Río

Fuente: (VILLÓN, M. 2002)

El procedimiento para medir la velocidad es como sigue:

- ✓ Medir la longitud  $L$ . del tramo  $AB$ .
- ✓ Medir con un cronómetro el tiempo  $T$ , que tarda en desplazarse el flotador (botella lastrada, madera, cuerpo flotante natural) en el tramo  $AB$ .
- ✓ Calcular la velocidad superficial:

$$v = \frac{L}{T} \quad (63)$$

Para el cálculo del área:

- ✓ Calcular el área en la sección  $A$  ( $A_A$ )
- ✓ Calcular el área en la sección  $B$  ( $A_B$ )
- ✓ Calcular el área promedio.

$$A = \frac{A_A + A_B}{2} \quad (64)$$

Para el calcular el área en cualquiera de las secciones:

- ✓ Medir el espejo de agua (T)

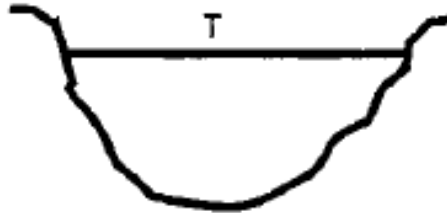


Figura 21: Método de flotador – Espejo de agua.

Fuente: (VILLÓN, M. 2002)

- ✓ Dividir (T) en cinco o diez partes y en cada extremo medir su profundidad.

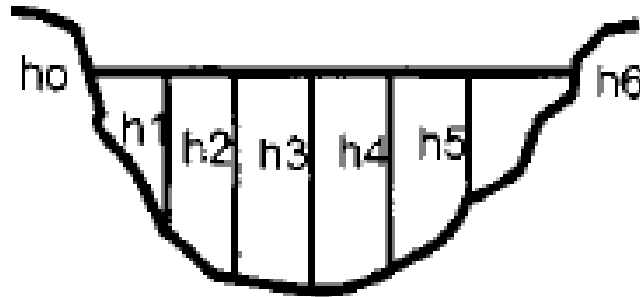


Figura 22: Método de flotador – Alturas.

Fuente: (VILLÓN, M. 2002)

- ✓ Calcular el área para cada tramo, usando el método del trapecio.

$$A_t = \frac{h_0 + h_1}{2} T_1 \quad (65)$$

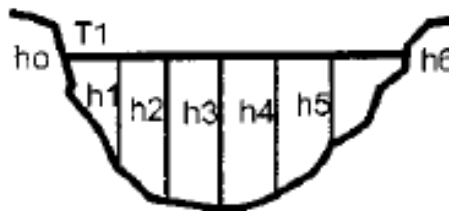


Figura 23: Método de flotador – Alturas y Espejo de agua.

Fuente: (VILLÓN, M. 2002)

- ✓ Calcular el área total de una sección:

$$A_A = \sum A_i \quad (66)$$

### **2.3. Definición de Términos Básicos**

#### **Cuenca Hidrográfica**

Según (ORDOÑEZ, J. 2011)

Entendemos por Cuenca Hidrográfica a toda el área o superficie del terreno que aporta sus aguas de escorrentía a un mismo punto de desagüe o punto de cierre. La escorrentía la constituyen las aguas que fluyen por la superficie terrestre cuando, tras producirse una precipitación pluvial o cualquier otro aporte de agua (deshielo, por ejemplo), el agua comienza a desplazarse a favor de la pendiente hacia puntos de menor cota como consecuencia de la gravedad.

#### **Precipitación Efectiva**

Según (YANQUI, J. 2015)

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

Según (VILLÓN, M. 2002)

#### **Escorrentía Total**

Es la suma de la escorrentía directa, proveniente de la escorrentía superficial y escorrentía subsuperficial cuando su efecto es inmediato, más la escorrentía base proveniente de la escorrentía subterránea y escorrentía subsuperficial si su efecto es retardado.

#### **Escorrentía superficial**

Es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre el escorrentía total es inmediato, y existirá durante la tormenta e inmediatamente después de que esta termine.

#### **Escorrentía subsuperficial**

Es aquel que proviene de una parte de la precipitación infiltrada. El efecto sobre el escorrentía total puede ser inmediato o retardado. Si es inmediato se le da el mismo tratamiento que a la escorrentía superficial, en caso contrario, como escorrentía subterránea.



### **Escorrentía subterránea**

Es aquel que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado.

### **Modelos Determinísticos**

Según (CHÁVARRI, E. 2008)

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

### **Modelo Estadístico o Estocástico**

Según (SILVA, G. 2003)

Los eventos hidrológicos, tales como aguaceros, caudales, niveles de embalse, etc. son eventos estocásticos. Se caracterizan porque, de un lado tienen un patrón medio de comportamiento a largo plazo, y por el otro el pronóstico de sus magnitudes en un momento dado tiene un mayor o menor grado de incertidumbre. El patrón medio corresponde a lo que se denomina la tendencia general o componente determinística y la incertidumbre constituye la componente aleatoria del evento.

### **SIGLAS**

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

ANA: Autoridad Nacional del Agua.

MINEDU: Ministerio Nacional de Educación

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. METODOLOGÍA

##### a. Área De Estudio

Namora es una localidad peruana ubicada en la región de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito de Namora. Es asimismo la capital del distrito de Namora. Se encuentra a una altitud de 2743 m.s.n.m. Tiene una población de 1364 habitantes hasta el año 1993.

En este distrito se encuentra el Río Namora, el cual tiene las siguientes características; altitud de 2780 m.s.n.m., sus coordenadas son 7°18'00'' al sur y 78°19'00'' al oeste, su posición UTM es QM99, la zona horaria del Río Namora es UTC/GMT-5. El área de la cuenca es de 459.177 km<sup>2</sup>.

#### Demarcación Política

Políticamente la microcuenca se encuentra en:

Departamento : Cajamarca

Provincia : Cajamarca

Distrito : Namora



Figura 24: Mapa de Ubicación del Departamento de Cajamarca

Fuente: [https://www.ecured.cu/Archivo:Mapa-cajamarca\\_1.jpg](https://www.ecured.cu/Archivo:Mapa-cajamarca_1.jpg)

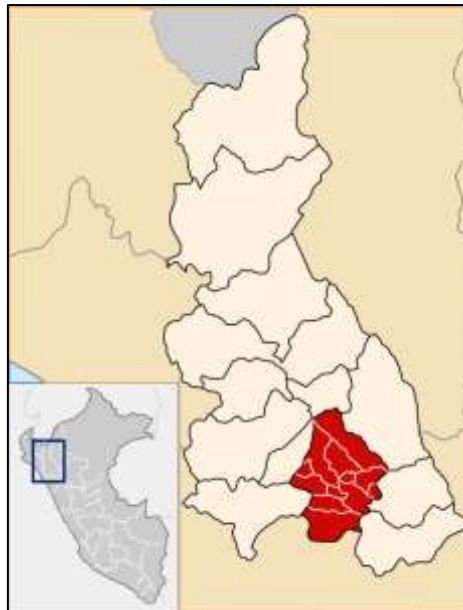


Figura 25: Mapa de la Provincia de Cajamarca.

Fuente:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/998/Location\\_of\\_the\\_province\\_Cajamarca\\_in\\_Cajamarca.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/998/Location_of_the_province_Cajamarca_in_Cajamarca.svg)



Figura 26: Mapa de los distritos de Cajamarca.

Fuente: Municipalidad Distrital de Namora

Mapa Delimitación Territorial del distrito de Namora, ver anexo: PD - 01.

## b. Demarcación Limítrofe

La cuenca del río Namora limita:

Por el Norte : Los Baños del Inca y Encañada

Por el Sur : Jesús y Matara

Por el Este : Celendín

Por el Oeste : Jesús y con el distrito de Llacanora

## c. Referencia en Google Earth

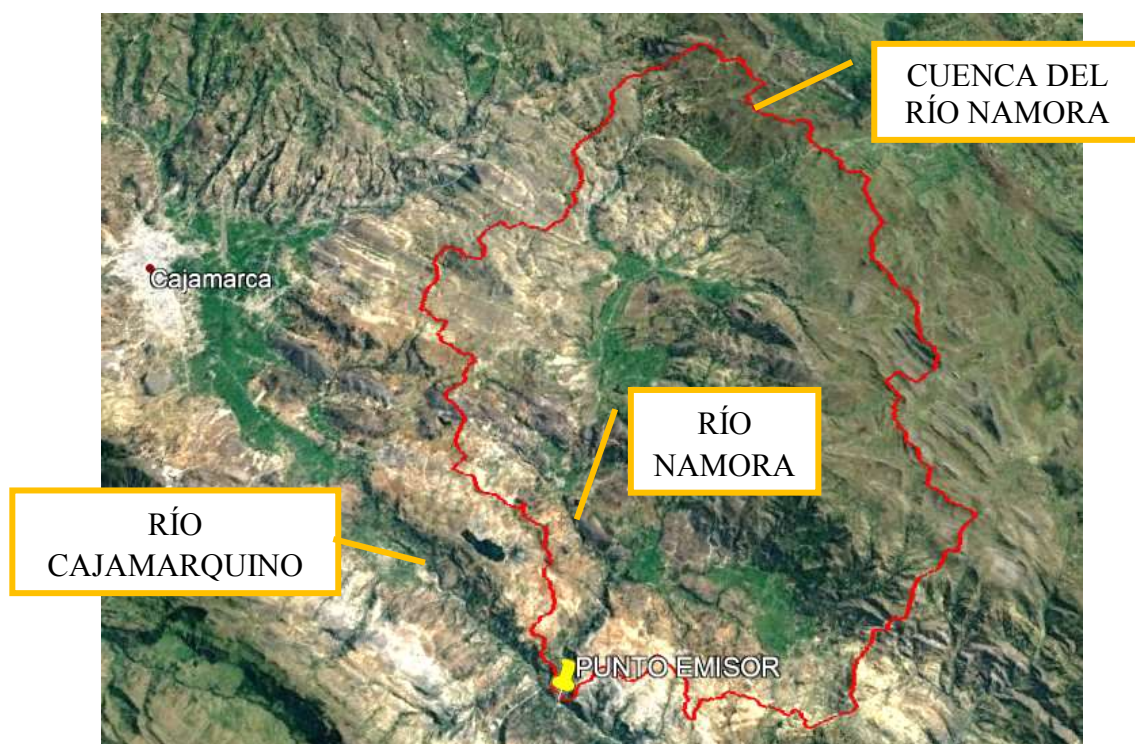


Figura 27: Referencia Cuenca del Río Namora

## d. Punto Emisor

El punto emisor de la cuenca del Río Namora es la confluencia del Río Namora en el Río Cajamarquino. Con coordenadas 798,097.143; 9,194,233.294.



Figura 28: Punto emisor de la Cuenca del Río Namora

### 3.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

#### a. Equipos

- GPS
- Cronómetro
- Cámara Fotográfica
- Laptop
- Dron Phantom 4 pro

#### b. Materiales y Equipos de Gabinete

- Libros.
- Materiales de escritorio (hojas bond, hojas bond, lápiz, lapicero, etc.).
- Estaciones meteorológicas.
- Modelos digitales, Fotografías satelitales y cartas geográficas.
- Materiales en campo: Libreta de campo, wincha, cordel, marcador, lapicero, entre otros.
- Programas computacionales: Microsoft Word, Microsoft Excel, ArcGIS 10.3, Google Earth.

### **3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO NAMORA**

El clima de Namora se clasifica como cálido y templado.

Con respecto a la precipitación, la época de estiaje donde hay menos lluvia es en los meses de mayo a setiembre que coincide con el invierno y la época de lluvia es en los meses de octubre a abril que coincide con el verano. La menor cantidad de lluvia ocurre en julio y la mayor precipitación cae en abril-marzo.

Las temperaturas son más altas en promedio en enero y junio tiene la temperatura promedio más baja del año.

En Namora, los veranos son largos, frescos y nublados y los inviernos son cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año. El promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año. La parte más despejada del año en Namora comienza aproximadamente en mayo y se termina aproximadamente en de septiembre. En julio es el mes más despejado del año y la parte más nublada del año comienza aproximadamente en septiembre y se termina aproximadamente en mayo. En marzo es el mes más nublado del año.

### **3.4. PROCEDIMIENTO**

Para la generación de caudales medios mensuales de la Cuenca del Río Namora, se utilizó el modelo determinístico – estocástico de Lutz Scholz, el cual requiere como datos la precipitación media de la cuenca, la temperatura media anual y algunos parámetros geomorfológicos. Para la recopilación de información, se utilizó información de la página del Minedu para descargar la carta nacional.

Para el proceso de cálculo se recopiló información proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) obtenida tanto de su página web como a través de solicitud dirigida al director de SENAMHI. Las estaciones utilizadas en la investigación son:

Tabla 9:Coordenadas UTM de las estaciones meteorológicas consideradas para el estudio.

ESTACIÓN	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8
NAMORA	795121.3	9203212.0
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2
JESÚS	788396.2	9198260.0
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5
CELENDÍN	815579.7	9241571.2

Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas. Ver anexo.

### 3.5. TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Se obtuvo de la página oficial del MINEDU la Carta Nacional del Perú, ubicando la cuenca en estudio (Cuenca del Río Namora) en la zona 17s, 15g; esta información tiene como última actualización el 26 de julio del 2018.

Según (MINEDU, 2018)

Esta carta consta de la información topográfica de todo el Perú según formato de la carta nacional en escala 1:100000. La información por cada hoja consta de las siguientes coberturas: Hidrografía, Hipsografía. Las hojas pueden descargarse por N° de Hoja según formato de la carta nacional, o agrupadas por departamento, provincia o distrito para facilitar un grupo de descargas en formato: Shape (\*.shp) y Sistema de coordenadas geográficas: GCS\_WGS\_1984.

Esta información fue procesada con ArcGIS 10.3 creando el mapa digital de la Cuenca y luego poder hallar sus respectivos parámetros hidrológicos con ayuda del programa HydroCALC V.D.1.0., programa creado por el Bach. en Ingeniería Hidráulica Luis Félix Vásquez Paredes, y siendo utilizado por el Ing. Edison Nével Crisólogo Carranza en su Tesis “Disponibilidad De Agua En La Cuenca Del Río Chonta Generada A Partir De Información Climática” y por la



Ing. Elva Yovana Bustamante Vásquez en su Tesis “Disponibilidad De Agua De Escorrentía En La Captación Huacaríz Del Río Mashcón, Generada A Partir De Información Climática”, las cuales han sido aprobadas por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Proceso de Cálculo:

- Delimitación de la Cuenca por divisorias de aguas con ArcGIS 10.3. y data de la Carta Nacional del Perú obtenida del MINEDU.
- Determinación del área y perímetro de la cuenca con ArcGIS 10.3.
- Determinación de otros parámetros como longitud del cauce principal, coeficiente de compacidad, factor de forma, pendiente de la cuenca, altitud media, pendiente del cauce principal, ancho promedio, tiempo de concentración; con el programa HidroCALC.

**a. Proceso de información meteorológica.**

Para realizar el modelo de Lutz Scholz se procesó la información obtenida mediante sus parámetros estocásticos (media, desviación estándar).

De las 9 estaciones obtenidas (Augusto Weber Bauer, Namora, San Marcos, La Encañada, Jesús, Sondor Matara, La Victoria, Hacienda Jocos y Celendín), se escogió 3 estaciones base: Augusto Weber Bauer, Namora y San Marcos. Siendo estas una data de precipitaciones de 50 años.

Mediante completación y extensión de datos se logró completar los datos faltantes de las 6 estaciones restantes, así se obtuvo la data histórica de precipitaciones de 50 años.

**b. Precipitación media mensual de la cuenca.**

Se realizó el método de Isoyetas para la obtención de la precipitación media mensual de la cuenca con ayuda del ArcGIS 10.3. Por razones de tiempo se realizó la agrupación de 5 en 5 años, así se realizó el cálculo en 10 periodos.

**c. Coeficiente de escorrentía.**

Se obtuvo el coeficiente de escorrentía con las fórmulas antes mencionadas, a partir de la temperatura media anual y coeficiente de temperatura L, así hallando déficit de escorrentía D y con la fórmula de L. Turc se halla el coeficiente de escorrentía.



**d. Precipitación Efectiva.**

La precipitación efectiva que viene a ser la lluvia infiltrada en el suelo, pero sin la pérdida de la escorrentía superficial o por filtración que permanece en las raíces de las plantas.

La precipitación efectiva es la precipitación media mensual de la cuenca afectada por el coeficiente de escorrentía calculado anteriormente.

**e. Retención de la cuenca.**

Son los almacenes naturales como acuíferos, nevados, lagunas y pantanos. La retención de la cuenca esta entre los valores 50-80 mm/año; el coeficiente de agotamiento, el cual se halla el gasto de retención  $G$ , que viene a ser el aporte a la escorrentía de las aguas subterráneas en época de estiaje.

**f. Abastecimiento (A) durante la estación lluviosa.**

Durante la estación lluviosa, el abastecimiento es uniforme para cuencas en la misma región climática. El " $A_i$ " muestra en forma de déficit mensual de la Precipitación Efectiva  $PE_i$ .

### **3.6. GENERACIÓN DE CAUDALES**

#### **Caudales Mensuales para el Año Promedio**

Se utiliza la ecuación básica del balance hídrico, los cuales se obtienen en mm/mes. y luego para convertirlos a  $m^3/s$ , se tiene que multiplicar por el área de la cuenca y dividido entre el número de días del mes, 24h, 60 min, 60 s.

#### **Caudales Mensuales para el Periodo Extendido**

Primero se calculan los parámetros  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $S$  y  $r$ , sobre la base del modelo para el año pasado; mediante regresión con  $Q_t$ ,  $Q_{t-1}$  y  $PE_t$  como valores independientes.

Luego determinamos los caudales  $\hat{Q}_t$ ; se calculó el error ( $e$ ) y los coeficientes estadísticos de regresión múltiple con números aleatorios y luego se calculó el  $Q_m$  en mm/mes.

Se calcula la PE a partir de la precipitación media para los 10 periodos en estudio.

Se generó números aleatorios con distribución de media igual a "0" y desviación estándar "1".

Se calculó los caudales generados para el periodo extendido.

### **Cálculo De Caudales Aforados Utilizando el Método Del Flotador**

El aforo se realizó a 30 metros aguas arriba del punto emisor (confluencia de los ríos Namora y Cajamarquino) por ser el sitio del aforo una sección más uniforme. Procedimiento:

- Se escogió una sección uniforme, libre de obstáculos.
- Se colocó un cordel en la sección transversal, marcando el cordel cada 1 metro, obteniendo 12 metros de ancho de río.
- Se realizaron las alturas (h) cada metro señalado.
- Se midió 20 metros de sección del río, para la medida de las velocidades. En mi caso utilicé un pedazo de Tecnopor para medir los tiempos (t).
- Se calculó el área transversal y las alturas promedio, con estos datos se calculó el caudal aforado Q.
- Este caudal sumado con los datos brindados del ANA (Autoridad Nacional del Agua) de las estructuras de riego en la cuenca, se obtuvo la referencia de caudal total y así se comparó con los datos obtenidos.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis cartográfico de la cuenca en estudio

Para el desarrollo de la investigación es de vital importancia tener los datos geomorfológicos de la cuenca en estudio.

La Cuenca del Río Namora tiene un área de 459.177 km<sup>2</sup> y un ancho promedio de 11.040 Km, por su tamaño se trata de una cuenca grande, con punto emisor en el Río Cajamarquino.

El coeficiente de Gravelius o índice de compacidad (Ic) es de 1.546 por lo que se trata de una cuenca de forma oval redonda a oval oblonga ya que  $Ic > 1$ , entonces es una cuenca menos susceptible a inundaciones.

El factor de forma es 0.265 el cual es menor que 1, se trata entonces de una cuenca oval alargada, por esta característica la cuenca concentra lentamente la escorrentía de las precipitaciones.

La curva hipsométrica nos muestra que es una cuenca en equilibrio, con pendiente de la cuenca de 25.25%, este parámetro nos da una velocidad media de la escorrentía y su poder de Arrate y erosión de la cuenca.

La cuenca tiene una altitud media de 3315.913 m, esta influye en la precipitación, pérdida de agua por evaporación y transpiración y en consecuencia el caudal medio.

El cauce principal tiene una pendiente de 2.85%, ésta pendiente se relaciona con la erosión y velocidad de corriente, además del tamaño de sedimentos arrastrados.

Parámetros geomorfológicos de la Cuenca del Río Namora utilizando programas ArcGis 10.3 e HidroCALC, se tiene:

Tabla 10: Parámetros geomorfológicos de la Cuenca del Río Namora, con punto emisor la confluencia de los Ríos Namora y Cajamarquino.

Área De La Cuenca	459.117 km <sup>2</sup>
Perímetro De La Cuenca	118.347 km
Longitud Del Cauce Principal	41.592 km
Cef. Gravelius O Ic.	1.546

Factor De Forma	26.5 %
Pendiente De La Cuenca	25.25%
Altitud Media	3315.913 m
Pendiente Del Cauce Principal	2.85%
Ancho Promedio	11.04 km
Altitud Mas Frecuente	2851 - 2900
Coefficiente De Masividad	0.007
Coefficiente Orográfico	0.024
Relación De Confluencias	1.855
Relación De Longitudes	0.996
Densidad De Drenaje	0.638
Frecuencia De Ríos	0.355
Tiempo De Concentración	276.2 min (Ec. De Kirpich)
Rectángulo Equivalente	a:9.186 m    b:49.988 m

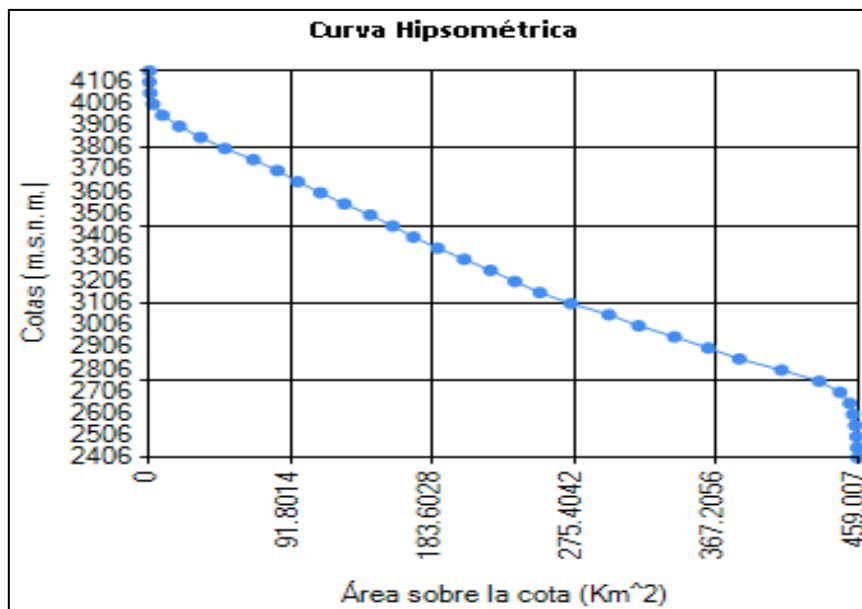


Figura 29: Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Namora.

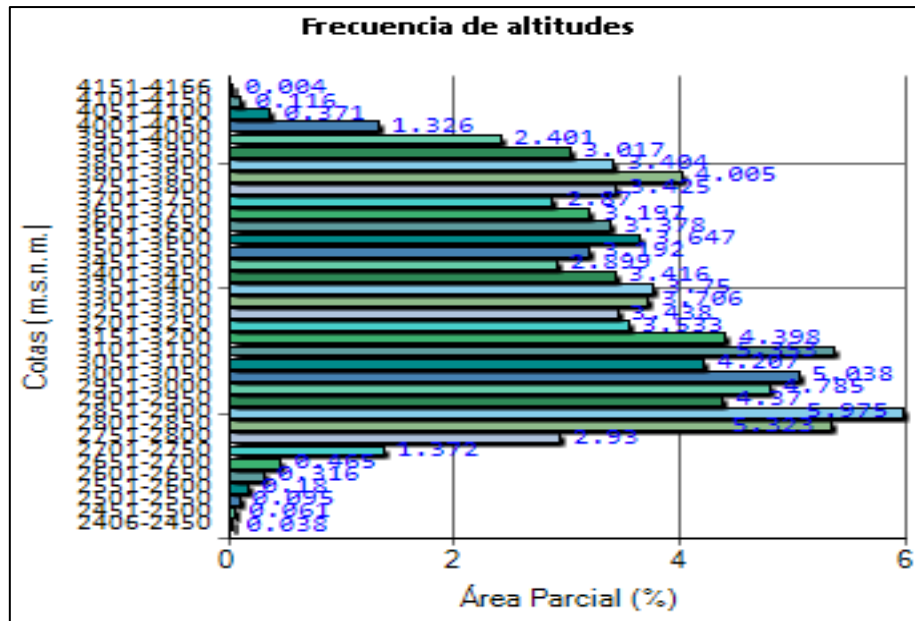


Figura 30: Frecuencia de altitudes de la Cuenca del Río Namora.

Se obtuvo el número de orden de 4 para la Cuenca del Río Namora. Ver anexo.

#### 4.2. Modelos determinísticos parciales

##### a. Precipitación media de la cuenca

Se halló la precipitación media mensual por el método de las Isoyetas, por ser el de mayor precisión, se realizaron utilizando ArcGIS 10.3.

Tabla 11: Precipitación media total mensual (mm) de la Cuenca del Río Namora

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MEDIA	114.75	125.37	192.65	106.09	51.62	14.38	5.33	7.78	43.40	115.84	104.26	116.56

##### b. Coeficiente de escorrentía

Se realizó mediante la fórmula L Turc, para el periodo de 1967 - 2016:

**CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA "C"**  
(Método de "L.TURC")

$T = 197 - 23.1 \ln H$	<b>9.74</b>	H = Altitud Media Cuenca	<b>3315.91</b> m.s.n.m
$L = 300 + 25T + 0.057T^3$	<b>589.705</b>	T = Temperatura Media Anual (°C)	
$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$	<b>514.40</b>	L = Coeficiente Temperatura	
$C = \frac{P - D}{P}$	<b>0.485</b>	P = Precipitación Total Anual	<b>998.04</b> mm/año
		(Promedio Todos Módulos)	
		D = Déficit Escurrimiento (Pérdida de agua que se va a la atmósfera)	
		C = Coeficiente de Escorrentía	

**c. Precipitación efectiva**

Se realizó por el método de la FAO, donde el coeficiente de escorrentía C afecta a la planilla de precipitación total periodo de 1967 - 2016.

Tabla 12: Precipitación media efectiva mensual.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PME	55.61	60.75	93.36	51.41	25.01	6.97	2.58	3.77	20.86	56.13	50.52	56.48	483.46

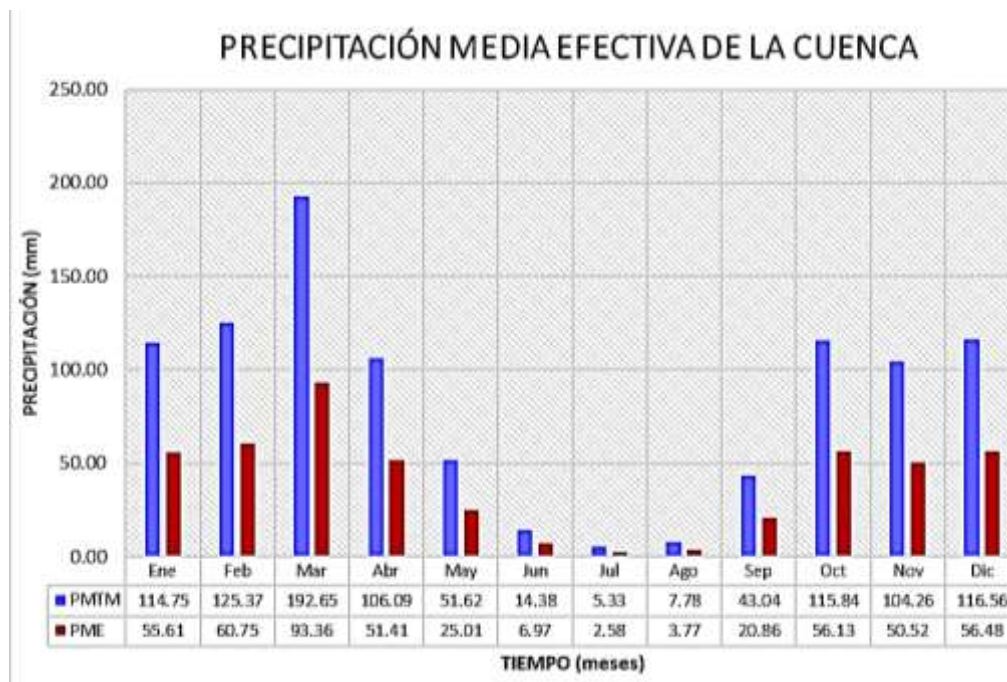


Figura 31: Precipitación efectiva de la Cuenca del Río Namora

**d. Gasto de Retención**

El Gasto de Retención R es 58.59 mm/año, es una cuenca de agotamiento rápido ( $50 < R < 80$ ) y vegetación poco desarrollada.

Tabla 13: Parámetros para calcular la R de la cuenca Namora

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Coefficiente	Ca =	20%	(%)
Área de la cuenca	AR =	459.18	(Km <sup>2</sup> )
Almacenamiento de acuíferos	LA =	292.95	(mm/año)
Pendiente del cauce principal	I =	0.029	m/m
Área de lagunas	AL =	0.18	(Km <sup>2</sup> )
Almacenamiento de lagunas y pantanos	LL =	500.00	(mm/año)
Área de los nevados	AN =	0.00	(Km <sup>2</sup> )
Almacenamiento de nevados	LN =	500.00	(mm/año)

$$R = \frac{[C_a AR LA + AL LL + AN LN]}{AR}$$

$$R = 58.59 \text{ mm/año}$$

**e. Coeficiente de agotamiento (a)**

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

$$a = 0.014553822 \text{ días}^{-1}$$

**f. Relación de caudales de flujo base (bo)**

Se obtiene para la época de estiaje de mayo a septiembre.

Mes de mayo:

$$bo = (2.7183) (-0.014553822) (31) = 0.63688$$

Mes de junio:

$$b_o = (2.7183) (-0.014553822) (30) = 0.10788$$

Tabla 14: Valores de la relación de caudales del flujo base, para la época de estiaje

Mes	N° días (t)	b <sub>o</sub>
Mayo	31	0.63688
Junio	30	0.41157
Julio	31	0.26212
Agosto	31	0.16694
Septiembre	30	0.10788
suma	bm =	1.58539

**g. Gasto de retención (Gi)**

Es el aporte de aguas subterráneas en la época de estiaje en los meses de mayo a setiembre, en función de la R, b<sub>o</sub> y la suma de los factores mensuales en la época de estiaje.

$$G_i = R (b_o/b_m)$$

Tabla 15: Gasto de retención para la época de estiaje

Mes	G <sub>i</sub> (mm/mes)
Mayo	23.54
Junio	15.21
Julio	9.69
Agosto	6.17
Septiembre	3.99

**h. Abastecimiento de la retención (Ai)**

Se obtiene en la época de lluvia en los meses de octubre a abril, en función del coeficiente de abastecimiento para Cajamarca y la retención de la cuenca.



Tabla 16: Coeficiente de abastecimiento para Cajamarca

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

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

Siendo:

$a_i$  = abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva, mm/mes

$a_i$  = coeficiente de abastecimiento (%)

$r$  = retención de la cuenca, mm/año

Tabla 17: Abastecimiento de la retención en época de lluvia

Mes	$A_i$ (mm/mes)
Octubre	14.65
Noviembre	-2.93
Diciembre	0.00
Enero	11.72
Febrero	14.65
Marzo	20.51
Abril	0.00

**i. Generación de Caudales**

Caudales mensuales para el año promedio (Qm)

Tabla 18: Caudales generados para el año promedio

Mes	Nº días del mes	PP (mm)	PE (mm)	G (mm)	A (mm)	Qm (mm/mes)	Qm(m3/s)
Enero	30	114.75	55.61		11.72	43.89	7.77
Febrero	28	125.37	60.75		14.65	46.10	8.75
Marzo	31	192.65	93.36		20.51	72.85	12.49
Abril	30	106.09	51.41		0.00	51.41	9.11
Mayo	31	51.62	25.01	23.54		48.55	8.32
Junio	30	14.38	6.97	15.21		22.18	3.93
Julio	31	5.33	2.58	9.69		12.27	2.10
Agosto	31	7.78	3.77	6.17		9.94	1.70
Setiembre	30	43.04	20.86	3.99		24.84	4.40
Octubre	31	115.84	56.13		14.65	41.49	7.11
Noviembre	30	104.26	50.52		-2.93	53.45	9.47
Diciembre	31	116.56	56.48		0.00	56.48	9.68
<b>AÑO</b>		<b>997.68</b>	<b>483.46</b>	<b>58.59</b>	<b>58.59</b>	<b>483.46</b>	<b>84.85</b>

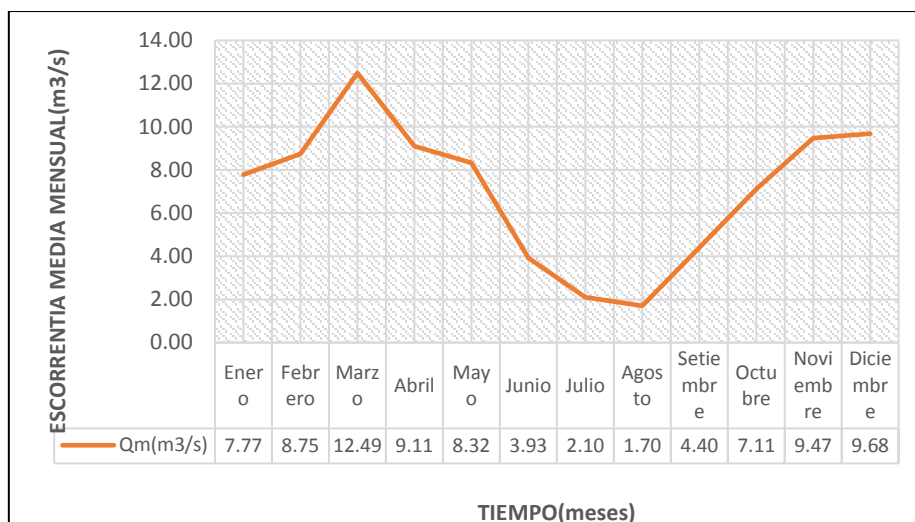


Figura 32: Caudales generados para el año promedio de la cuenca Namora

### j. Caudales mensuales para un periodo extendido

Con los caudales generados para el año promedio calculamos los parámetros B1, B2, B3, S, r, utilizando las ecuaciones de regresión como se muestra a continuación:

Tabla 19: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple

Mes	Qt	Qt-1	PEt	(Qt)( Qt-1)	(Qt-1) (PEt)	(Qt)(PEt)	(Qt-1)(Qt-1)	(PEt)(PEt)
Enero	43.89	56.48	55.61	2478.92	3140.79	2440.46	3190.30	3092.05
Febrero	46.10	43.89	60.75	2023.44	2666.30	2800.94	1926.17	3690.81
Marzo	72.85	46.10	93.36	3358.73	4304.17	6801.08	2125.62	8715.50
Abril	51.41	72.85	51.41	3745.13	3745.13	2642.84	5307.17	2642.84
Mayo	48.55	51.41	25.01	2495.94	1285.95	1214.47	2642.84	625.71
Junio	22.18	48.55	6.97	1076.82	338.36	154.57	2357.20	48.57
Julio	12.27	22.18	2.58	272.15	57.31	31.71	491.91	6.68
Agosto	9.94	12.27	3.77	121.99	46.28	37.50	150.57	14.23
Setiembre	24.84	9.94	20.86	246.98	207.35	518.18	98.83	435.03
Octubre	41.49	24.84	56.13	1030.71	1394.61	2328.84	617.23	3151.07
Noviembre	53.45	41.49	50.52	2217.64	2096.10	2700.73	1721.16	2552.72
Diciembre	56.48	53.45	56.48	3019.22	3019.22	3190.30	2857.32	3190.30
<b>Σ =</b>	<b>483.46</b>	<b>483.46</b>	<b>483.46</b>	<b>22087.67</b>	<b>22301.56</b>	<b>24861.60</b>	<b>23486.34</b>	<b>28165.49</b>
	<b>ΣQt</b>	<b>ΣQt-1</b>	<b>ΣPEt</b>	<b>Σ(Qt)( Qt-1)</b>	<b>Σ(Qt-1)( PEt)</b>	<b>Σ(Qt)( PEt)</b>	<b>Σ(Qt-1)( Qt-1)</b>	<b>Σ(PEt)(PEt)</b>

Las ecuaciones para obtener B1, B2, B3 son:

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

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

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

Resolviendo matricialmente, se tiene:

Tabla 20: Cálculo matricial para obtener B1, B2 y B3

Coefficientes

B1	B2	B3	T I	MATRIZ INVERSA		
12	483.46	483.46	483.46	0.509439607	-0.008798665	-0.001777723
483.46	23486.34	22301.56	22087.67	-0.008798665	0.000323554	-0.000105162
483.46	22301.56	28165.49	24861.60	-0.001777723	-0.000105162	0.000149287

Multiplicando las matrices obtenemos:

$$B1 = 7.755$$

$$B2 = 0.278$$

$$B3 = 0.529$$

Se calcularon el caudal  $\hat{Q}_t$  y el error  $e = Q_t - \hat{Q}_t$  Mediante la siguiente expresión:

$$\hat{Q}_t = 9.454 + 0.248 Q_{t-1} + 0.544 PE_t$$

Tabla 21: Cálculo del caudal  $Q_t$

Mes	$Q_{t-1}$	$PE_t$	$\hat{Q}_t$
Enero	56.48	55.61	52.90
Febrero	43.89	60.75	52.12
Marzo	46.10	93.36	69.99
Abril	72.85	51.41	55.23
Mayo	51.41	25.01	35.30
Junio	48.55	6.97	24.95
Julio	22.18	2.58	15.29
Agosto	12.27	3.77	13.17
Setiembre	9.94	20.86	21.56
Octubre	24.84	56.13	44.38
Noviembre	41.49	50.52	46.04
Diciembre	53.45	56.48	52.52

Tabla 22: Cálculo del error mensual

$$e = Q_t - \hat{Q}_t$$

Mes	$Q_t$	$\hat{Q}_t$	$e$	$e^2$	$Q_t^2$
Enero	43.89	52.90	-9.013276	81.24	1926.174657
Febrero	46.10	52.12	-6.016206475	36.19	2125.624615
Marzo	72.85	69.99	2.856340788	8.16	5307.172505
Abril	51.41	55.23	-3.82535441	14.63	2642.839259
Mayo	48.55	35.30	13.25266578	175.63	2357.203573
Junio	22.18	24.95	-2.773549139	7.69	491.9117025
Julio	12.27	15.29	-3.023160643	9.14	150.5722178
Agosto	9.94	13.17	-3.224573794	10.40	98.82864502
Setiembre	24.84	21.56	3.283696707	10.78	617.2324183
Octubre	41.49	44.38	-2.891098517	8.36	1721.160492
Noviembre	53.45	46.04	7.414461269	54.97	2857.319482
Diciembre	56.48	52.52	3.960054437	15.68	3190.296536
<b>Media <math>Q_t</math>=</b>	<b>40.288</b>		<b>suma =</b>	<b>432.89</b>	<b>23486.3361</b>

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum e^2}{n - 3}}$$

$$S = 6.935$$

$$r = \left[ 1 - \frac{S^2}{S_{Q_t}^2} \right]^{1/2}$$

$$S_{Qt}^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum Q_t^2 - n(\overline{Q_t})^2 \right]$$

$$SQ_{t2} = 364.402$$

$$(S)\sqrt{1-r^2} = 2.520$$

$$Z = z * 2.520$$

$$Q_t = 7.755 + 0.278 Q_{t-1} + 0.529 PE_t + 2.520z$$

Tabla 23: Caudales generados Qm(mm/mes) para un periodo extendido

Mes	z	Qt-1	PEt	Qm
Enero	2.091	56.48	55.61	58.17
Febrero	1.106	43.89	60.75	54.91
Marzo	-1.656	46.10	93.36	65.82
Abril	-0.040	72.85	51.41	55.13
Mayo	-0.659	51.41	25.01	33.64
Junio	-1.169	48.55	6.97	22.01
Julio	-0.639	22.18	2.58	13.68
Agosto	-0.544	12.27	3.77	11.80
Setiembre	-0.433	9.94	20.86	20.47
Octubre	0.974	24.84	56.13	46.83
Noviembre	1.242	41.49	50.52	49.17
Diciembre	-0.684	53.45	56.48	50.80 (*)

(\*) Nota: si se inicia el cálculo con el mes de enero, se toma como Qt-1 el valor de Qm de Diciembre; en este caso es 50.80.

Con los datos obtenidos, se calculó los caudales medios mensuales (mm/mes) en los periodos de 5 en 5 años desde 1967 - 1971:

Tabla 24: Caudales medios generados mm/mes

PERIODO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1967-1971	6.83	8.97	11.88	8.73	6.08	3.86	2.98	3.19	5.04	8.79	7.56	8.06
1972-1976	9.72	10.81	13.16	10.70	6.27	4.29	2.98	3.27	5.17	6.53	6.83	7.03
1977-1981	7.73	10.73	11.02	6.84	5.96	3.59	2.61	1.76	4.43	7.96	8.98	8.71
1982-1986	8.15	10.36	11.57	10.89	7.38	4.35	2.40	2.58	4.08	7.29	7.84	9.38
1987-1991	9.76	10.67	10.53	9.91	4.89	3.68	2.48	1.51	3.07	8.22	9.25	8.13
1992-1996	7.72	10.12	14.21	10.84	6.49	3.45	2.47	2.74	4.32	7.00	7.52	8.81
1997-2001	9.17	13.25	13.04	9.90	6.30	2.99	2.15	1.63	4.94	6.74	9.04	9.44
2002-2006	7.45	8.05	14.47	9.38	5.94	3.75	1.91	2.59	3.94	8.65	9.02	9.94
2007-2011	9.74	9.72	13.52	12.24	6.68	4.06	3.36	3.47	4.29	7.50	7.64	8.99
2012-2016	10.32	8.36	11.62	7.47	6.26	3.00	2.68	3.63	3.53	6.02	6.83	7.01
PROMEDIO	8.66	10.10	12.50	9.69	6.22	3.70	2.60	2.64	4.28	7.47	8.05	8.55
<b>DESVIACION</b>	<b>1.22</b>	<b>1.49</b>	<b>1.36</b>	<b>1.65</b>	<b>0.63</b>	<b>0.47</b>	<b>0.42</b>	<b>0.78</b>	<b>0.67</b>	<b>0.93</b>	<b>0.94</b>	<b>0.99</b>
<b>MIN</b>	<b>6.83</b>	<b>8.05</b>	<b>10.53</b>	<b>6.84</b>	<b>4.89</b>	<b>2.99</b>	<b>1.91</b>	<b>1.51</b>	<b>3.07</b>	<b>6.02</b>	<b>6.83</b>	<b>7.01</b>
<b>MAX</b>	<b>10.32</b>	<b>13.25</b>	<b>14.47</b>	<b>12.24</b>	<b>7.38</b>	<b>4.35</b>	<b>3.36</b>	<b>3.63</b>	<b>5.17</b>	<b>8.79</b>	<b>9.25</b>	<b>9.94</b>

Tabla 25: Volumen de agua mensual (MMC) de la Cuenca Namora

PERIODO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1967-1971	18.28	21.70	31.82	22.64	16.28	10.01	7.97	8.54	13.07	23.55	19.58	21.58
1972-1976	26.03	26.16	35.23	27.73	16.78	11.11	7.97	8.75	13.40	17.48	17.69	18.84
1977-1981	20.70	25.95	29.53	17.74	15.95	9.31	6.99	4.70	11.50	21.33	23.29	23.33
1982-1986	21.84	25.05	30.98	28.22	19.76	11.27	6.44	6.92	10.57	19.52	20.33	25.12
1987-1991	26.15	25.82	28.19	25.68	13.09	9.53	6.65	4.06	7.95	22.01	23.96	21.78

1992-1996	20.67	24.49	38.05	28.09	17.39	8.94	6.61	7.34	11.21	18.75	19.48	23.59
1997-2001	24.56	32.05	34.91	25.66	16.88	7.74	5.75	4.37	12.80	18.06	23.44	25.29
2002-2006	19.95	19.48	38.75	24.31	15.90	9.72	5.12	6.94	10.21	23.17	23.37	26.62
2007-2011	26.10	23.52	36.20	31.71	17.89	10.53	9.00	9.30	11.13	20.08	19.79	24.09
2012-2016	27.65	20.22	31.11	19.37	16.76	7.77	7.18	9.71	9.14	16.13	17.71	18.78
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.19</b>	<b>24.44</b>	<b>33.48</b>	<b>25.11</b>	<b>16.67</b>	<b>9.59</b>	<b>6.97</b>	<b>7.06</b>	<b>11.10</b>	<b>20.01</b>	<b>20.86</b>	<b>22.90</b>
<b>DESVIACION</b>	<b>3.27</b>	<b>3.59</b>	<b>3.64</b>	<b>4.27</b>	<b>1.69</b>	<b>1.22</b>	<b>1.13</b>	<b>2.08</b>	<b>1.73</b>	<b>2.48</b>	<b>2.44</b>	<b>2.65</b>
<b>MIN</b>	<b>18.28</b>	<b>19.48</b>	<b>28.19</b>	<b>17.74</b>	<b>13.09</b>	<b>7.74</b>	<b>5.12</b>	<b>4.06</b>	<b>7.95</b>	<b>16.13</b>	<b>17.69</b>	<b>18.78</b>
<b>MAX</b>	<b>27.65</b>	<b>32.05</b>	<b>38.75</b>	<b>31.71</b>	<b>19.76</b>	<b>11.27</b>	<b>9.00</b>	<b>9.71</b>	<b>13.40</b>	<b>23.55</b>	<b>23.96</b>	<b>26.62</b>

Tabla 26: Caudales Medios Mensuales (m3/s) generados

<b>PER.</b>	<b>ENE.</b>	<b>FEB.</b>	<b>MAR.</b>	<b>ABR,</b>	<b>MAY.</b>	<b>JUN.</b>	<b>JUL.</b>	<b>AGO.</b>	<b>SEPT.</b>	<b>OCT.</b>	<b>NOV.</b>	<b>DIC.</b>
1967-1971	6.83	8.97	11.88	8.73	6.08	3.86	2.98	3.19	5.04	8.79	7.56	8.06
1972-1976	9.72	10.81	13.16	10.70	6.27	4.29	2.98	3.27	5.17	6.53	6.83	7.03
1977-1981	7.73	10.73	11.02	6.84	5.96	3.59	2.61	1.76	4.43	7.96	8.98	8.71
1982-1986	8.15	10.36	11.57	10.89	7.38	4.35	2.40	2.58	4.08	7.29	7.84	9.38
1987-1991	9.76	10.67	10.53	9.91	4.89	3.68	2.48	1.51	3.07	8.22	9.25	8.13
1992-1996	7.72	10.12	14.21	10.84	6.49	3.45	2.47	2.74	4.32	7.00	7.52	8.81
1997-2001	9.17	13.25	13.04	9.90	6.30	2.99	2.15	1.63	4.94	6.74	9.04	9.44
2002-2006	7.45	8.05	14.47	9.38	5.94	3.75	1.91	2.59	3.94	8.65	9.02	9.94
2007-2011	9.74	9.72	13.52	12.24	6.68	4.06	3.36	3.47	4.29	7.50	7.64	8.99
2012-2016	10.32	8.36	11.62	7.47	6.26	3.00	2.68	3.63	3.53	6.02	6.83	7.01
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.66</b>	<b>10.10</b>	<b>12.50</b>	<b>9.69</b>	<b>6.22</b>	<b>3.70</b>	<b>2.60</b>	<b>2.64</b>	<b>4.28</b>	<b>7.47</b>	<b>8.05</b>	<b>8.55</b>
<b>DESVIACION</b>	<b>1.22</b>	<b>1.49</b>	<b>1.36</b>	<b>1.65</b>	<b>0.63</b>	<b>0.47</b>	<b>0.42</b>	<b>0.78</b>	<b>0.67</b>	<b>0.93</b>	<b>0.94</b>	<b>0.99</b>



<b>MIN</b>	<b>6.83</b>	<b>8.05</b>	<b>10.53</b>	<b>6.84</b>	<b>4.89</b>	<b>2.99</b>	<b>1.91</b>	<b>1.51</b>	<b>3.07</b>	<b>6.02</b>	<b>6.83</b>	<b>7.01</b>
<b>MAX</b>	<b>10.32</b>	<b>13.25</b>	<b>14.47</b>	<b>12.24</b>	<b>7.38</b>	<b>4.35</b>	<b>3.36</b>	<b>3.63</b>	<b>5.17</b>	<b>8.79</b>	<b>9.25</b>	<b>9.94</b>

**k. Aforo de caudales.**

El aforo de caudales se realizó en tres meses, una vez por mes en marzo, abril y mayo del 2018, con el Método del Flotador, luego se sumó con los caudales pedidos de estructuras al ANA ( $Q = 0.73336 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) ver anexo Tabla 42), esto con la intención de obtener una comparación con los datos generados de la investigación.

**Marzo**

- Altura (h) promedio en metros:

Tabla 27: Alturas (h) tomadas en campo - marzo

<b>i</b>	<b>hi</b>	<b>f (hi)</b>
1	1	0.52
2	2	0.69
3	3	0.72
4	4	0.8
5	5	0.78
6	6	0.74
7	7	0.78
8	8	0.8
9	9	0.75
10	10	0.63
11	11	0.6
12	12	0.5
<b>H promedio =</b>		<b>0.693</b>

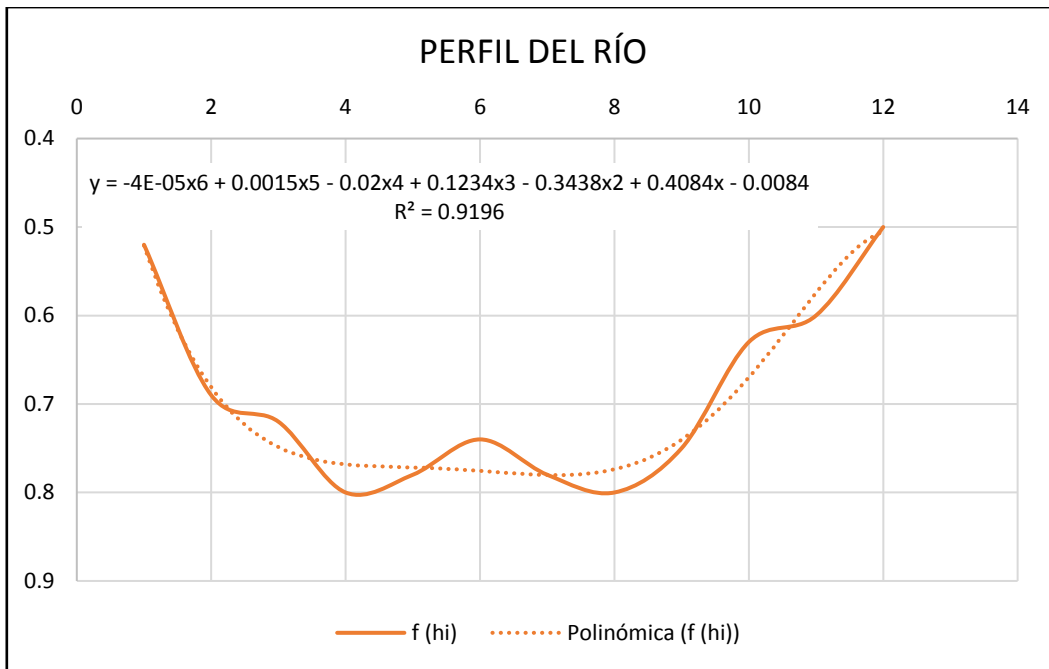


Figura 33: Perfil del Río - marzo

- Ancho = 12 m
- Tiempo promedio(seg) = 14.53
- $V = 1.38$  m/s

**Área Transversal (AT):**

$AT = H \text{ promedio} * \text{Ancho}$

**AT (m<sup>2</sup>) = 8.31**

**Velocidad :**

**V (m/s) = 1.38**

**CAUDAL :**

<b>Q (m<sup>3</sup>/seg)= 11.442</b>	<b>ESTRUCTURAS DE RIEGO</b>	<b>0.73336</b>
--------------------------------------	-----------------------------	----------------

**MARZO Q(m<sup>3</sup>/seg)= 12.18**

Se tiene un valor aproximado al caudal generado para el mes de marzo: 12.18 m<sup>3</sup>/seg  $\approx$  12.50 m<sup>3</sup>/seg.

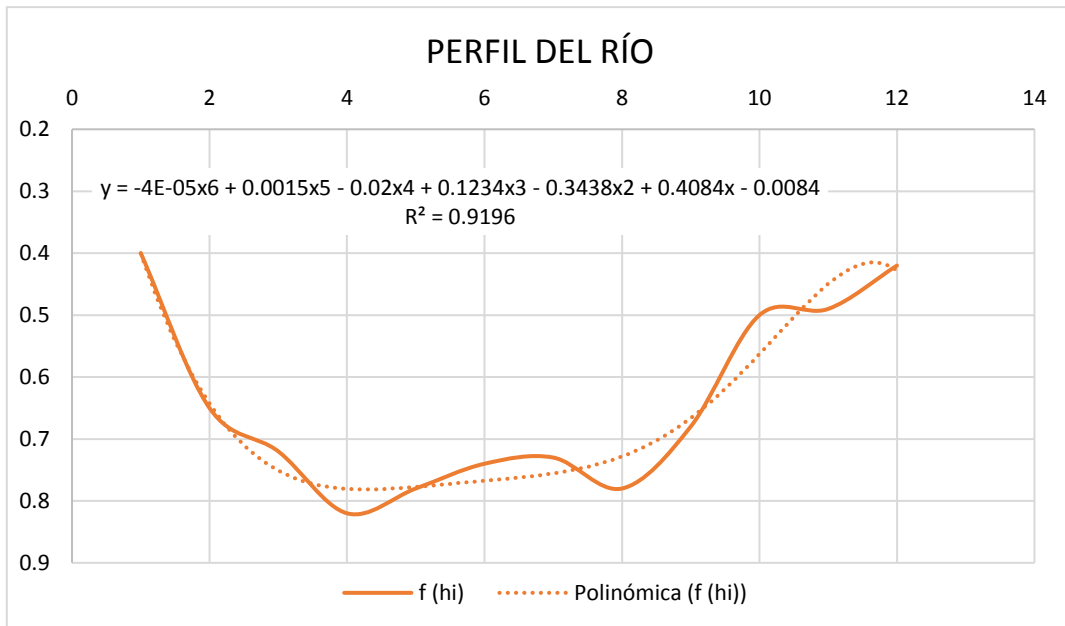
## Abril

- Altura (h) promedio en metros:

Tabla 28: Alturas (h) tomadas en campo - abril

i	hi	f (hi)
1	1	0.4
2	2	0.65
3	3	0.72
4	4	0.82
5	5	0.78
6	6	0.74
7	7	0.73
8	8	0.78
9	9	0.68
10	10	0.5
11	11	0.49
12	12	0.42
	<b>H promedio</b> =	<b>0.643</b>

Figura 34: Perfil del Río - abril



- Ancho = 12 m
- Tiempo promedio(seg) = 17.48
- V = 1.14 m/s

**Área Transversal (AT):**

AT = H promedio \* Ancho

AT (m<sup>2</sup>) = 7.71

**Velocidad :**

V (m/s) = 1.14

**CAUDAL :**

Q (m <sup>3</sup> /seg)= 8.824	ESTRUCTURAS DE RIEGO	0.73336
--------------------------------	-------------------------	---------

ABRIL    Q(m<sup>3</sup>/seg)= 9.56

Se tiene un valor aproximado al caudal generado para el mes de marzo: 9.56 m<sup>3</sup>/seg ≈ 9.69 m<sup>3</sup>/seg.

**Mayo:**

- Altura (h) promedio en metros:

Tabla 29: Alturas (h) tomadas en campo - mayo

<b>i</b>	<b>hi</b>	<b>f (hi)</b>
1	1	0.25
2	2	0.5
3	3	0.53
4	4	0.62
5	5	0.62
6	6	0.57
7	7	0.53
8	8	0.51
9	9	0.37
10	10	0.33
11	11	0.3
12	12	0.23
	<b>H promedio =</b>	<b>0.447</b>

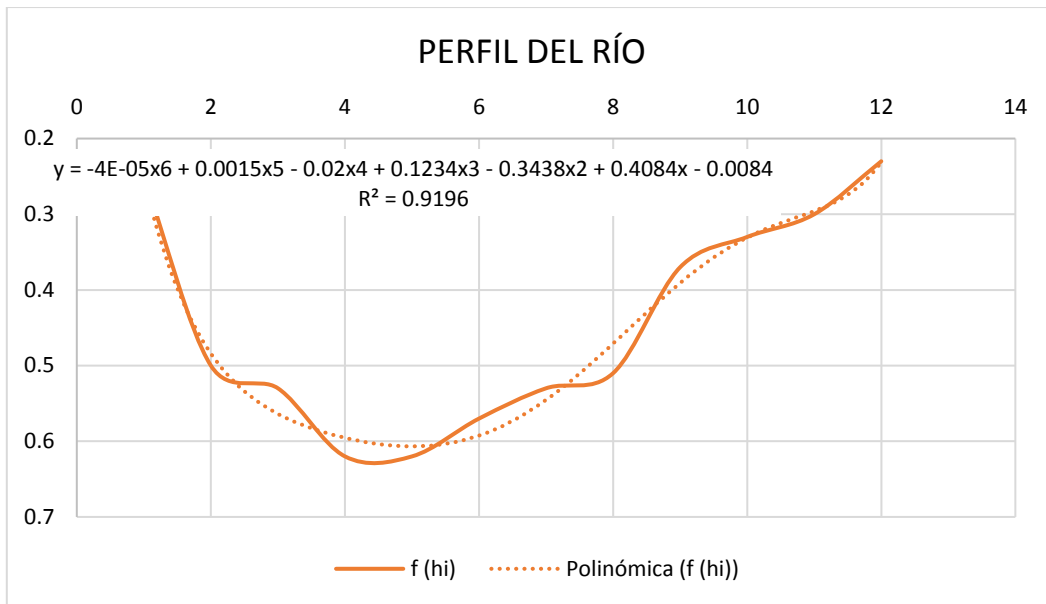


Figura 35: Perfil del Río - mayo

- Ancho = 12 m
- Tiempo promedio(seg) = 19.78
- V = 1.01 m/s

**Área Transversal (AT):**

AT = H promedio \* Ancho

AT (m<sup>2</sup>) = 5.36

**Velocidad :**

V (m/s) = 1.01

**CAUDAL :**

<b>Q (m<sup>3</sup>/seg)=</b> 5.421	<b>ESTRUCTURAS DE RIEGO</b>	0.73336
-------------------------------------	-----------------------------	---------

**MAYO**    **Q(m<sup>3</sup>/seg)=** 6.15

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La cuenca del Río Namora es una cuenca grande de forma ovalada, con un área de 459.177 km<sup>2</sup>, altitud media 3315.913 m.s.n.m., con un perímetro de cuenca de 118.347 km, longitud de cauce principal de 41.592 km, altitud media de 3315.913 msnm, pendiente de la cuenca de 25.3% e índice de Gravelius de 1.546, el cual nos dice que es una cuenca de poca probabilidad de inundación.
- La precipitación media mensual, muestra en comportamiento de los meses lluviosos y meses de estiaje, siendo el más lluvioso el mes de marzo con 192.65 mm y el mes con menor pluviosidad el mes de julio con 5.33 mm. Teniendo un coeficiente de escorrentía de 0.485, el cual indica que puede existir grandes pérdidas sobre todo en los meses lluviosos.
- Con el procesamiento de los parámetros físicos y meteorológicos de la cuenca, y utilizando el método determinístico estocástico de Lutz Scholz, se obtuvo los caudales medios mensuales generados por la cuenca del río Namora tomando como punto emisor la confluencia del Río Namora en el río Cajamarquino. Así, en épocas de estiaje de mayo a septiembre, los caudales van de 2.60 m<sup>3</sup>/seg como mínimo a 6.22 m<sup>3</sup>/seg como máximo; y en la época de lluvia de octubre a abril, los caudales van de 7.47 m<sup>3</sup>/seg como mínimo a 12.50 m<sup>3</sup>/seg como máximo; estos caudales incluyen la escorrentía directa y el flujo base.
- Los caudales obtenidos por el método determinístico estocástico Lutz Scholz en el periodo 1967 – 2016, muestra una proporción directa con la precipitación pluvial de la cuenca del río Namora, así en la época lluviosa existe más caudal y en época de estiaje existe menos caudal.
- Se concluye que el proceso de cálculo utilizado para obtener los caudales medios mensuales en un año promedio (periodo 1967 – 2016) puede ser utilizado en futuras investigaciones en cualquier punto de la cuenca del río Namora y realizar así obras de aprovechamiento hidráulico para beneficio de los pobladores.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- La cuenca del río Namora es una cuenca de gran influencia en Cajamarca, por esto se recomienda realizar una investigación a detalle, en beneficio de los pobladores, logrando el aprovechamiento al máximo del agua en épocas de lluvia y estas aguas ser utilizadas en épocas de estiaje.
- Se recomienda utilizar como base este proyecto de investigación y complementarlo con análisis por tipos de suelo, infiltración y evapotranspiración; para lograr optimizar al máximo el modelo propuesto por Lutz Scholz. Así como proponer su calibración y validación con mayor data hidrometeorológica como escorrentía subterránea.
- A los gobernantes de la Municipalidad Distrital de Namora, se recomienda generar mejores vías de acceso al río Namora en diferentes puntos de este, para así poder desarrollar estudios futuros más precisos y a detalle.



## CAÍTULO VI

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

#### **Bibliografía**

CAMPOS ARANDA, Daniel Fco. Procesos del Ciclo Hidrológico. Tercera Edición. San Luis Potosí: Editorial Universitaria Potosina, 1998, 550 pp.

CHOW, Ven Te, MAIDMENT, David R. y MAYS , Larry W. Hidrología Aplicada. Primera Edición. Bogotá-Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A., 1994, 584 pp.

ESTRELA, Teodoro. Modelos Matemáticos para la Evaluación de Recursos Hídricos. Primera Edición. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 1992, 55 pp.

LINSEY, Ray K., KOHLER, Max A. y PAULUS, Joseph L.H. Hidrología para ingenieros. Segunda Edición. Bogotá: Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, 1977, 398 pp.

MEJÍA MARCACUZCO, Jesús Abel. Hidrología Aplicada. Lima: Ediagraria, 2012, 222 pp.

ORDOÑEZ GÁLVEZ, Juan Julio. ¿Qué es una Cuenca Hidrológica?. Primera Edición. Lima: Sociedad Geográfica de Lima, 2011, 44 pp.

VILLÓN BÉJAR, Máximo. Hidrología. Segunda Edición. Lima: Editorial Villón, 2002, 430 pp.

#### **Linkografías**

CAMINO, Mariana, y otros. Estudio morfométrico de cuencas de drenaje. Junio de 2018. [http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-2652018001100005](http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-2652018001100005).

CONTRIBUIDORES DE OPENSTREETMAP. Climate - Data.ORG. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/cajamarca/namora-1021826/>.

DELGADILLO SANTANDER, Alejandro y MORENO BARRIOS, Ada. Web del Profesor. Morfometría de Cuencas. <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/MORFOMETR%CDA%20DE%20CUENCAS.pdf>

KYSHAKEVYCH, Román Jorge. Allegheny Geo Quest. Allegheny Geo Quest. 2009. <http://alleghenygeoquest.com/cuencas.htm>.

MINEDU. Descarga de información espacial del MED. 26 de Julio de 2018. <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>.

RIVEROS PORRAS, Milagros. Blogspot. Blogspot. 5 de Abril de 2016. <http://cuencahidrograficamila.blogspot.com/2016/04/estudio-morfologico-de-una-cuenca.html>.

SILVA MEDINA, Gustavo A. Academia.edu. 23 de Julio de 2003. [https://www.academia.edu/6235247/Hidrolog%C3%ADa\\_estoc%C3%A1stica](https://www.academia.edu/6235247/Hidrolog%C3%ADa_estoc%C3%A1stica).

WEATHER SPARK. <https://es.weatherspark.com/y/19940/Clima-promedio-en-Namora-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

YANQUI PARILLO, José Luis. Métodos estadísticos en hidrología. Métodos estadísticos en hidrología. Setiembre de 2015. <https://es.scribd.com/doc/32680728/Tesis-Final-Setiembre-15#>.

MAPOTECA. <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/node/588>

### **Otros**

CAHUANA ANDÍA, Agustín y YUGAR MORALES, Weimar. Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología CIV-233. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, 2009, 414 pp.

CHÁVARRI VELARDE, Eduardo E. Ciclo Hidrológico e Introducción a Modelos Hidrológicos. Universidad Nacional Agraria 'La Molina'. Lima: Escuela de Postgrado UNALM, 2008, 15 pp.

CHEREQUE MORÁN, Wendor. Repositorio PUCP. Segunda Edición. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 1991, 236 pp.

IBAÑEZ ASENCIO, Sara, MORENO RAMÓN, Hector y GISBERT BLANQUER, Juan M.I. Morfología de las Cuencas Hidrográficas, 2011, 12 pp.

MAMANI CÁCERES, Walter. Tesis. "Generacion De Descargas Medias Mensuales De La Cuenca Del Rio Coata Mediante El Metodo Deterministico - Estocástico Lutz Scholz", 2015.

SCHOLZ, Lutz . Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana - Plan Meriss. 1980.

TERÁN GUEVARA, César Nixon. Tesis. "Volumen De Agua Aprovechable En La Microcuenca Del Río Tres Ríos, Usando El Modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz Validado, Para Los Años Hidrológicos 2088 - 2012". Cajamarca, Perú, 2014.

## CAPÍTULO VII

### 7. ANEXOS

#### a.1. Planillas de precipitación mensual completadas.

Tabla 30: Precipitación mensual (mm) - Estación A. Weberbauer

AUGUSTO WEBERBAUER

PRECIPITACION TOTAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	120.9	139.5	109.1	32.3	44.1	10.3	28.4	5.8	24.9	101.0	17.8	36.7
1968	58.0	81.0	67.7	26.2	14.9	1.6	1.6	16.2	50.0	66.4	54.6	70.8
1969	42.0	73.7	83.5	85.7	1.5	19.6	0.3	13.2	18.4	55.4	106.4	162.0
1970	71.0	41.8	79.9	54.5	33.8	19.9	3.2	2.5	18.2	103.0	51.4	54.1
1971	58.4	97.8	275.7	54.7	8.0	12.2	17.6	17.2	28.1	89.8	45.8	66.5
1972	55.5	67.6	113.8	76.2	18.1	4.4	3.4	20.6	29.0	31.4	66.5	50.2
1973	95.3	70.8	92.5	101.6	23.7	28.7	8.4	19.3	91.0	67.0	65.5	75.0
1974	61.6	140.0	89.1	59.0	4.6	17.3	6.5	27.3	38.7	70.7	55.1	76.8
1975	95.6	156.5	202.0	68.8	66.8	10.0	7.2	19.3	45.1	80.2	65.1	0.9
1976	130.4	62.9	81.3	34.5	43.0	23.0	0.1	4.4	12.3	32.2	71.6	44.4
1977	129.9	146.4	141.9	42.6	25.5	8.0	7.5	0.1	16.1	53.4	54.8	68.2
1978	12.7	34.4	48.8	37.0	65.6	3.9	4.4	3.8	25.0	24.4	54.0	44.8
1979	84.1	81.6	159.7	37.1	16.3	1.8	7.5	15.7	33.6	24.4	26.3	46.6
1980	34.9	42.4	65.0	29.3	6.9	15.1	3.2	6.7	2.3	130.4	111.0	106.7
1981	78.2	186.5	105.7	33.7	14.7	6.6	7.2	12.7	22.0	111.9	45.6	111.3
1982	71.7	102.9	75.7	88.7	38.2	7.8	2.1	6.6	43.9	124.8	67.3	87.4
1983	116.6	75.7	152.8	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4
1984	24.7	233.6	123.8	80.0	69.5	25.1	23.4	18.7	36.7	68.6	97.6	104.1
1985	24.6	42.4	37.2	41.9	53.0	0.4	4.8	18.3	37.3	50.0	23.9	40.3

1986	84.4	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.3	43.6	66.2	51.8
1987	98.2	95.2	39.2	52.2	9.1	4.0	10.8	12.3	39.5	37.2	74.3	61.5
1988	109.7	105.5	44.8	95.6	10.6	5.4	0.0	0.4	32.9	69.4	65.2	63.4
1989	87.0	158.8	113.5	85.4	18.8	16.7	3.2	5.9	53.5	106.6	47.1	2.7
1990	101.8	68.5	58.3	27.4	39.5	24.6	0.8	7.1	20.1	87.6	99.1	72.3
1991	43.8	90.0	133.7	55.2	17.9	0.7	0.4	0.3	10.2	28.2	55.1	71.9
1992	52.6	31.8	66.6	46.5	18.9	21.2	4.6	10.0	40.8	64.0	32.0	34.1
1993	61.0	112.2	245.0	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1
1994	116.9	103.1	170.2	144.9	35.3	3.3	0.0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6
1995	44.7	108.3	75.7	49.7	20.6	1.7	13.2	10.8	11.5	51.8	50.5	76.4
1996	65.2	124.0	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1
1997	63.8	152.9	26.5	40.4	17.0	15.4	0.2	0.0	27.4	50.8	119.9	129.4
1998	103.0	116.5	257.0	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9
1999	94.8	242.7	69.5	65.0	53.7	22.8	22.1	1.2	81.4	21.7	77.0	68.8
2000	46.0	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3
2001	191.2	100.8	230.2	57.2	48.1	2.3	13.9	0.0	34.4	46.2	93.4	90.9
2002	27.0	60.0	133.1	77.2	23.0	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1
2003	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7
2004	36.1	102.0	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19.0	63.4	92.6	123.7
2005	84.9	53.7	136.6	54.0	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30.0	87.8
2006	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7
2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	118.9	97.6	68.8
2008	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	96.5	72.0	34.4
2009	180.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2
2010	49.5	112.9	154.0	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	28.9	43.4	52.5	70.8
2011	76.6	73.3	125.2	102.0	16.7	0.4	8.3	0.0	47.1	31.5	24.4	109.7

2012	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.8	0.0	2.5	19.1	83.3	120.3	58.3
2013	61.5	98.0	213.6	73.8	65.6	7.5	5.7	8.9	3.7	110.7	17.0	51.9
2014	75.7	68.0	143.2	78.8	26.9	5.0	2.0	3.9	27.7	26.5	45.7	114.9
2015	184.7	55.4	202.2	63.0	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5
2016	82.9	85.3	121.3	56.2	7.0	1.6	2.1	1.1	25.1	60.0	16.1	63.1
<b>Prom.</b>	<b>81.1</b>	<b>98.6</b>	<b>122.1</b>	<b>67.3</b>	<b>29.4</b>	<b>9.8</b>	<b>6.1</b>	<b>8.5</b>	<b>28.9</b>	<b>65.0</b>	<b>63.9</b>	<b>72.9</b>

Tabla 31: Precipitación mensual (mm) - Estación Namora

NAMORA

PRECIPITACION TOTAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	137.1	149.0	111.5	39.1	30.0	4.7	8.2	6.3	15.5	132.5	52.3	49.1
1968	67.8	68.7	33.9	26.5	34.2	0.3	1.7	17.2	39.8	81.0	12.2	65.9
1969	21.0	137.0	90.4	83.4	13.5	16.7	3.6	17.1	28.0	69.5	57.5	80.0
1970	56.2	23.3	53.7	52.2	34.1	23.3	8.0	0.0	21.3	135.5	52.6	94.0
1971	31.0	35.8	132.6	7.4	12.5	11.1	19.4	13.3	31.6	84.9	24.5	73.1
1972	9.1	27.5	105.0	117.0	25.3	4.8	2.6	6.1	38.8	55.4	54.6	71.5
1973	120.1	82.3	54.3	161.1	5.1	45.2	2.1	2.4	76.4	50.8	99.2	84.7
1974	102.1	103.1	72.0	24.3	5.1	16.5	0.0	39.4	102.9	74.1	33.8	39.7
1975	80.4	99.1	225.5	59.1	67.8	0.0	23.7	17.6	38.7	44.3	53.4	7.2
1976	90.1	170.6	56.5	59.1	43.9	8.0	1.1	6.3	5.0	53.9	22.3	106.1
1977	133.0	168.0	114.1	30.1	18.1	15.5	2.9	0.0	28.2	57.4	79.5	103.7
1978	23.6	73.9	40.3	79.5	134.2	4.1	24.3	4.0	24.7	46.3	47.0	101.9
1979	69.3	167.3	115.8	45.0	20.4	1.3	18.0	23.1	35.4	10.7	37.1	54.1
1980	38.8	17.2	124.7	30.7	30.0	3.1	0.0	8.1	4.5	238.4	149.6	22.8
1981	107.4	156.0	29.0	19.9	41.0	19.4	0.0	23.6	14.1	122.6	19.8	94.7

1982	78.2	23.7	77.0	60.1	45.6	0.0	9.9	0.0	70.8	143.0	154.9	157.3
1983	176.9	41.1	138.0	196.9	65.0	32.7	7.5	15.0	0.0	101.1	28.6	37.1
1984	9.8	225.5	75.6	93.9	38.6	9.7	14.9	16.6	0.0	155.1	82.9	43.9
1985	24.9	46.9	48.5	192.3	38.1	8.2	51.1	19.6	30.0	23.2	40.7	86.0
1986	124.3	63.4	85.8	141.4	36.8	0.0	2.5	7.1	3.9	51.9	78.5	88.9
1987	267.0	124.9	86.6	91.5	16.3	4.6	10.7	12.7	52.4	43.5	101.1	91.2
1988	150.5	106.2	52.5	160.3	11.4	6.3	0.0	0.0	26.9	63.9	86.6	41.3
1989	62.3	144.2	115.1	135.3	31.3	21.4	4.1	10.2	36.5	97.6	1.3	5.4
1990	84.9	99.7	49.1	47.7	25.9	24.1	1.5	6.3	16.7	194.6	195.2	60.0
1991	38.5	99.9	160.5	48.2	43.6	2.3	0.0	0.0	38.7	65.2	61.9	96.6
1992	28.1	35.0	54.8	48.9	22.4	21.1	2.9	11.3	30.8	137.6	33.6	44.0
1993	94.9	176.5	225.2	148.6	55.0	5.8	0.0	11.2	72.9	92.0	74.0	136.0
1994	137.9	162.8	262.6	137.4	23.7	14.7	0.0	1.7	20.6	50.8	62.0	110.5
1995	50.0	131.9	112	47.6	22.7	12.1	7.7	1.8	19.1	68.6	72.3	121.9
1996	99.2	181.3	251.7	81.4	20.0	0.3	0.5	6.5	26.1	91.0	54.6	18.8
1997	68.5	141.5	51.7	78.4	16.5	13.1	0.0	0.9	22.6	105.5	106.4	256.4
1998	160.6	202.0	204.0	153.0	34.4	1.1	0.0	2.6	21.6	110.2	66.1	72.9
1999	115.9	308.7	114.5	56.8	77.8	44.7	6.6	1.0	88.2	32.0	71.2	95.9
2000	50.4	173.9	194.8	97.2	139.3	12.4	1.8	23.7	73.5	24.7	65.8	157.9
2001	258.3	109.3	238.5	52.9	61.7	0.4	2.9	0.0	24.6	91.8	106.5	125.0
2002	59.0	118.1	235.4	102.9	23.3	5.8	13.9	7.0	55.1	116.2	87.9	153.7
2003	46.2	110.5	119.8	87.3	23.5	19.1	3.1	10.1	16.3	67.9	111.4	93.6
2004	68.3	102.0	75.7	37.8	40.4	5.1	14.1	6.2	18.8	91.5	83.9	134.2
2005	126.9	73.1	205.8	81.3	22.1	1.0	1.4	5.6	9.2	126.3	13.9	153.5
2006	91.6	92.1	253.6	93.1	8.0	40.7	2.9	11.5	47.9	53.4	80.4	124.2
2007	190.2	34.2	246.5	127.0	50.4	0.0	6.4	6.9	22.2	142.4	153.3	109.5

2008	124.5	176.0	151.9	104.2	32.3	31.1	1.9	9.5	52.3	141.3	83.0	38.4
2009	249.5	117.0	192.8	127.9	59.5	17.9	6.9	7.8	10.8	116.2	121.5	133.8
2010	68.6	116.7	175.5	68.9	24.2	20.2	9.9	0.0	30.2	49.1	86.8	122.4
2011	122.3	108.9	150.5	171.4	4.6	0.3	10.4	1.3	33.8	27.8	59.0	146.2
2012	222.7	127.7	118.7	121.1	34.3	7.7	0.0	5.0	4.6	149.3	109.0	50.8
2013	61.3	106.9	280.5	89.0	88.2	0.4	0.7	19.9	1.9	85.1	29.9	113.5
2014	36.1	406.5	176.6	63.3	89.2	1.3	4.3	0.0	22.9	49.7	76.8	153.8
2015	223.3	92.3	239.7	70.7	141.7	0.2	3.5	0.2	2.5	23.3	124.0	60.5
2016	101.4	103.5	79.9	72.5	9.6	1.9	2.3	1.1	26.7	79.0	16.7	160.3
<b>Prom.</b>	<b>99.2</b>	<b>119.6</b>	<b>133.2</b>	<b>86.7</b>	<b>40.5</b>	<b>11.4</b>	<b>6.5</b>	<b>8.6</b>	<b>30.8</b>	<b>85.5</b>	<b>71.5</b>	<b>92.9</b>

Tabla 32:Precipitación mensual (mm) - Estación San Marcos

SAN MARCOS

PRECIPITACION TOTAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	82.3	141.5	102.1	42.4	6.6	5.7	19.6	0.4	13.6	108.6	22.3	38.8
1968	33.3	115.6	96.6	36.5	17.9	0.0	0.8	9.1	54.0	98.4	20.6	65.1
1969	37.9	111.6	85.7	83.5	0.0	14.8	0.0	1.8	30.2	68.8	136.5	106.9
1970	93.6	37.2	82.8	88.9	24.4	18.9	3.4	3.6	29.9	119.2	105.1	79.3
1971	75.2	167.1	208.9	98.8	25.3	17.2	7.2	0.8	9.2	72.0	69.3	82.5
1972	56.9	63.0	218.0	182.8	17.6	6.9	0.0	24.7	32.7	28.4	54.6	138.4
1973	169.9	78.5	136.7	213.0	35.6	23.6	5.8	5.6	45.4	108.8	64.1	100.1
1974	71.4	128.1	190.8	37.9	0.0	26.2	0.0	0.0	37.6	51.2	46.2	19.8
1975	58.3	176.0	194.5	116.3	28.5	14.1	14.1	11.4	54.1	65.7	31.1	14.8
1976	160.7	61.4	127.7	39.4	52.2	0.0	0.0	0.0	0.0	59.6	25.5	59.9
1977	160.6	96.2	118.4	38.3	7.2	1.9	3.0	2.3	40.0	42.5	79.8	69.2



1978	20.1	92.9	47.4	26.0	21.5	0.0	6.7	0.0	20.2	64.9	80.2	44.1
1979	49.9	104.2	170.3	56.0	39.4	0.0	3.8	18.4	67.4	0.0	57.1	44.3
1980	23.6	35.9	82.2	27.1	9.1	0.0	0.0	3.8	1.5	115.1	135.5	142.5
1981	76.7	209.1	155.4	33.7	37.5	16.6	0.0	10.5	12.6	73.4	150.0	91.8
1982	64.3	86.4	78.1	30.2	26.0	0.3	0.0	0.0	59.7	133.2	71.0	154.6
1983	134.2	21.5	161.6	100.7	37.9	0.0	5.6	1.9	27.8	44.2	32.6	109.0
1984	79.4	344.3	198.4	57.8	63.9	2.0	14.5	12.6	19.8	47.3	59.5	51.8
1985	46.5	30.7	115.2	17.1	19.7	0.0	1.3	12.9	18.1	34.1	32.6	86.3
1986	94.8	65.3	68.6	102.7	25.7	9.0	1.2	24.3	1.2	16.0	64.1	63.5
1987	92.9	74.0	85.1	97.8	5.6	2.7	5.2	3.8	42.5	29.1	117.5	102.4
1988	177.8	122.4	58.7	106.5	2.6	5.9	1.1	1.0	16.5	59.5	50.7	90.3
1989	112.9	126.3	112.6	116.1	9.0	2.5	2.0	1.3	40.9	110.0	41.4	1.4
1990	104.1	87.0	62.2	77.7	24.8	18.2	0.0	36.7	5.2	127.9	128.0	47.4
1991	46.1	106.9	115.5	73.0	6.0	3.4	0.0	0.0	7.5	60.4	37.0	81.2
1992	49.6	21.2	64.6	57.9	10.8	13.4	2.0	13.6	47.3	56.5	18.0	71.2
1993	86.1	164.9	204.1	113.9	10.9	0.0	0.0	0.0	27.5	88.1	108.0	105.9
1994	112.2	185.0	177.6	127.0	26.2	4.4	0.0	0.0	17.9	73.0	75.9	71.0
1995	12.2	133.7	118.8	47.7	27.1	4.8	0.9	5.2	21.9	104.1	67.3	87.4
1996	98.2	132.0	117.8	73.6	6.7	3.8	0.0	3.4	29.3	112.1	22.0	22.1
1997	70.1	107.6	55.2	63.0	10.7	15.6	0.4	0.0	37.2	76.2	124.2	176.5
1998	163.4	188.0	158.0	116.7	79.2	2.2	0.0	1.2	21.6	73.5	25.6	71.9
1999	103.6	342.3	41.9	13.1	49.7	21.8	1.1	3.0	94.0	35.0	75.3	94.6
2000	70.3	118.0	140.9	59.4	23.5	9.3	8.6	4.2	65.6	5.1	48.0	140.5
2001	268.9	103.4	245.0	19.2	71.3	0.0	0.0	0.0	17.6	110.4	99.8	108.3
2002	42.5	126.4	223.5	87.0	10.4	0.5	6.0	0.0	25.7	143.8	121.0	151.5
2003	41.9	72.9	147.5	46.7	6.2	6.7	3.0	3.5	15.3	68.1	113.1	123.0

2004	61.6	63.5	46.6	80.4	19.6	3.2	2.0	1.6	24.4	70.1	138.1	176.0
2005	98.6	92.0	148.4	86.5	2.3	0.7	0.0	6.6	35.5	133.0	28.8	175.4
2006	105.8	91.1	261.2	92.1	5.4	25.9	2.2	4.4	59.6	49.2	90.9	181.4
2007	89.8	43.7	214.3	118.9	26.5	0.0	7.7	4.0	27.3	126.1	110.3	80.6
2008	134.7	184.9	91.6	80.2	19.5	18.5	2.8	4.9	24.5	147.1	93.2	78.0
2009	188.2	129.7	136.7	147.3	46.4	2.7	1.2	0.0	6.0	99.5	130.3	99.1
2010	43.9	95.9	160.3	64.7	30.7	4.7	10.6	0.0	23.0	31.5	52.8	95.5
2011	92.7	99.1	164.7	136.4	9.7	0.0	6.1	0.0	43.7	32.1	53.6	126.2
2012	250.1	119.3	79.9	96.9	40.3	9.0	0.0	2.8	12.5	95.0	167.5	80.3
2013	61.4	68.0	283.6	79.8	65.4	0.5	13.8	26.6	9.3	118.9	37.5	120.6
2014	55.2	209.1	118.5	112.7	95.5	5.5	0.0	0.0	33.2	68.6	80.8	107.9
2015	150.2	62.4	216.3	45.1	51.6	1.1	1.2	0.1	5.5	34.5	121.2	40.2
2016	121.3	119.5	86.8	57.9	20.6	16.0	1.2	0.7	4.2	38.1	18.9	105.3
<b>Prom.</b>	<b>93.9</b>	<b>115.1</b>	<b>133.3</b>	<b>78.1</b>	<b>26.2</b>	<b>7.0</b>	<b>3.4</b>	<b>5.7</b>	<b>28.3</b>	<b>74.6</b>	<b>74.7</b>	<b>91.5</b>

Tabla 33: Precipitación mensual (mm) - Estación La Encañada

CO. LA ENCAÑADA

PRECIPITACION TOTAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	135.8	147.7	155.7	52.6	48.0	11.4	23.8	3.4	24.8	161.1	44.2	51.8
1968	63.5	91.1	95.6	41.5	39.2	0.9	1.5	12.5	66.2	116.2	44.0	85.1
1969	41.0	108.7	125.1	117.9	7.4	27.9	1.2	8.8	35.1	91.4	145.2	151.3
1970	88.3	35.8	104.7	91.0	56.3	33.9	5.6	2.1	31.9	168.4	99.6	93.2
1971	66.4	104.1	300.6	77.2	29.8	23.4	16.2	8.4	31.2	118.0	67.1	92.5
1972	50.0	55.5	209.3	172.0	36.8	9.3	1.9	17.0	45.9	53.4	85.6	105.7
1973	151.9	79.3	136.6	217.5	44.1	51.3	6.9	8.1	97.1	108.9	110.5	108.0

1974	92.3	128.9	168.5	58.6	5.4	34.8	2.2	17.7	80.7	93.3	66.0	60.4
1975	94.5	149.7	299.7	113.9	96.9	15.2	18.2	14.4	63.5	93.0	73.7	9.0
1976	153.1	98.6	127.7	60.6	87.4	15.2	0.4	2.8	7.9	68.0	59.9	85.6
1977	168.5	141.4	181.3	52.5	30.6	12.2	5.2	1.0	38.7	72.9	102.6	99.9
1978	22.0	67.3	66.0	64.2	122.5	3.8	13.0	2.1	32.0	63.1	87.0	78.0
1979	82.1	118.9	215.4	63.8	49.3	1.5	10.4	17.7	63.0	17.7	57.2	60.7
1980	38.9	33.6	130.0	40.5	25.5	9.1	1.1	5.5	3.7	223.9	190.6	116.2
1981	103.7	190.3	140.3	41.5	56.7	23.8	2.4	13.8	22.3	146.2	101.3	126.3
1982	85.4	75.6	111.2	85.6	65.8	4.2	3.8	1.8	79.6	190.0	140.8	163.0
1983	168.4	49.3	218.2	183.1	79.1	19.5	8.9	5.4	22.1	109.9	43.1	114.4
1984	45.2	275.0	191.4	107.5	110.8	18.5	21.1	14.4	26.4	123.8	117.7	87.8
1985	38.0	41.3	95.6	109.1	67.3	3.8	18.3	15.2	39.0	52.9	46.6	86.2
1986	119.6	60.0	121.7	168.8	47.0	6.8	1.9	15.5	2.9	52.7	101.1	84.0
1987	177.2	100.7	100.4	110.0	17.8	6.0	10.1	8.2	61.3	52.0	140.2	104.8
1988	172.5	114.7	74.9	165.3	14.3	9.7	0.7	0.5	34.8	92.3	98.3	81.9
1989	105.1	148.6	164.5	154.0	33.8	19.7	3.5	4.8	60.1	150.4	44.2	3.9
1990	116.6	86.7	81.9	69.6	56.4	36.1	0.7	18.3	19.1	188.6	202.5	76.7
1991	51.4	101.6	197.5	82.5	36.9	3.8	0.1	0.1	25.2	70.9	75.1	103.7
1992	52.9	30.3	89.9	71.2	31.0	29.6	3.6	11.1	54.8	118.4	40.9	61.2
1993	95.1	153.6	326.0	167.7	53.9	3.5	1.1	3.7	68.7	137.5	121.5	134.3
1994	145.8	152.4	292.9	191.4	53.6	11.3	0.0	0.5	23.0	70.3	111.1	129.8
1995	42.9	127.6	146.7	67.7	44.2	9.6	7.4	5.5	24.1	105.8	91.3	118.0
1996	103.2	148.8	234.3	93.8	23.4	3.3	0.3	7.3	31.7	132.1	72.1	32.4
1997	80.5	139.3	63.6	82.5	26.8	24.8	0.3	0.2	40.2	81.1	182.5	148.1
1998	102.1	196.0	223.3	181.7	71.5	6.2	0.5	8.4	36.3	132.7	40.4	86.6
1999	115.3	294.8	108.7	99.7	102.8	62.9	11.0	9.3	132.8	30.3	125.3	143.4

2000	46.9	155.9	184.7	106.7	89.7	18.2	0.9	20.0	88.1	4.7	50.4	117.4
2001	238.0	72.4	203.8	105.1	60.7	0.5	2.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4
2002	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	28.8	159.2	149.1	159.8
2003	33.1	80.6	145.5	93.0	37.8	38.3	0.0	9.9	41.9	93.8	124.4	85.0
2004	95.4	72.5	54.6	91.1	39.8	5.8	21.7	0.5	44.2	173.2	108.5	171.2
2005	119.6	107.1	260.8	51.2	42.0	12.4	1.2	7.0	13.4	205.5	38.2	145.4
2006	74.6	134.7	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7
2007	105.2	44.8	260.4	140.5	70.9	0.0	9.4	5.3	26.4	138.0	127.5	98.1
2008	104.1	149.0	175.9	151.5	44.0	15.2	9.2	22.6	53.7	140.9	119.7	37.7
2009	222.7	70.9	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90.0	115.3	66.6
2010	70.0	94.8	184.3	123.0	39.8	11.8	7.7	0.0	35.7	100.0	98.9	94.0
2011	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0.0	51.2	47.9	93.8	149.5
2012	166.1	101.5	108.0	108.3	59.7	10.6	0.0	7.7	1.5	169.6	153.0	56.0
2013	44.1	96.9	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0.0	157.0	51.9	94.5
2014	90.3	138.9	175.4	95.3	79.8	0.0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	135.9
2015	188.3	71.4	260.7	70.4	104.1	3.3	5.3	0.0	3.0	27.8	170.5	23.2
2016	138.7	95.2	125.2	72.3	3.2	23.1	0.8	1.9	61.7	85.1	16.2	197.1
<b>Prom.</b>	<b>108.6</b>	<b>113.9</b>	<b>187.1</b>	<b>107.0</b>	<b>57.7</b>	<b>15.0</b>	<b>6.1</b>	<b>6.8</b>	<b>40.3</b>	<b>106.0</b>	<b>101.3</b>	<b>106.7</b>

Tabla 34:Precipitación mensual (mm) - Estación Jesús

JESUS

PRECIPITACION TOTAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	118.7	133.0	112.5	31.2	24.3	7.8	14.3	2.7	14.0	102.8	26.5	46.1
1968	55.5	82.1	69.1	24.6	19.8	0.6	0.9	9.9	37.3	74.1	26.4	75.8
1969	35.9	97.9	90.4	69.9	3.7	19.1	0.7	6.9	19.8	58.3	87.1	134.6
1970	77.2	32.2	75.6	54.0	28.4	23.2	3.4	1.7	18.0	107.5	59.8	83.0

1971	58.0	93.8	217.2	45.8	15.0	16.0	9.7	6.7	17.6	75.3	40.3	82.4
1972	43.8	50.0	151.2	102.1	18.6	6.3	1.2	13.5	25.9	34.1	51.4	94.1
1973	132.8	71.4	98.7	129.0	22.3	35.1	4.2	6.4	54.8	69.5	66.3	96.1
1974	80.7	116.1	121.7	34.8	2.7	23.8	1.3	14.0	45.5	59.5	39.6	53.8
1975	82.6	134.9	216.6	67.6	49.0	10.4	10.9	11.4	35.8	59.4	44.2	8.0
1976	133.9	88.9	92.3	36.0	44.2	10.4	0.2	2.3	4.4	43.4	36.0	76.2
1977	147.3	127.4	131.0	31.1	15.5	8.4	3.1	0.8	21.8	46.5	61.6	88.9
1978	19.3	60.7	47.7	38.1	61.9	2.6	7.8	1.6	18.0	40.3	52.2	69.5
1979	71.8	107.1	155.7	37.8	24.9	1.0	6.2	14.0	35.5	11.3	34.4	54.0
1980	34.0	30.3	93.9	24.1	12.9	6.2	0.6	4.3	2.1	142.9	114.4	103.4
1981	90.7	171.4	101.3	24.6	28.6	16.2	1.4	11.0	12.6	93.3	60.8	112.4
1982	74.6	68.1	80.4	50.8	33.3	2.9	2.3	1.4	44.9	121.2	84.5	145.1
1983	147.2	44.4	157.7	108.6	40.0	13.3	5.3	4.3	12.5	70.2	25.9	101.8
1984	39.5	247.8	138.3	63.7	56.0	12.6	12.7	11.5	14.9	79.0	70.6	78.1
1985	33.2	37.2	69.1	64.7	34.0	2.6	11.0	12.1	22.0	33.8	28.0	76.7
1986	104.6	54.1	87.9	100.2	23.7	4.6	1.1	12.3	1.6	33.6	60.7	74.8
1987	154.9	90.7	72.5	65.3	9.0	4.1	6.0	6.5	34.6	33.2	84.1	93.2
1988	150.8	103.3	54.1	98.1	7.2	6.7	0.4	0.4	19.6	58.9	59.0	72.9
1989	91.9	133.8	118.9	91.3	17.1	13.4	2.1	3.8	33.9	96.0	26.6	3.5
1990	101.9	78.1	59.1	41.3	28.5	24.7	0.4	14.5	10.8	120.3	121.5	68.3
1991	44.9	91.5	142.7	48.9	18.6	2.6	0.1	0.1	14.2	45.2	45.1	92.3
1992	46.2	27.3	64.9	42.3	15.6	20.3	2.2	8.8	30.9	75.5	24.6	54.5
1993	83.1	138.4	235.6	99.5	27.3	2.4	0.7	3.0	38.7	87.8	73.0	119.6
1994	127.5	137.7	225.6	113.5	26.2	5.7	0.3	0.0	13.2	44.9	66.7	129.1
1995	37.3	114.0	70.9	57.4	20.4	3.5	5.2	8.8	7.7	74.1	56.9	89.5
1996	76.8	112.0	142.0	97.2	18.2	7.0	0.5	15.8	18.2	78.8	45.5	28.9

1997	21.3	125.1	30.9	71.2	16.0	8.2	0.6	1.2	31.3	72.4	102.2	153.9
1998	137.4	144.2	165.2	91.0	18.2	2.8	0.0	2.2	20.0	64.7	37.1	72.7
1999	97.3	252.4	93.7	57.6	47.7	25.4	2.0	7.6	75.6	23.3	65.3	77.4
2000	50.1	145.3	137.9	53.4	50.8	19.2	3.7	21.6	36.9	6.3	41.0	137.9
2001	231.5	115.0	236.8	27.5	40.3	5.4	3.7	0.3	29.9	99.0	81.9	106.8
2002	36.7	59.6	182.5	68.1	17.7	3.8	7.6	0.0	25.0	135.2	82.3	97.8
2003	46.1	62.1	104.5	36.9	13.9	21.3	3.1	8.4	7.4	62.7	95.0	64.3
2004	66.4	66.7	49.8	39.7	56.4	20.7	7.5	4.7	18.4	64.2	79.0	100.1
2005	92.2	57.1	170.2	33.0	6.0	4.7	0.3	5.4	15.0	87.1	16.2	90.9
2006	93.8	70.3	247.6	71.4	6.4	30.6	1.1	3.9	56.4	19.2	74.9	106.5
2007	83.4	20.3	209.9	112.4	18.3	0.4	7.9	7.6	10.9	116.8	86.8	73.4
2008	92.9	154.9	147.3	73.8	7.0	16.2	1.9	6.8	32.1	105.4	62.6	55.0
2009	206.8	97.6	140.4	99.5	43.2	18.6	14.1	13.9	7.9	80.4	72.9	101.1
2010	70.9	110.4	116.2	45.8	28.4	12.4	10.0	0.2	20.5	41.2	64.0	42.1
2011	80.3	65.0	138.9	113.0	6.0	0.0	6.7	0.8	35.5	34.2	43.3	139.4
2012	154.9	125.4	68.3	60.6	40.7	13.1	0.0	2.7	8.8	130.1	57.2	64.2
2013	85.2	124.2	207.5	47.6	58.5	0.4	0.0	11.6	3.2	91.8	12.0	81.0
2014	78.9	69.8	124.2	64.0	54.5	10.8	5.8	0.0	14.6	33.7	43.6	81.8
2015	167.3	59.7	190.4	38.5	72.3	0.0	2.0	0.5	14.5	19.5	97.8	58.9
2016	81.9	71.0	55.8	37.4	4.0	5.6	0.1	0.4	19.8	47.5	20.7	126.3
<b>Prom.</b>	<b>95.0</b>	<b>102.6</b>	<b>135.2</b>	<b>63.5</b>	<b>29.2</b>	<b>10.3</b>	<b>3.7</b>	<b>5.4</b>	<b>22.7</b>	<b>67.6</b>	<b>60.8</b>	<b>95.0</b>

Tabla 35: Precipitación mensual (mm) - Estación Sondor Matara

SONDOR MATARA

PRECIPITACION TOTAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	159.3	188.4	175.5	49.0	34.9	7.7	14.3	3.2	25.4	162.1	43.6	69.1
1968	74.5	116.2	107.8	38.7	28.4	0.6	0.9	11.7	68.0	116.9	43.4	113.5
1969	48.2	138.6	141.0	109.9	5.4	18.8	0.7	8.2	36.0	92.0	143.2	201.8
1970	103.6	45.6	118.0	84.8	40.9	22.8	3.4	2.0	32.8	169.5	98.2	124.4
1971	77.9	132.8	338.9	72.0	21.6	15.8	9.7	7.9	32.0	118.7	66.2	123.4
1972	58.7	70.8	235.9	160.4	26.7	6.3	1.2	15.9	47.1	53.7	84.5	141.0
1973	178.3	101.1	154.0	202.8	32.0	34.6	4.2	7.5	99.7	109.6	109.0	144.0
1974	108.3	164.4	190.0	54.6	3.9	23.5	1.3	16.5	82.9	93.9	65.1	80.6
1975	110.9	191.0	337.9	106.2	70.4	10.2	10.9	13.4	65.2	93.6	72.7	11.9
1976	179.6	125.8	144.0	56.5	63.5	10.3	0.2	2.7	8.1	68.4	59.1	114.2
1977	197.7	180.4	204.4	48.9	22.2	8.2	3.1	0.9	39.8	73.3	101.2	133.3
1978	25.9	85.9	74.4	59.9	89.0	2.5	7.8	1.9	32.8	63.5	85.8	104.1
1979	96.3	151.7	242.9	59.5	35.8	1.0	6.2	16.5	64.7	17.8	56.5	81.0
1980	45.6	42.9	146.6	37.8	18.5	6.1	0.6	5.1	3.8	225.3	188.0	155.0
1981	121.7	242.7	158.1	38.7	41.2	16.0	1.4	12.9	22.9	147.2	99.9	168.5
1982	100.2	96.5	125.4	79.8	47.8	2.8	2.3	1.7	81.7	191.2	138.9	217.4
1983	197.6	62.9	246.1	170.7	57.5	13.1	5.3	5.1	22.7	110.6	42.5	152.6
1984	53.1	350.9	215.8	100.2	80.5	12.4	12.7	13.5	27.1	124.5	116.1	117.1
1985	44.6	52.7	107.8	101.8	48.9	2.6	11.0	14.2	40.0	53.2	46.0	114.9
1986	140.4	76.6	137.2	157.4	34.1	4.6	1.1	14.5	3.0	53.0	99.7	112.1
1987	207.9	128.5	113.2	102.6	12.9	4.0	6.0	7.6	63.0	52.3	138.3	139.7
1988	202.4	146.3	84.5	154.1	10.4	6.6	0.4	0.5	35.8	92.9	97.0	109.2

1989	123.4	189.5	185.5	143.6	24.6	13.3	2.1	4.5	61.8	151.3	43.6	5.2
1990	136.8	110.6	92.3	64.9	41.0	24.4	0.4	17.1	19.6	189.8	199.7	102.3
1991	60.3	129.6	222.6	76.9	26.8	2.6	0.1	0.1	25.9	71.3	74.1	138.3
1992	62.0	38.7	101.4	66.4	22.5	20.0	2.2	10.4	56.3	119.1	40.4	81.6
1993	111.6	148.5	284.5	144.3	48.5	0.0	0.0	8.0	100.6	138.4	122.1	177.7
1994	196.5	211.8	247.8	167.1	50.2	10.7	0.0	3.4	50.7	60.8	127.3	124.7
1995	12.3	140.2	161.6	56.3	44.8	4.4	5.4	3.2	11.4	75.5	108.9	184.5
1996	158.3	162.7	210.8	103.4	27.1	11.5	0.0	21.0	14.9	116.0	39.0	11.7
1997	78.0	179.7	51.5	75.3	13.1	14.6	2.2	0.0	46.1	84.4	166.2	230.3
1998	162.8	192.6	212.9	154.8	61.6	4.0	0.0	4.5	22.7	214.2	82.0	68.7
1999	143.2	291.9	102.6	68.2	75.3	34.3	5.8	4.3	102.5	76.0	83.1	110.5
2000	53.1	202.1	283.4	145.7	103.8	16.3	0.0	14.6	80.1	14.7	63.6	182.4
2001	248.8	173.8	296.7	31.1	54.0	0.0	2.2	0.0	17.7	118.6	155.0	119.9
2002	43.8	92.3	332.9	111.4	14.1	4.2	0.0	0.0	64.1	155.4	158.8	220.7
2003	64.3	68.6	152.9	67.5	33.8	21.4	0.0	2.5	34.9	85.9	121.8	131.3
2004	67.4	52.7	77.2	72.1	49.2	20.7	13.9	2.0	42.4	146.8	144.4	164.4
2005	144.3	139.9	270.1	44.6	25.3	0.0	0.0	12.7	29.6	236.1	40.0	182.2
2006	136.8	135.9	430.2	145.8	25.7	35.4	0.0	7.0	64.0	67.8	85.5	176.3
2007	173.1	41.1	260.1	158.8	30.0	0.0	11.0	3.6	44.2	193.1	100.1	71.4
2008	133.7	224.3	154.8	149.6	28.9	25.4	4.6	19.6	65.5	166.2	110.1	61.2
2009	286.7	138.6	237.5	150.8	65.4	12.7	4.2	7.7	25.5	155.3	195.1	226.1
2010	85.5	122.5	203.8	98.9	58.0	13.6	27.6	0.0	38.5	71.1	113.6	216.5
2011	118.3	144.1	155.3	153.0	11.0	0.0	9.3	2.8	52.1	44.2	48.5	208.1
2012	250.8	176.0	65.9	98.9	35.5	1.7	0.0	11.5	3.6	108.0	188.3	59.8
2013	72.1	53.6	250.1	48.9	48.1	0.0	0.0	24.5	4.8	174.0	13.1	142.3
2014	76.2	149.2	197.9	68.3	74.2	3.4	2.0	0.0	48.1	47.1	53.9	207.5



2015	217.9	86.8	319.5	76.2	51.0	0.0	0.0	0.0	9.6	11.1	159.1	33.1
2016	167.0	151.2	129.4	55.4	1.1	11	0	0	17.1	30.1	7.8	105.7
<b>Prom.</b>	<b>127.5</b>	<b>145.3</b>	<b>211.0</b>	<b>99.8</b>	<b>41.9</b>	<b>10.1</b>	<b>3.7</b>	<b>6.4</b>	<b>41.4</b>	<b>106.6</b>	<b>100.0</b>	<b>142.4</b>

Tabla 36: Precipitación mensual (mm) - Estación La Victoria

LA VICTORIA

PRECIPITACION TOTAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	96.6	106.3	76.9	27.4	17.5	7.0	22.1	2.7	15.0	71.4	18.6	39.7
1968	45.2	65.6	47.2	21.6	14.3	0.6	1.4	9.9	40.0	51.5	18.5	65.2
1969	29.2	78.3	61.8	61.5	2.7	17.1	1.1	6.9	21.2	40.5	61.2	115.9
1970	62.9	25.7	51.7	47.4	20.5	20.8	5.2	1.7	19.3	74.7	42.0	71.4
1971	47.3	75.0	148.5	40.2	10.8	14.3	15.1	6.7	18.8	52.3	28.3	70.9
1972	35.6	40.0	103.4	89.7	13.4	5.7	1.8	13.5	27.7	23.7	36.1	81.0
1973	108.1	57.1	67.5	113.3	16.0	31.5	6.4	6.4	58.6	48.3	46.6	82.7
1974	65.7	92.8	83.2	30.5	2.0	21.3	2.0	14.0	48.7	41.4	27.8	46.3
1975	67.3	107.8	148.0	59.4	35.3	9.3	16.9	11.4	38.3	41.3	31.1	6.9
1976	109.0	71.0	63.1	31.6	31.8	9.3	0.3	2.2	4.8	30.2	25.3	65.6
1977	119.9	101.8	89.5	27.3	11.1	7.5	4.8	0.8	23.4	32.3	43.3	76.6
1978	15.7	48.5	32.6	33.5	44.6	2.3	12.1	1.6	19.3	28.0	36.7	59.8
1979	58.4	85.6	106.4	33.2	17.9	0.9	9.7	14.0	38.0	7.8	24.1	46.5
1980	27.7	24.2	64.2	21.1	9.3	5.5	1.0	4.3	2.3	99.3	80.4	89.0
1981	73.8	137.0	69.3	21.6	20.6	14.6	2.2	11.0	13.5	64.9	42.7	96.8
1982	60.8	54.5	54.9	44.6	24.0	2.6	3.5	1.4	48.0	84.3	59.4	124.9
1983	119.9	35.5	107.8	95.4	28.8	11.9	8.3	4.3	13.3	48.8	18.2	87.6
1984	32.2	198.1	94.6	56.0	40.3	11.3	19.6	11.4	16.0	54.9	49.6	67.2

1985	27.1	29.8	47.2	56.9	24.5	2.3	17.0	12.1	23.5	23.5	19.6	66.0
1986	85.1	43.2	60.1	88.0	17.1	4.1	1.8	12.3	1.7	23.4	42.6	64.4
1987	126.1	72.5	49.6	57.3	6.5	3.7	9.3	6.5	37.0	23.1	59.1	80.3
1988	122.8	82.6	37.0	86.2	5.2	6.0	0.6	0.4	21.0	40.9	41.4	62.7
1989	74.8	107.0	81.3	80.3	12.3	12.1	3.3	3.8	36.3	66.7	18.7	3.0
1990	83.0	62.4	40.4	36.3	20.5	22.2	0.7	14.5	11.5	83.6	85.3	58.8
1991	36.6	73.2	97.5	43.0	13.4	2.3	0.1	0.1	15.2	31.4	31.7	79.4
1992	37.6	21.9	44.4	37.1	11.3	18.2	3.4	8.8	33.1	52.5	17.3	46.9
1993	67.7	110.6	161.0	87.4	19.6	2.2	1.0	3.0	41.5	61.0	51.2	102.9
1994	103.8	109.7	144.7	99.8	19.5	6.9	0.0	0.4	13.9	31.2	46.8	99.4
1995	30.6	91.9	72.4	35.3	16.1	5.9	6.8	4.3	14.5	46.9	38.5	90.4
1996	59.8	94.5	115.7	54.0	21.0	2.0	0.3	12.4	10.1	74.9	29.2	38.0
1997	68.0	107.0	33.1	43.0	9.4	10.5	0.0	0.0	44.4	63.7	62.2	134.4
1998	88.2	123.1	148.5	69.1	15.5	4.5	0.0	10.4	18.8	52.6	17.0	67.3
1999	71.0	219.1	53.7	70.4	43.4	26.2	24.9	2.7	66.3	32.4	46.6	82.1
2000	38.0	102.8	109.5	85.9	40.0	12.3	6.0	14.8	38.3	0.5	27.6	99.5
2001	194.8	77.5	169.8	41.6	43.8	2.5	5.9	0.0	37.1	48.9	61.0	113.5
2002	35.6	50.8	174.6	74.1	9.7	8.9	6.8	0.0	26.0	73.3	72.6	74.5
2003	62.4	58.2	101.8	34.2	18.4	20.8	1.6	3.8	11.7	41.2	62.1	94.3
2004	30.5	66.3	54.5	41.4	22.3	3.4	9.7	7.7	16.8	46.8	63.7	138.1
2005	43.1	53.4	148.8	56.9	1.6	0.8	0.6	0.5	21.3	73.3	14.9	130.1
2006	96.5	70.9	169.3	63.3	6.3	12.7	0.7	5.1	39.1	23.2	62.5	106.2
2007	104.4	23.0	152.5	96.5	21.4	1.1	5.8	5.7	7.2	81.3	73.3	81.9
2008	77.6	121.1	86.2	68.8	16.2	11.0	1.8	12.1	35.9	80.1	44.2	47.4
2009	139.5	65.6	104.0	84.3	29.5	10.2	6.5	4.1	9.5	40.5	51.0	96.5
2010	45.6	80.8	116.5	54.6	19.0	8.5	9.6	1.5	16.3	26.1	42.8	90.8

2011	59.4	61.4	90.9	65.5	2.8	4.4	7.5	0.0	27.8	32.1	22.2	71.3
2012	84.8	102.5	0.0	0.0	29.0	6.3	0.0	2.5	10.1	36.6	52.1	66.2
2013	62.7	111.0	135.6	35.7	52.4	6.7	3.2	10.8	0.6	93.6	5.9	46.9
2014	60.7	161.4	104.3	62.2	47.4	4.3	1.9	0.8	23.3	29.9	40.9	120.2
2015	158.0	51.3	156.4	43.3	56.4	1.5	3.0	0.1	10.0	15.6	70.0	44.5
2016	86.0	75.7	69.1	44.9	8.8	8.0	2.0	0.7	15.3	36.9	10.5	102.0
<b>Prom.</b>	<b>77.3</b>	<b>82.0</b>	<b>92.4</b>	<b>55.8</b>	<b>21.0</b>	<b>9.2</b>	<b>5.7</b>	<b>5.4</b>	<b>24.3</b>	<b>47.0</b>	<b>42.7</b>	<b>81.8</b>

Tabla 37: Precipitación mensual (mm) - Estación Hacienda Jocos

HACIENDA JOCOS

PRECIPITACION TOTAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	101.8	165.1	129.9	100.6	28.2	0.9	46.3	0.0	24.9	143.8	12.1	90.1
1968	57.1	163.6	109.7	51.6	20.0	0.2	4.9	7.6	71.8	129.7	46.0	167.5
1969	40.9	124.2	192.7	222.8	0.0	32.2	0.2	7.8	20.4	118.8	171.1	173.9
1970	105.6	61.9	74.5	100.2	66.8	23.4	1.3	7.0	30.5	115.8	180.0	134.1
1971	161.5	161.8	298.5	133.8	37.8	63.1	18.6	0.5	27.0	137.5	119.0	97.4
1972	77.4	99.7	292.0	230.0	70.0	7.1	0.2	8.5	51.6	27.4	83.2	117.8
1973	208.4	104.4	160.8	294.8	31.3	20.2	9.2	0.0	31.5	18.0	47.2	131.9
1974	70.1	143.6	212.5	54.7	0.0	40.5	2.5	0.0	26.0	144.5	28.0	2.5
1975	68.5	290.0	341.5	189.0	85.0	24.0	5.5	12.0	16.0	81.0	64.0	37.0
1976	175.0	105.0	136.0	94.0	39.0	30.0	0.0	0.0	0.0	33.5	45.5	60.0
1977	165.0	180.0	215.0	72.0	10.0	10.0	0.0	6.0	15.0	36.0	106.0	111.0
1978	17.0	102.0	49.0	61.0	66.0	4.0	20.0	0.0	9.0	75.0	114.5	110.0
1979	44.5	85.5	210.0	118.0	39.0	0.0	0.0	36.5	87.5	7.0	40.0	44.0
1980	54.0	35.0	126.5	48.0	6.0	0.0	0.0	5.0	0.0	151.0	159.5	115.0

1981	104.0	177.0	109.5	78.0	54.0	24.0	10.0	9.0	0.0	141.0	150.0	173.5
1982	231.0	89.0	251.5	78.0	46.0	0.0	0.8	16.0	80.0	112.0	135.0	80.0
1983	177.0	80.0	205.1	490.0	208.8	0.8	0.0	0.0	0.0	81.0	119.0	166.4
1984	42.1	285.3	363.0	301.5	238.0	193.0	258.2	128.5	28.0	98.0	228.1	10.5
1985	32.7	35.5	56.0	0.0	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	21.0	26.2
1986	28.2	40.9	12.2	71.6	0.0	0.0	6.2	0.0	18.2	43.9	98.1	76.6
1987	164.8	104.4	94.3	143.3	16.6	9.4	32.8	14.6	40.9	43.2	136.1	95.5
1988	160.4	119.0	70.4	215.4	13.3	15.4	2.1	0.9	23.2	76.8	95.4	74.6
1989	97.8	154.1	154.6	200.6	31.4	31.0	11.5	8.6	40.1	125.1	43.0	3.6
1990	108.5	89.9	76.9	90.8	52.4	57.0	2.4	32.8	12.7	156.9	196.6	69.9
1991	47.8	105.4	185.6	107.4	34.3	6.0	0.4	0.1	16.8	59.0	72.9	94.5
1992	49.2	31.5	84.5	92.8	28.8	46.8	11.9	19.9	36.5	98.5	39.7	55.8
1993	88.4	159.3	306.4	218.6	50.1	5.5	3.6	6.7	45.8	114.4	118.0	122.4
1994	135.6	158.0	275.3	249.4	49.8	17.8	0.0	0.9	15.3	58.5	107.9	118.3
1995	39.9	132.4	137.8	88.3	41.1	15.1	24.0	9.8	16.0	88.0	88.6	107.5
1996	96.0	154.4	220.2	122.3	21.7	5.1	1.1	13.1	21.1	109.9	70.0	29.6
1997	74.9	144.4	59.7	107.4	24.9	39.1	1.0	0.4	26.8	89.3	164.9	209.7
1998	155.9	177.3	282.6	209.5	81.2	7.1	1.4	4.3	18.6	102.8	56.5	72.3
1999	115.9	315.6	102.2	83.2	101.0	73.8	33.0	3.2	80.5	34.6	105.2	97.6
2000	61.4	162.4	208.3	140.9	102.2	31.7	20.9	20.6	59.6	15.0	74.1	159.4
2001	263.6	111.6	323.1	79.3	105.2	2.1	18.1	0.0	23.4	96.0	140.6	122.5
2002	46.5	106.1	265.7	160.3	31.4	11.6	37.5	4.9	28.7	137.4	144.7	145.7
2003	51.9	85.8	167.3	103.7	33.3	38.7	11.0	12.4	14.2	71.0	133.5	112.2
2004	60.3	96.0	81.1	98.9	57.0	8.8	33.3	18.2	19.1	87.7	146.6	164.3
2005	113.7	77.0	221.4	132.4	15.7	5.1	2.1	9.1	23.5	137.6	34.4	154.8
2006	103.6	102.1	322.1	158.4	11.9	76.6	9.2	11.5	43.2	43.5	107.8	144.0

2007	136.4	33.2	290.2	215.9	58.0	1.1	33.2	9.2	18.7	152.4	168.8	97.4
2008	123.9	174.4	163.9	172.1	41.4	54.8	9.9	13.6	33.7	150.2	115.9	56.4
2009	227.3	112.7	198.0	210.7	83.6	29.8	22.8	5.5	8.7	114.6	169.1	114.9
2010	59.6	116.3	221.6	136.5	50.9	26.2	33.6	0.6	25.0	48.9	89.9	108.1
2011	106.6	99.0	198.7	243.6	18.8	0.5	31.5	0.6	38.2	36.5	63.1	144.6
2012	229.4	136.6	148.0	172.9	74.0	16.1	0.0	5.6	11.2	126.4	185.3	72.1
2013	68.4	97.6	350.6	146.2	123.5	6.9	33.9	32.8	4.6	126.2	38.9	105.5
2014	63.5	232.5	198.5	155.5	120.9	11.1	6.6	1.9	25.7	56.1	94.1	143.1
2015	206.4	73.9	297.6	108.3	143.9	3.8	10.7	0.2	11.1	29.2	161.2	53.0
2016	112.4	109.0	131.5	112.1	22.6	20.7	6.9	1.6	16.9	69.3	24.2	121.4
<b>Prom.</b>	<b>101.0</b>	<b>118.1</b>	<b>175.8</b>	<b>139.5</b>	<b>53.6</b>	<b>23.7</b>	<b>19.9</b>	<b>12.2</b>	<b>26.9</b>	<b>88.2</b>	<b>98.4</b>	<b>97.3</b>

Tabla 38:Precipitación mensual (mm) - Estación Celendín

CELENDIN

PRECIPITACION TOTAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1967	141.3	159.8	170.5	48.9	37.9	8.5	31.7	2.7	20.6	180.0	49.6	57.2
1968	66.1	98.6	104.8	38.6	31.0	0.7	2.1	9.9	55.1	129.8	49.4	94.0
1969	42.7	117.6	137.0	109.6	5.9	20.8	1.6	6.9	29.2	102.2	163.0	167.0
1970	91.9	38.7	114.7	84.6	44.5	25.2	7.5	1.7	26.6	188.2	111.8	103.0
1971	69.1	112.7	329.3	71.8	23.5	17.4	21.7	6.7	26.0	131.8	75.4	102.2
1972	52.1	60.1	229.2	159.9	29.1	6.9	2.6	13.5	38.2	59.7	96.2	116.7
1973	158.1	85.8	149.7	202.2	34.9	38.2	9.2	6.4	80.9	121.7	124.0	119.2
1974	96.1	139.5	184.6	54.5	4.3	25.9	2.9	14.0	67.2	104.3	74.1	66.7
1975	98.4	162.1	328.3	105.9	76.6	11.3	24.3	11.4	52.9	103.9	82.8	9.9
1976	159.4	106.7	139.9	56.4	69.1	11.3	0.5	2.2	6.6	76.0	67.3	94.5

1977	175.4	153.0	198.6	48.8	24.2	9.1	6.9	0.8	32.3	81.4	115.2	110.3
1978	22.9	72.9	72.3	59.7	96.9	2.8	17.4	1.6	26.6	70.5	97.7	86.2
1979	85.5	128.7	236.0	59.3	39.0	1.1	13.9	14.0	52.5	19.8	64.3	67.0
1980	40.4	36.4	142.4	37.7	20.1	6.7	1.4	4.3	3.1	250.2	214.0	128.3
1981	108.0	205.9	153.6	38.5	44.8	17.7	3.2	10.9	18.6	163.4	113.7	139.5
1982	88.9	81.8	121.9	79.5	52.0	3.1	5.0	1.4	66.3	212.3	158.1	180.0
1983	175.3	53.3	239.1	170.2	62.5	14.5	11.9	4.3	18.4	122.8	48.4	126.3
1984	47.1	297.7	209.7	99.9	87.6	13.8	28.2	11.4	22.0	138.3	132.1	96.9
1985	39.6	44.7	104.7	101.5	53.2	2.8	24.4	12.1	32.5	59.1	52.3	95.2
1986	124.5	65.0	133.3	157.0	37.1	5.0	2.5	12.3	2.4	58.9	113.5	92.8
1987	184.4	109.0	110.0	102.3	14.1	4.5	13.4	6.5	51.1	58.1	157.4	115.7
1988	179.5	124.1	82.1	153.7	11.3	7.3	0.9	0.4	29.0	103.1	110.4	90.4
1989	109.4	160.8	180.2	143.2	26.7	14.7	4.7	3.8	50.1	168.0	49.7	4.3
1990	121.4	93.8	89.7	64.7	44.6	26.9	1.0	14.5	15.9	210.7	227.3	84.7
1991	53.5	110.0	216.3	76.7	29.1	2.8	0.2	0.1	21.0	79.2	84.3	114.5
1992	55.0	32.8	98.5	66.2	24.5	22.1	4.9	8.8	45.6	132.3	46.0	67.6
1993	99.0	166.2	357.2	155.9	42.6	2.6	1.5	2.9	57.2	153.7	136.5	148.3
1994	151.8	164.9	320.9	177.9	42.4	8.4	0.0	0.4	19.2	78.6	124.7	143.3
1995	44.7	138.1	160.7	63.0	34.9	7.2	9.8	4.3	20.0	118.2	102.5	130.3
1996	107.4	161.1	256.6	74.5	28.0	0.0	0.5	0.0	24.4	176.3	62.6	17.2
1997	51.9	109.2	74.2	168.1	15.9	11.2	0.0	0.0	33.5	89.2	119.4	154.1
1998	74.4	156.1	242.4	169.5	49.3	0.0	0.7	0.0	18.3	174.3	91.8	44.8
1999	177.5	319.1	100.4	13.0	54.1	49.2	5.8	6.6	107.8	53.6	130.2	241.9
2000	107.7	224.0	220.6	112.4	45.0	54.8	1.9	9.8	60.7	5.7	53.4	160.4
2001	249.5	134.9	445.0	50.6	39.6	1.3	5.4	0.0	32.2	104.3	162.2	97.0
2002	57.9	90.5	289.1	172.6	27.9	1.9	29.3	0.0	2.0	208.6	122.0	151.8

2003	48.7	71.1	158.6	92.7	27.3	21.2	1.7	0.9	39.5	80.9	95.8	116.4
2004	51.3	63.5	101.7	106.6	32.9	0.0	20.5	2.5	50.3	94.4	225.4	143.2
2005	79.3	103.4	236.5	69.3	16.5	0.0	0.0	0.0	39.0	250.3	26.6	166.7
2006	98.5	136.1	349.8	62.4	3.4	11.8	9.1	3.9	66.3	118.3	123.1	144.6
2007	91.6	17.6	275.8	122.2	27.6	3.0	6.0	9.9	20.0	215.3	152.9	123.2
2008	98.5	180.2	98.8	98.7	48.5	28.0	11.0	21.0	21.0	132.0	142.5	38.8
2009	212.1	75.9	223.5	150.9	71.4	5.8	6.1	0.0	38.2	98.7	139.5	116.0
2010	84.7	200.4	176.3	61.8	69.9	2.8	18.7	3.9	39.0	60.4	123.0	135.1
2011	119.3	103.3	231.6	173.8	16.0	1.3	17.7	4.8	40.5	95.3	113.5	173.6
2012	217.7	115.6	127.2	100.0	42.7	3.4	0.0	1.7	0.3	142.0	208.1	79.7
2013	76.6	58.9	167.1	66.7	63.0	21.1	16.5	33.2	4.7	162.9	24.3	129.4
2014	78.1	136.7	166.6	84.0	126.8	1.3	0.3	4.4	33.2	70.0	62.2	79.2
2015	179.2	25.2	235.6	114.8	77.3	5.5	3.1	0.1	0.6	35.7	96.9	44.3
2016	125.7	113.7	153.3	80.0	19.2	9.8	2.8	0.7	21.1	93.1	28.0	147.0
<b>Prom.</b>	<b>113.1</b>	<b>123.2</b>	<b>205.0</b>	<b>99.5</b>	<b>45.6</b>	<b>11.2</b>	<b>8.1</b>	<b>5.4</b>	<b>33.6</b>	<b>118.4</b>	<b>113.8</b>	<b>117.9</b>

- Las estaciones base son: Augusto Weberbauer, Namora y San Marcos.
- Para la completación de datos faltantes, se utilizó el método de regresión normalizada.

## a.2. Análisis de Consistencia.

Tabla 39: Datos acumulados de las Estaciones Índice

	AUGUSTO WEBERBAUER	NAMORA	SAN MARCOS	INDICE	INDICE
AÑO	ACUMULADOS	ACUMULADOS	ACUMULADOS	PROMEDIO	P. ACUM.
1967	670.8	735.3	583.9	663.3	663.3
1968	509	449.2	547.9	502.0	1165.4

1969	661.72	617.7	677.7	652.4	1817.7
1970	533.3	554.2	686.3	591.3	2409.0
1971	771.8	477.2	833.5	694.2	3103.2
1972	536.7	517.7	824.0	626.1	3729.3
1973	738.8	783.7	987.1	836.5	4565.9
1974	646.7	613.0	609.2	623.0	5188.8
1975	817.5	716.8	778.9	771.1	5959.9
1976	540.11	622.9	586.4	583.1	6543.0
1977	694.4	750.5	659.4	701.4	7244.5
1978	358.8	603.8	424.0	462.2	7706.7
1979	534.7	597.5	610.8	581.0	8287.7
1980	553.9	667.9	576.3	599.4	8887.0
1981	736.1	647.5	867.3	750.3	9637.3
1982	717.1	820.5	703.8	747.1	10384.5
1983	756.9	839.9	677.0	757.9	11142.4
1984	905.8	766.5	951.3	874.5	12016.9
1985	374.1	609.5	414.5	466.0	12483.0
1986	544.6	684.5	536.4	588.5	13071.5
1987	533.5	902.5	658.6	698.2	13769.7
1988	602.9	705.9	693.0	667.3	14436.9
1989	699.2	664.7	676.4	680.1	15117.0
1990	607.1	805.7	719.2	710.7	15827.7
1991	507.4	655.4	537.0	566.6	16394.3
1992	423.1	470.5	426.1	439.9	16834.2
1993	872.6	1092.1	909.4	958.0	17792.2
1994	825.4	984.7	870.2	893.4	18685.6



1995	514.9	667.7	631.1	604.6	19290.2
1996	583.5	831.4	621.0	678.6	19968.8
1997	643.7	861.5	736.7	747.3	20716.1
1998	765.2	1028.5	901.3	898.3	21614.5
1999	820.7	1013.3	875.4	903.1	22517.6
2000	716.8	1015.4	693.4	808.5	23326.1
2001	908.6	1071.9	1043.9	1008.1	24334.3
2002	634.1	978.3	938.3	850.2	25184.5
2003	528.9	708.8	647.9	628.5	25813.0
2004	625.9	678.0	687.1	663.7	26476.7
2005	586.3	820.1	807.8	738.1	27214.8
2006	689.6	899.4	969.2	852.7	28067.5
2007	751.2	1089.0	849.2	896.5	28964.0
2008	720.7	946.4	879.9	849.0	29813.0
2009	794.8	1161.6	987.1	981.2	30794.1
2010	644.5	772.5	613.6	676.9	31471.0
2011	615.2	836.5	764.3	738.7	32209.7
2012	823.9	950.9	953.6	909.5	33119.1
2013	717.9	877.3	885.4	826.9	33946.0
2014	618.3	1080.5	887.0	861.9	34807.9
2015	772.3	981.9	729.4	827.9	35635.8
2016	521.8	654.8	590.5	589.0	36224.8

Tabla 40: Datos acumulados La encañada, Jesús y Sondor Matara

LA ENCAÑADA	LA ENCAÑADA	JESUS	JESUS	SONDOR MATARA	SONDOR MATARA
$\Sigma$	ACUMULADOS	$\Sigma$	ACUMULADOS	$\Sigma$	ACUMULADOS
860.1	860.1	633.8	633.8	932.5	932.5
657.3	1517.4	476.2	1110.0	720.7	1653.1
860.9	2378.2	624.5	1734.5	943.8	2596.9
810.7	3188.9	563.9	2298.4	846.0	3443.0
935.0	4123.9	677.8	2976.2	1017.1	4460.0
842.6	4966.5	592.1	3568.3	902.4	5362.4
1120.1	6086.6	786.5	4354.9	1176.8	6539.2
808.7	6895.3	593.6	4948.5	885.0	7424.2
1041.8	7937.1	730.8	5679.2	1094.6	8518.7
767.2	8704.3	568.0	6247.2	832.4	9351.1
906.7	9611.1	683.4	6930.6	1013.5	10364.6
621.1	10232.2	419.7	7350.3	633.6	10998.2
757.6	10989.8	553.8	7904.1	829.9	11828.1
818.5	11808.4	569.1	8473.2	875.4	12703.5
968.5	12776.9	724.4	9197.6	1071.2	13774.7
1006.7	13783.6	709.5	9907.1	1085.7	14860.4
1021.4	14805.0	731.1	10638.2	1086.6	15947.0
1139.6	15944.6	824.8	11463.0	1223.9	17170.9
613.3	16557.9	424.4	11887.4	637.7	17808.7
782.0	17339.9	559.3	12446.7	833.7	18642.3
888.5	18228.4	654.2	13100.9	976.1	19618.4

859.9	19088.3	631.4	13732.3	940.0	20558.3
892.7	19980.9	632.4	14364.6	948.3	21506.7
953.2	20934.1	669.6	15034.2	998.9	22505.6
748.6	21682.7	546.2	15580.4	828.5	23334.1
595.0	22277.7	413.1	15993.5	620.9	23955.0
1266.8	23544.4	908.9	16902.4	1284.2	25239.2
1182.1	24726.5	890.4	17792.8	1251.0	26490.2
790.7	25517.2	545.7	18338.5	808.5	27298.7
882.8	26400.0	640.9	18979.4	876.4	28175.1
869.9	27269.9	634.3	19613.7	941.4	29116.5
1085.7	28355.6	755.5	20369.2	1180.8	30297.3
1236.3	29591.9	825.3	21194.5	1097.7	31395.0
883.6	30475.5	704.1	21898.6	1159.8	32554.8
1032.4	31507.9	978.1	22876.7	1217.8	33772.6
1020.1	32528.0	716.3	23593.0	1197.7	34970.3
783.3	33311.3	525.7	24118.7	784.9	35755.2
878.5	34189.8	573.6	24692.3	853.2	36608.4
1003.8	35193.6	578.1	25270.4	1124.8	37733.2
1024.0	36217.6	782.1	26052.5	1310.4	39043.6
1026.5	37244.1	748.1	26800.6	1086.5	40130.1
1023.5	38267.6	755.9	27556.5	1143.9	41274.0
1017.8	39285.4	896.4	28452.9	1505.6	42779.6
860.0	40145.4	562.1	29015.0	1049.6	43829.2
845.2	40990.6	663.1	29678.1	946.7	44775.9
942.0	41932.6	726.0	30404.1	1000.0	45775.8
814.6	42747.2	723.0	31127.1	831.5	46607.3

952.6	43699.8	581.7	31708.8	927.8	47535.1
928.0	44627.8	721.4	32430.2	964.3	48499.4
820.5	45448.3	470.5	32900.7	675.8	49175.2

Tabla 41: Datos Acumulados de La Victoria, Hacienda Jocos y Celendín

LA VICTORIA	LA VICTORIA	HACIENDA JOCOS	HACIENDA JOCOS	CELENDIN	CELENDIN
$\Sigma$	ACUMULADOS	$\Sigma$	ACUMULADOS	$\Sigma$	ACUMULADOS
501.2	501.2	843.7	843.7	908.9	908.9
381.1	882.3	829.7	1673.4	679.9	1588.8
497.4	1379.7	1105.0	2778.4	903.5	2492.3
443.3	1823.0	901.1	3679.5	838.3	3330.6
528.3	2351.2	1256.5	4936.0	987.5	4318.2
471.5	2822.8	1064.9	6000.9	864.3	5182.4
642.6	3465.4	1057.7	7058.6	1130.3	6312.8
475.8	3941.2	724.9	7783.5	834.0	7146.7
573.0	4514.2	1213.5	8997.0	1067.8	8214.5
444.2	4958.4	718.0	9715.0	789.9	9004.4
538.4	5496.8	926.0	10641.0	956.0	9960.4
334.7	5831.5	627.5	11268.5	627.6	10588.0
442.7	6274.2	712.0	11980.5	780.9	11368.8
428.3	6702.6	700.0	12680.5	885.2	12254.1
567.9	7270.5	1030.0	13710.5	1017.9	13272.0
562.8	7833.3	1119.3	14829.8	1050.4	14322.5
579.8	8413.1	1528.1	16357.9	1047.1	15369.5

651.3	9064.3	2174.1	18532.0	1184.7	16554.2
349.5	9413.8	222.3	18754.3	622.0	17176.2
443.9	9857.7	395.9	19150.2	804.3	17980.6
531.0	10388.7	896.1	20046.3	926.3	18906.8
506.8	10895.5	867.0	20913.3	892.2	19799.0
499.5	11395.0	901.4	21814.7	915.6	20714.6
519.3	11914.3	946.7	22761.4	995.2	21709.9
423.9	12338.2	730.2	23491.6	787.6	22497.5
332.4	12670.6	595.8	24087.4	604.2	23101.7
709.2	13379.7	1239.3	25326.7	1323.7	24425.4
676.1	14055.9	1186.9	26513.6	1232.5	25657.9
453.7	14509.6	788.6	27302.3	833.7	26491.6
511.9	15021.5	864.5	28166.8	908.6	27400.2
575.7	15597.2	942.6	29109.3	826.7	28226.9
615.0	16212.2	1169.5	30278.8	1021.6	29248.5
738.8	16951.0	1145.8	31424.7	1259.2	30507.7
575.2	17526.1	1056.5	32481.1	1056.4	31564.1
796.5	18322.6	1285.5	33766.6	1322.0	32886.1
606.8	18929.4	1120.6	34887.2	1153.6	34039.7
510.5	19439.9	834.9	35722.1	754.8	34794.5
501.2	19941.1	871.4	36593.5	892.3	35686.8
545.5	20486.6	926.8	37520.3	987.6	36674.4
655.8	21142.4	1133.8	38654.0	1127.3	37801.7
654.1	21796.5	1214.6	39868.6	1065.1	38866.8
602.3	22398.8	1110.2	40978.8	919.0	39785.8
641.2	23040.0	1297.7	42276.5	1138.1	40923.9

512.0	23552.1	917.3	43193.8	976.0	41899.9
445.3	23997.4	981.8	44175.5	1090.7	42990.7
390.1	24387.4	1177.7	45353.2	1038.4	44029.1
565.1	24952.5	1135.0	46488.3	824.4	44853.5
657.4	25610.0	1109.6	47597.8	842.8	45696.3
610.1	26220.0	1099.3	48697.1	818.3	46514.6
459.9	26680.0	748.5	49445.6	794.5	47309.0

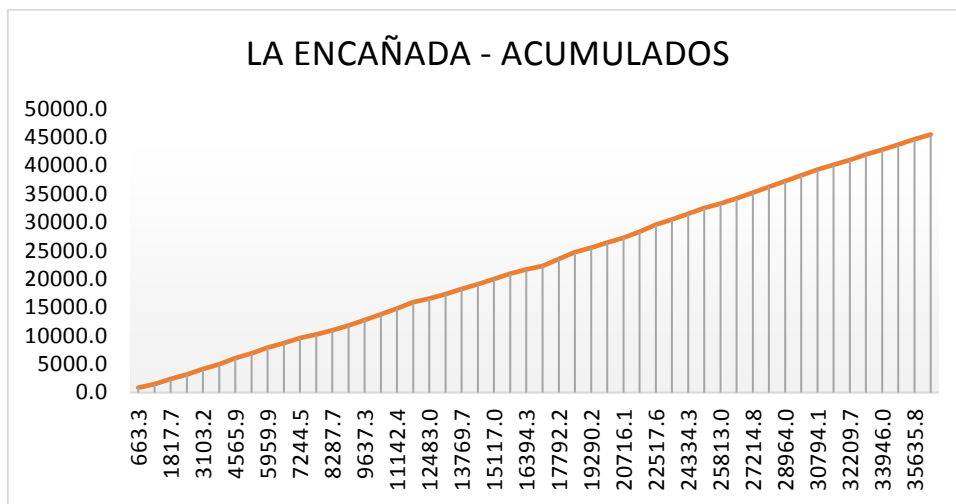


Figura 36: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación La Encañada

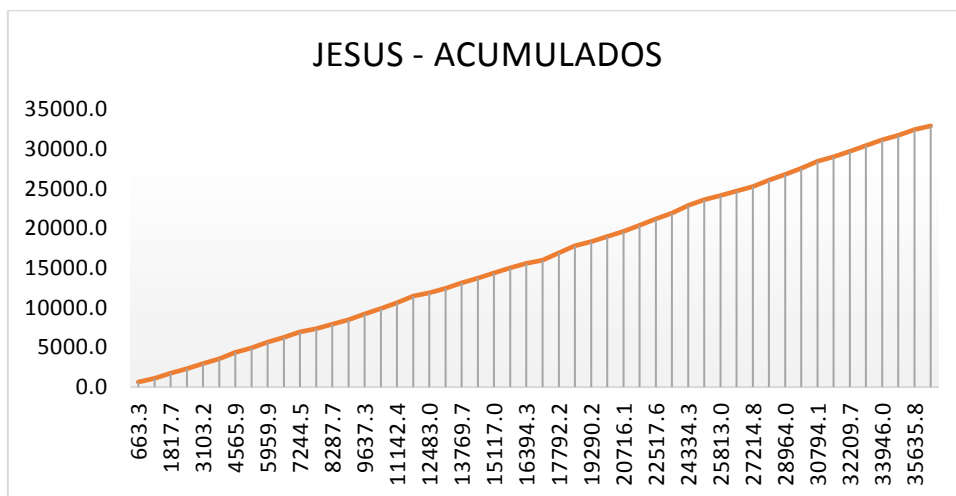


Figura 37: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación Jesús

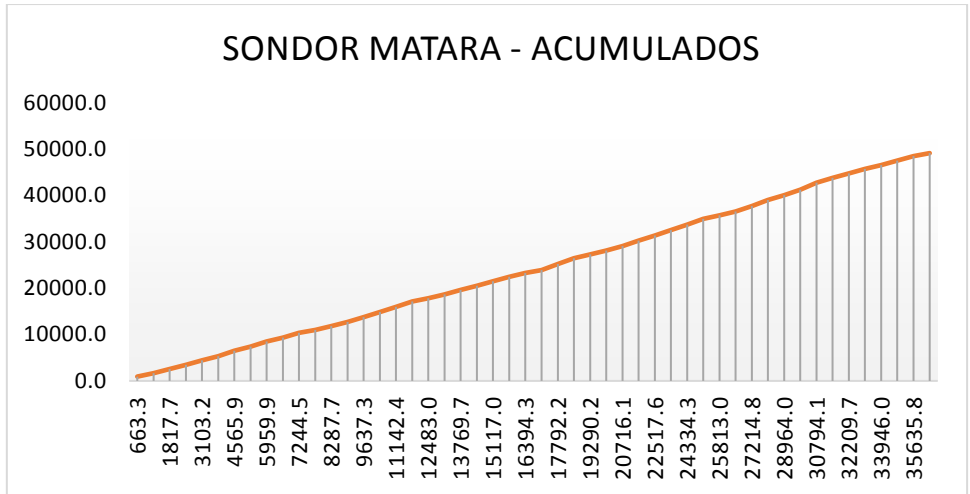


Figura 38: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación Sondor Matara



Figura 39: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación La Victoria

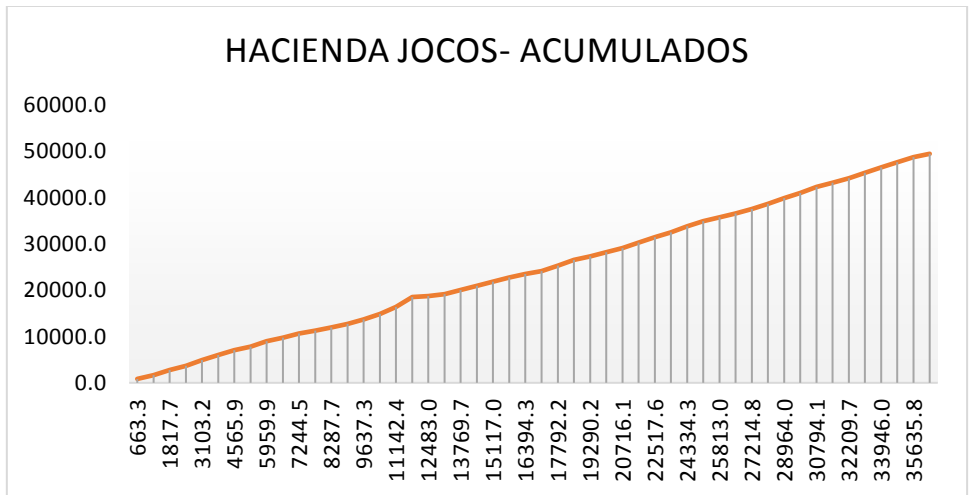


Figura 40: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación Hacienda Jocos

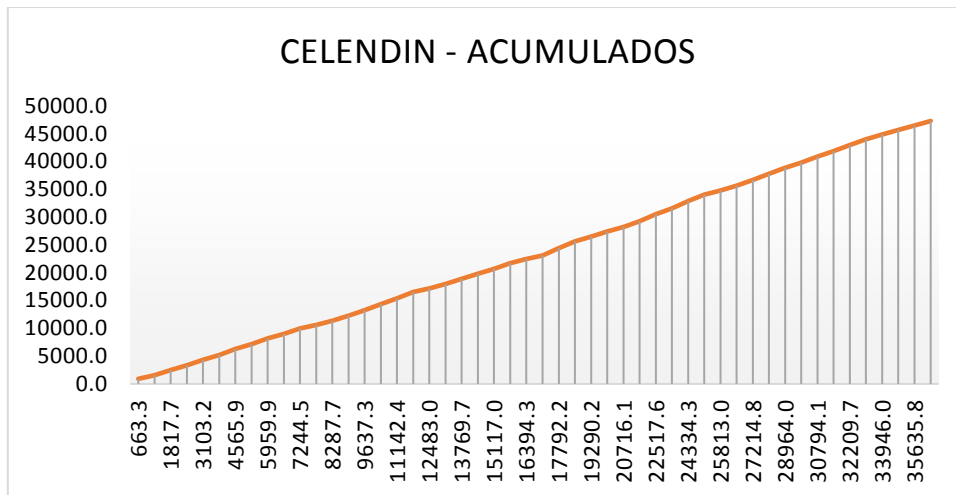


Figura 41: Gráfica de Análisis de Doble Masa de la Estación Celendín

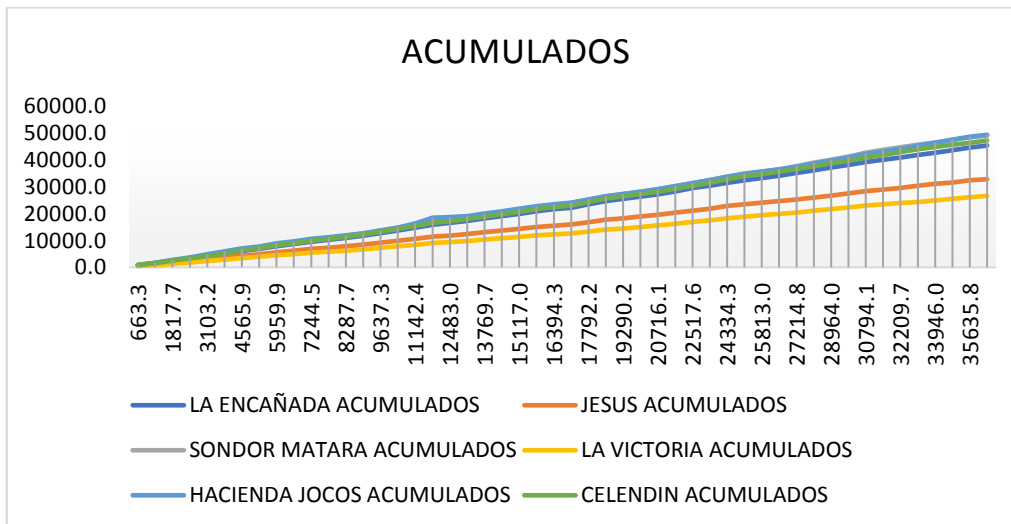


Figura 42: Gráfica de Análisis de Doble Masa de las Estaciones no índice

El análisis de consistencia y análisis de Doble Masa, se obtienen líneas uniformes, por lo tanto, no se necesita corrección.

### a.3. Estructuras de Riego en la Cuenca del Río Namora.

Tabla 42: Registro de Estructuras de Riego en la Cuenca Namora

<b>ESTRUCTURAS DE RIEGO DE LA CUENCA NAMORA</b>	<b>LITROS/SEG</b>	<b>M3/SEG</b>
RIO SECO LA TOMA	7.100	0.007



EL BALCONCILLO	14.000	0.014
HUAMANCAGA	0.570	0.001
EUSEBIO CULQUI ORDOÑEZ	0.570	0.001
GREGORIO	0.570	0.001
MORENO	0.570	0.001
ANTONIA AGUILAR	0.570	0.001
GREGORIO	0.570	0.001
LUCAS	0.570	0.001
NELSO BRINGAS	0.570	0.001
LUICHO	20.000	0.020
LA PACCHA SAN MARTIN	20.000	0.020
COTEZ I	12.000	0.012
GUTIERREZ I	20.000	0.020
CORTEZ II	8.000	0.008
GUTIERREZ II	20.000	0.020
SANCHEZ	8.000	0.008
EL SAUCE	14.000	0.014
EL PUENTE - EL SAUCE	29.600	0.030
EL TINGO	30.000	0.030
LA LUCMA	18.500	0.019
EL SAUCO Y ARAVISCO	0.600	0.001
EL SAUCO I	0.600	0.001
EL HUALANGO	41.800	0.042
TOMBAYO POTRERILLO	56.280	0.056

EL ALISO	5.000	0.005
SAN JESUS	10.370	0.010
HUACALOMA	3.500	0.004
MANTILLA	3.500	0.004
RAMON VERA	4.000	0.004
FAUSTINO CAHUANGO	4.000	0.004
JESUS GOICOCHEA	4.000	0.004
JULIO ESTACIO	4.000	0.004
SAN PEDRO SANLUIS	8.000	0.008
EL ROMERAL	15.000	0.015
TAMBOMAYO AMAPOLA MUYOC	31.000	0.031
CUEVA LAS MANZANAS	30.410	0.030
LA PEÑA	26.250	0.026
SANTA ISABEL	5.000	0.005
ROSAMAYO	9.000	0.009
LOS TUYOS	4.000	0.004
IRMA VASQUEZ	45.000	0.045
ESPINA AMARILLA	45.000	0.045
ESPINA AMARILLA	45.000	0.045
PEÑA CONDOHUACHANAA	30.000	0.030
VALERIO CULQUI RONCAL	3.400	0.003
EL SURO	3.400	0.003
LOS CRISTALES	12.000	0.012
EL MANGLE EL GENTIL RIO LAS QUINUAS	45.490	0.045

DANIEL DURAN	12.000	0.012
<b>TOTAL</b>	<b>733.360</b>	<b>0.733</b>
	<b>LITROS/SEG</b>	<b>M3/SEG</b>

Caudal de estructuras de Riego 0.733 m<sup>3</sup>/seg, dato que fue agregado al caudal de aforo realizado para comparación con los caudales generados.

#### a.4. Fotografías de laderas.



Figura 43: Laderas 30m aprox. aguas arriba del puente Namora (795854.15 m E, 9202985.19 m S)



Figura 44: Laderas 1.7 km aprox. aguas abajo del puente Namora (796406.39 m E, 9201646.73 m S)



Figura 45: Laderas 1.7 km aprox. aguas abajo del puente Namora (796417.80 m E,9201630.47 m S)



Figura 46: Laderas aguas arriba del puente del Río Namora 1.



Figura 47: Laderas aguas arriba del puente del Río Namora 2.



Figura 48: Laderas aguas arriba del puente del Río Namora 3.



Figura 49: Laderas aguas arriba del puente del Río Namora 4.



Figura 50: Laderas tomadas desde el punto emisor 1.





Figura: Laderas tomadas desde el punto emisor 2.



Figura 51: Laderas tomadas desde el punto emisor 3.

#### a.5. Geología

La información geológica obtenida de la página oficial del Gobierno Regional de Cajamarca - Mapoteca y procesada en ArcGIS, se tiene la siguiente data de las Formaciones Geológicas: Era, Tipo Roca, Litología y Área Ha.

Tabla 43: Formaciones Geológicas.

Nº	COD	FORM. GEOLÓGICA	ERA	TIPO ROCA	LITOLOGIA	AREA Ha
0	Ki-ca	Formación Carhuaz	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	41.1
1	Ki-ca	Formación Carhuaz	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	67.4

2	Ki-ca	Formación Carhuaz	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	214
3	Ki-ca	Formación Carhuaz	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	162.4
4	Ki-ca	Formación Carhuaz	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	1148.5
5	Ki-ca	Formación Carhuaz	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	291.1
6	Ki-ca	Formación Carhuaz	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	618.5
7	Ki-ca	Formación Carhuaz	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	101.9
8	Ki-chim	Formación Chimú	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	8113.1
9	Ki-chim	Formación Chimú	Mesozoico	Sedimentaria	Areniscas, lutitas	41.2
10	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	965.1
11	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	870
12	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	1873.8
13	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	1274.9
14	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	60.8
15	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	330.7
16	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	88.7
17	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	765.8
18	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	125.8
19	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	329.8
20	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	44.4
21	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	2399.3
22	Ki-f	Formación Farrat	Mesozoico	Sedimentaria	Cuarcitas, areniscas	239.1
23	Ki-f	Formación Farrat	Mesozoico	Sedimentaria	Cuarcitas, areniscas	204.2
24	Ki-f	Formación Farrat	Mesozoico	Sedimentaria	Cuarcitas, areniscas	5208.1
25	Ki-f	Formación Farrat	Mesozoico	Sedimentaria	Cuarcitas, areniscas	1298.9
26	Ki-f	Formación Farrat	Mesozoico	Sedimentaria	Cuarcitas, areniscas	465.6
27	Ki-f	Formación Farrat	Mesozoico	Sedimentaria	Cuarcitas, areniscas	1590.4
28	Ki-f	Formación Farrat	Mesozoico	Sedimentaria	Cuarcitas, areniscas	3692.7
29	Ki-f	Formación Farrat	Mesozoico	Sedimentaria	Cuarcitas, areniscas	1522
30	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	405

31	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	30.2
32	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	84.8
33	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	342.1
34	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	312.8
35	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	78.6
36	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	40.5
37	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	142.4
38	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	797.8
39	Ki-in	Formación Inca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	708.8
40	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	1184.8
41	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	521.7
42	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	54.6
43	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	271.2
44	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	110.7
45	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	580.7
46	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	441.4
47	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	133.5
48	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	139.1
49	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	1469.6
50	Ki-sa	Formación Santa	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	1065.7
51	Ki-sa	Formación Santa	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	66.1
52	Ki-sa	Formación Santa	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	57
53	Ki-sa	Formación Santa	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	451.3
54	Ki-sa	Formación Santa	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	367.6



55	Ki-sa	Formación Santa	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	189.6
56	Ks-ca	Formación Cajamarca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, margas	348.7
57	Ks-ca	Formación Cajamarca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, margas	703.4
58	Ks-ca	Formación Cajamarca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, margas	1079.1
59	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	79.4
60	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	77.1
61	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	213.7
62	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	1138.1
63	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	199.7
64	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	1573.7
65	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	246.3
66	Ks-yu	Formación Yumagual	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	1368.7
67	Ks-yu	Formación Yumagual	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	144.3
68	Ks-yu	Formación Yumagual	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	191.2
69	Ks-yu	Formación Yumagual	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	2718.4
70	Ks-yu	Formación Yumagual	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	191.6
71	Np-co	Formación Condebamba	Cenoicoico	Sedimentaria	Arcillas, areniscas, conglomerados	361.3
72	Pe-an	Andesitas	Cenoicoico	Volcánica	Andesita	204.4
73	Pe-da	Dacitas	Cenoicoico	Volcánica	Dacita	623
74	Pe-da	Dacitas	Cenoicoico	Volcánica	Dacita	240.6
75	Pe-da	Dacitas	Cenoicoico	Volcánica	Dacita	148.3
76	Qp-gl	Depósitos Glaciares	Cenoicoico	Sedimentaria	Bloques y gravas angulosas consolidadas	141
77	Qp-la	Depósitos Lacustres	Cenoicoico	Sedimentaria	Limos, arenas	1090.7
78	Qp-la	Depósitos Lacustres	Cenoicoico	Sedimentaria	Limos, arenas	1116.2
79	Qp-la	Depósitos Lacustres	Cenoicoico	Sedimentaria	Limos, arenas	1320.2
80	Ki-f	Formación Farrat	Mesozoico	Sedimentaria	Cuarcitas, areniscas	5923.6
81	Qh-al	Depósitos Aluviales	Cenoicoico	Sedimentaria	Arenas, gravas, arcillas	463.2
82	Lag	Cuerpo de agua				18.7
83	Lag	Cuerpo de agua				44.8
84	AU	Casco urbano				44.9
85	AU	Casco urbano				21.1
86	AU	Casco urbano				35.7
87	Qp-fa	Depósitos Fluvioaluviales	Cenoicoico	Sedimentaria	Gravas, arenas, arcillas, limos	754.6
88	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	1841.8

89	Ki-chu	Formación Chulec	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	31688.9
90	Ki-pa	Formación Pariatambo	Mesozoico	Sedimentaria	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	812.3
91	Ks-ca	Formación Cajamarca	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, margas	1934.4
92	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	1688.4
93	Qh-al	Depósitos Aluviales	Cenozoico	Sedimentaria	Arenas, gravas, arcillas	1082.6
94	Qh-al	Depósitos Aluviales	Cenozoico	Sedimentaria	Arenas, gravas, arcillas	2746.7
95	Ks-yu	Formación Yumagual	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, lutitas, margas	24824.9

#### a.6. Aforos In Situ.

Se realizaron 3 aforos en los meses de marzo, abril y mayo del 2018, estos se realizaron a 30 metros del punto emisor (confluencia entre los Ríos Namora y Cajamarquino) por tener una sección más uniforme.

Tabla 44: Tabla resumen Caudales Aforados

Resumen	
Mes (2018)	Caudal Aforado (m <sup>3</sup> /seg)
Marzo	11.442
Abril	8.824
Mayo	6.154



Foto 1: Aforo a 30 metros del Punto Emisor 1.



Foto 2: Aforo a 30 metros del Punto Emisor 2.

#### a.7. Planilla de registro de precipitaciones agrupadas en periodos

Tabla 45: Formato de precipitaciones promedio agrupadas en periodos de 5 años

**MAP. AUGUSTO WEBERBAUER**

#### **PRECIPITACION TOTAL**

Periodo	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1967	120.9	139.5	109.1	32.3	44.1	10.3	28.4	5.8	24.9	101.0	17.8	36.7
2	1968	58.0	81.0	67.7	26.2	14.9	1.6	1.6	16.2	50.0	66.4	54.6	70.8
3	1969	42.0	73.7	83.5	85.7	1.5	19.6	0.3	13.2	18.4	55.4	106.4	162.0
4	1970	71.0	41.8	79.9	54.5	33.8	19.9	3.2	2.5	18.2	103.0	51.4	54.1

5	1971	58.4	97.8	275.7	54.7	8.0	12.2	17.6	17.2	28.1	89.8	45.8	66.5
<b>1° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>70.1</b>	<b>86.8</b>	<b>123.2</b>	<b>50.7</b>	<b>20.5</b>	<b>12.7</b>	<b>10.2</b>	<b>11.0</b>	<b>27.9</b>	<b>83.1</b>	<b>55.2</b>	<b>78.0</b>
1	1972	55.5	67.6	113.8	76.2	18.1	4.4	3.4	20.6	29.0	31.4	66.5	50.2
2	1973	95.3	70.8	92.5	101.6	23.7	28.7	8.4	19.3	91.0	67.0	65.5	75.0
3	1974	61.6	140.0	89.1	59.0	4.6	17.3	6.5	27.3	38.7	70.7	55.1	76.8
4	1975	95.6	156.5	202.0	68.8	66.8	10.0	7.2	19.3	45.1	80.2	65.1	0.9
5	1976	130.4	62.9	81.3	34.5	43.0	23.0	0.1	4.4	12.3	32.2	71.6	44.4
<b>2° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>87.7</b>	<b>99.6</b>	<b>115.7</b>	<b>68.0</b>	<b>31.2</b>	<b>16.7</b>	<b>5.1</b>	<b>18.2</b>	<b>43.2</b>	<b>56.3</b>	<b>64.8</b>	<b>49.5</b>
1	1977	129.9	146.4	141.9	42.6	25.5	8.0	7.5	0.1	16.1	53.4	54.8	68.2
2	1978	12.7	34.4	48.8	37.0	65.6	3.9	4.4	3.8	25.0	24.4	54.0	44.8
3	1979	84.1	81.6	159.7	37.1	16.3	1.8	7.5	15.7	33.6	24.4	26.3	46.6
4	1980	34.9	42.4	65.0	29.3	6.9	15.1	3.2	6.7	2.3	130.4	111.0	106.7
5	1981	78.2	186.5	105.7	33.7	14.7	6.6	7.2	12.7	22.0	111.9	45.6	111.3
<b>3° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>68.0</b>	<b>98.3</b>	<b>104.2</b>	<b>35.9</b>	<b>25.8</b>	<b>7.1</b>	<b>6.0</b>	<b>7.8</b>	<b>19.8</b>	<b>68.9</b>	<b>58.3</b>	<b>75.5</b>
1	1982	71.7	102.9	75.7	88.7	38.2	7.8	2.1	6.6	43.9	124.8	67.3	87.4
2	1983	116.6	75.7	152.8	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4
3	1984	24.7	233.6	123.8	80.0	69.5	25.1	23.4	18.7	36.7	68.6	97.6	104.1
4	1985	24.6	42.4	37.2	41.9	53.0	0.4	4.8	18.3	37.3	50.0	23.9	40.3
5	1986	84.4	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.3	43.6	66.2	51.8
<b>4° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>64.4</b>	<b>100.5</b>	<b>97.3</b>	<b>87.3</b>	<b>41.6</b>	<b>8.8</b>	<b>8.2</b>	<b>12.2</b>	<b>27.7</b>	<b>74.8</b>	<b>56.6</b>	<b>80.4</b>
1	1987	98.2	95.2	39.2	52.2	9.1	4.0	10.8	12.3	39.5	37.2	74.3	61.5
2	1988	109.7	105.5	44.8	95.6	10.6	5.4	0.0	0.4	32.9	69.4	65.2	63.4
3	1989	87.0	158.8	113.5	85.4	18.8	16.7	3.2	5.9	53.5	106.6	47.1	2.7

4	1990	101.8	68.5	58.3	27.4	39.5	24.6	0.8	7.1	20.1	87.6	99.1	72.3
5	1991	43.8	90.0	133.7	55.2	17.9	0.7	0.4	0.3	10.2	28.2	55.1	71.9
<b>5° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>88.1</b>	<b>103.6</b>	<b>77.9</b>	<b>63.2</b>	<b>19.2</b>	<b>10.3</b>	<b>3.0</b>	<b>5.2</b>	<b>31.2</b>	<b>65.8</b>	<b>68.2</b>	<b>54.4</b>
1	1992	52.6	31.8	66.6	46.5	18.9	21.2	4.6	10.0	40.8	64.0	32.0	34.1
2	1993	61.0	112.2	245.0	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1
3	1994	116.9	103.1	170.2	144.9	35.3	3.3	0.0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6
4	1995	44.7	108.3	75.7	49.7	20.6	1.7	13.2	10.8	11.5	51.8	50.5	76.4
5	1996	65.2	124.0	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1
<b>6° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>68.1</b>	<b>95.9</b>	<b>135.5</b>	<b>78.9</b>	<b>23.7</b>	<b>5.8</b>	<b>4.3</b>	<b>7.9</b>	<b>25.9</b>	<b>65.1</b>	<b>62.5</b>	<b>70.3</b>
1	1997	63.8	152.9	26.5	40.4	17.0	15.4	0.2	0.0	27.4	50.8	119.9	129.4
2	1998	103.0	116.5	257.0	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9
3	1999	94.8	242.7	69.5	65.0	53.7	22.8	22.1	1.2	81.4	21.7	77.0	68.8
4	2000	46.0	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3
5	2001	191.2	100.8	230.2	57.2	48.1	2.3	13.9	0.0	34.4	46.2	93.4	90.9
<b>7° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>99.8</b>	<b>155.0</b>	<b>141.9</b>	<b>64.8</b>	<b>35.8</b>	<b>12.2</b>	<b>7.9</b>	<b>3.9</b>	<b>43.5</b>	<b>41.6</b>	<b>72.8</b>	<b>91.9</b>
1	2002	27.0	60.0	133.1	77.2	23.0	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1
2	2003	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7
3	2004	36.1	102.0	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19.0	63.4	92.6	123.7
4	2005	84.9	53.7	136.6	54.0	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30.0	87.8
5	2006	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7
<b>8° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>56.5</b>	<b>75.7</b>	<b>125.9</b>	<b>59.1</b>	<b>22.2</b>	<b>12.3</b>	<b>5.7</b>	<b>10.6</b>	<b>22.6</b>	<b>60.9</b>	<b>69.3</b>	<b>92.0</b>
1	2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	118.9	97.6	68.8
2	2008	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	96.5	72.0	34.4

3	2009	180.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2
4	2010	49.5	112.9	154.0	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	28.9	43.4	52.5	70.8
5	2011	76.6	73.3	125.2	102.0	16.7	0.4	8.3	0.0	47.1	31.5	24.4	109.7
<b>9° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>96.5</b>	<b>82.3</b>	<b>138.1</b>	<b>96.0</b>	<b>28.4</b>	<b>8.7</b>	<b>7.2</b>	<b>4.7</b>	<b>26.8</b>	<b>73.8</b>	<b>71.2</b>	<b>71.6</b>
1	2012	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.8	0.0	2.5	19.1	83.3	120.3	58.3
2	2013	61.5	98.0	213.6	73.8	65.6	7.5	5.7	8.9	3.7	110.7	17.0	51.9
3	2014	75.7	68.0	143.2	78.8	26.9	5.0	2.0	3.9	27.7	26.5	45.7	114.9
4	2015	184.7	55.4	202.2	63.0	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5
5	2016	82.9	85.3	121.3	56.2	7.0	1.6	2.1	1.1	25.1	60.0	16.1	63.1
<b>10° PERIODO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>111.8</b>	<b>88.3</b>	<b>161.3</b>	<b>68.9</b>	<b>45.4</b>	<b>3.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.3</b>	<b>20.7</b>	<b>59.5</b>	<b>59.7</b>	<b>65.5</b>

Tabla 46: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 1° periodo

1° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	70.1	86.8	123.2	50.7	20.5	12.7	10.2	11.0	27.9	83.1	55.2	78.0
NAMORA	795121.3	9203212.0	62.6	82.8	84.4	41.7	24.9	11.2	8.2	10.8	27.2	100.7	39.8	72.4
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	64.5	114.6	115.2	70.0	14.8	11.3	6.2	3.1	27.4	93.4	70.8	74.5
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	79.0	97.5	156.3	76.0	36.1	19.5	9.7	7.0	37.8	131.0	80.0	94.8
JESÚS	788396.2	9198260.0	69.1	87.8	113.0	45.1	18.3	13.3	5.8	5.6	21.3	83.6	48.0	84.4
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	92.7	124.3	176.3	70.9	26.2	13.1	5.8	6.6	38.8	131.8	78.9	126.4
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	56.2	70.2	77.2	39.6	13.1	12.0	9.0	5.6	22.8	58.1	33.7	72.6
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	93.4	135.3	161.1	121.8	30.6	24.0	14.3	4.6	34.9	129.1	105.6	132.6

CELENDÍN	815579.7	9241571.2	82.2	105.5	171.3	70.7	28.6	14.5	12.9	5.6	31.5	146.4	89.8	104.7
----------	----------	-----------	------	-------	-------	------	------	------	------	-----	------	-------	------	-------

Tabla 47: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 2° periodo

2° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	87.7	99.6	115.7	68.0	31.2	16.7	5.1	18.2	43.2	56.3	64.8	49.5
NAMORA	795121.3	9203212.0	80.4	96.5	102.7	84.1	29.4	14.9	5.9	14.4	52.4	55.7	52.7	61.8
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	103.4	101.4	173.5	117.9	26.8	14.2	4.0	8.3	34.0	62.7	44.3	66.6
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	108.4	102.4	188.4	124.5	54.1	25.2	5.9	12.0	59.0	83.3	79.1	73.7
JESÚS	788396.2	9198260.0	94.8	92.3	136.1	73.9	27.4	17.2	3.6	9.5	33.3	53.2	47.5	65.6
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	127.2	130.6	212.4	116.1	39.3	17.0	3.6	11.2	60.6	83.9	78.1	98.3
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	77.1	73.7	93.0	64.9	19.7	15.4	5.5	9.5	35.6	37.0	33.4	56.5
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	119.9	148.5	228.6	172.5	45.1	24.4	3.5	4.1	25.0	60.9	53.6	69.8
CELENDÍN	815579.7	9241571.2	112.8	110.8	206.3	115.8	42.8	18.8	7.9	9.5	49.1	93.1	88.9	81.4

Tabla 48: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 3° periodo

3° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	68.0	98.3	104.2	35.9	25.8	7.1	6.0	7.8	19.8	68.9	58.3	75.5
NAMORA	795121.3	9203212.0	74.4	116.5	84.8	41.0	48.7	8.7	9.0	11.8	21.4	95.1	66.6	75.4
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	66.2	107.7	114.7	36.2	22.9	3.7	2.7	7.0	28.3	59.2	100.5	78.4
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	83.0	110.3	146.6	52.5	56.9	10.1	6.4	8.0	32.0	104.8	107.8	96.2
JESÚS	788396.2	9198260.0	72.6	99.4	105.9	31.1	28.8	6.9	3.9	6.3	18.0	66.9	64.7	85.7



SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	97.4	140.7	165.3	48.9	41.3	6.8	3.9	7.5	32.8	105.4	106.3	128.4
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	59.1	79.4	72.4	27.4	20.7	6.2	6.0	6.3	19.3	46.5	45.4	73.7
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	76.9	115.9	142.0	75.4	35.0	7.6	6.0	11.3	22.3	82.0	114.0	110.7
CELENDÍN	815579.7	9241571.2	86.4	119.4	160.6	48.8	45.0	7.5	8.6	6.3	26.6	117.1	121.0	106.3

Tabla 49: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 4° periodo

4° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	64.4	100.5	97.3	87.3	41.6	8.8	8.2	12.2	27.7	74.8	56.6	80.4
NAMORA	795121.3	9203212.0	82.8	80.1	85.0	136.9	44.8	10.1	17.2	11.7	20.9	94.9	77.1	82.6
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	83.8	109.6	124.4	61.7	34.6	2.3	4.5	10.3	25.3	55.0	52.0	93.0
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	91.3	100.3	147.6	130.8	74.0	10.5	10.8	10.5	34.0	105.9	89.9	107.1
JESÚS	788396.2	9198260.0	79.8	90.3	106.7	77.6	37.4	7.2	6.5	8.3	19.2	67.6	53.9	95.3
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	107.2	127.9	166.5	122.0	53.7	7.1	6.5	9.8	34.9	106.5	88.6	142.8
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	65.0	72.2	72.9	68.2	26.9	6.5	10.0	8.3	20.5	47.0	37.9	82.0
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	102.2	106.1	177.6	188.2	103.9	38.8	53.0	28.9	25.2	71.8	120.2	71.9
CELENDÍN	815579.7	9241571.2	95.1	108.5	161.7	121.6	58.5	7.8	14.4	8.3	28.3	118.3	100.9	118.2

Tabla 50 : Precipitaciones promedio para los 12 meses – 5° periodo

5° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	88.1	103.6	77.9	63.2	19.2	10.3	3.0	5.2	31.2	65.8	68.2	54.4
NAMORA	795121.3	9203212.0	120.6	115.0	92.8	96.6	25.7	11.7	3.3	5.8	34.2	93.0	89.2	58.9

SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	106.8	103.3	86.8	94.2	9.6	6.5	1.7	8.6	22.5	77.4	74.9	64.5
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	124.6	110.4	123.8	116.3	31.8	15.1	3.0	6.4	40.1	110.8	112.1	74.2
JESÚS	788396.2	9198260.0	108.9	99.5	89.5	69.0	16.1	10.3	1.8	5.0	22.6	70.7	67.3	66.0
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	146.2	140.9	139.6	108.4	23.1	10.2	1.8	5.9	41.2	111.5	110.5	99.0
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	88.7	79.5	61.2	60.6	11.6	9.2	2.8	5.0	24.2	49.2	47.2	56.8
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	115.9	114.6	116.4	151.5	29.6	23.8	9.9	11.4	26.7	92.2	108.8	67.6
CELENDÍN	815579.7	9241571.2	129.7	119.5	135.6	108.1	25.2	11.2	4.0	5.0	33.4	123.8	125.8	81.9

Tabla 51 : Precipitaciones promedio para los 12 meses – 6° periodo

6° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	68.1	95.9	135.5	78.9	23.7	5.8	4.3	7.9	25.9	65.1	62.5	70.3
NAMORA	795121.3	9203212.0	82.0	137.5	181.3	92.8	28.8	10.8	2.2	6.5	33.9	88.0	59.3	86.2
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	71.7	127.4	136.6	84.0	16.3	5.3	0.6	4.4	28.8	86.8	58.2	71.5
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	88.0	122.6	218.0	118.4	41.2	11.5	2.5	5.6	40.5	112.8	87.4	95.1
JESÚS	788396.2	9198260.0	74.2	105.9	147.8	82.0	21.5	7.8	1.8	7.3	21.7	72.2	53.3	84.3
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	108.1	140.4	201.2	107.5	38.6	9.3	1.5	9.2	46.8	102.0	87.5	116.0
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	59.9	85.7	107.7	62.7	17.5	7.0	2.3	5.8	22.6	53.3	36.6	75.5
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	81.8	127.1	204.8	154.3	38.3	18.1	8.1	10.1	27.0	93.9	84.8	86.7
CELENDÍN	815579.7	9241571.2	91.6	132.6	238.8	107.5	34.5	8.1	3.3	3.3	33.3	131.8	94.4	101.3

Tabla 52 : Precipitaciones promedio para los 12 meses – 7° periodo

7° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	99.8	155.0	141.9	64.8	35.8	12.2	7.9	3.9	43.5	41.6	72.8	91.9
NAMORA	795121.3	9203212.0	130.7	187.1	160.7	87.7	65.9	14.3	2.3	5.6	46.1	72.8	83.2	141.6
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	135.3	171.9	128.2	54.3	46.9	9.8	2.0	1.7	47.2	60.0	74.6	118.4
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	116.6	171.7	156.8	115.1	70.3	22.5	3.1	7.7	65.7	75.6	100.1	116.4
JESÚS	788396.2	9198260.0	107.5	156.4	132.9	60.1	34.6	12.2	2.0	6.6	38.7	53.1	65.5	109.7
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	137.2	208.0	189.4	95.0	61.6	13.8	2.0	4.7	53.8	101.6	110.0	142.4
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	92.0	125.9	102.9	62.0	30.4	11.2	7.4	5.6	41.0	39.6	42.9	99.4
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	134.4	182.3	195.2	124.1	82.9	30.7	14.9	5.7	41.8	67.5	108.3	132.3
CELENDÍN	815579.7	9241571.2	132.2	188.7	216.5	102.7	40.8	23.3	2.8	3.3	50.5	85.4	111.4	139.6

Tabla 53: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 8° periodo

8° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	56.5	75.7	125.9	59.1	22.2	12.3	5.7	10.6	22.6	60.9	69.3	92.0
NAMORA	795121.3	9203212.0	78.4	99.2	178.1	80.5	23.5	14.3	7.1	8.1	29.5	91.1	75.5	131.8
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	70.1	89.2	165.4	78.5	8.8	7.4	2.6	3.2	32.1	92.8	98.4	161.5
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	73.1	96.9	198.8	95.5	29.4	22.5	7.7	4.7	38.7	138.6	105.4	130.6
JESÚS	788396.2	9198260.0	67.0	63.2	150.9	49.8	20.1	16.2	3.9	4.5	24.4	73.7	69.5	91.9
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	91.3	97.9	252.7	88.3	29.6	16.3	2.8	4.8	47.0	138.4	110.1	175.0
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	53.6	59.9	129.8	54.0	11.7	9.3	3.9	3.4	23.0	51.6	55.2	108.6

HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	75.2	93.4	211.5	130.7	29.9	28.2	18.6	11.2	25.7	95.4	113.4	144.2
CELENDÍN	815579.7	9241571.2	67.1	92.9	227.1	100.7	21.6	7.0	12.1	1.5	39.4	150.5	118.6	144.5

Tabla 54: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 9° periodo

9° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	96.5	82.3	138.1	96.0	28.4	8.7	7.2	4.7	26.8	73.8	71.2	71.6
NAMORA	795121.3	9203212.0	151.0	110.6	183.4	119.9	34.2	13.9	7.1	5.1	29.9	95.4	100.7	110.1
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	109.9	110.7	153.5	109.5	26.6	5.2	5.7	1.8	24.9	87.3	88.0	95.9
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	113.7	91.3	197.9	135.5	52.6	7.3	10.4	7.7	34.8	103.4	111.0	89.2
JESÚS	788396.2	9198260.0	106.9	89.6	150.5	88.9	20.6	9.5	8.1	5.9	21.4	75.6	65.9	82.2
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	159.5	134.1	202.3	142.2	38.7	10.3	11.3	6.7	45.2	126.0	113.5	156.7
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	85.3	70.4	110.0	73.9	17.8	7.0	6.2	4.7	19.3	52.0	46.7	77.6
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	130.8	107.1	214.5	195.8	50.5	22.5	26.2	5.9	24.9	100.5	121.4	104.3
CELENDÍN	815579.7	9241571.2	121.2	115.5	201.2	121.5	46.7	8.2	11.9	7.9	31.7	120.3	134.3	117.3

Tabla 55: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 10° periodo

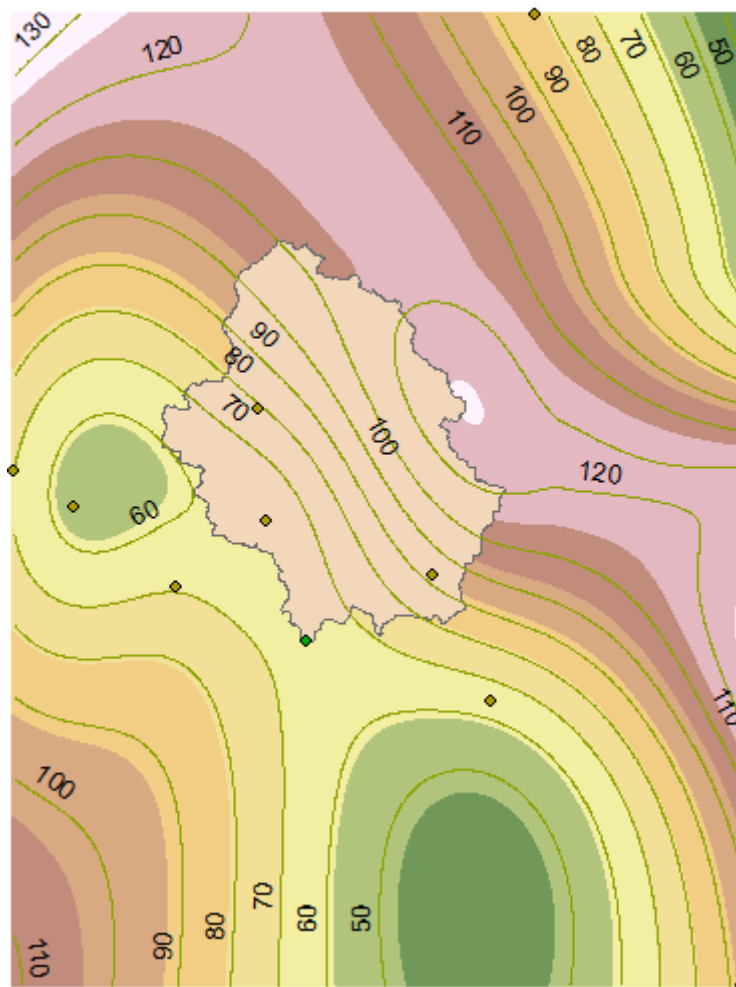
10° PERIODO														
ID	X	Y	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
A. WEBERBAUER	776113.9	9207074.8	111.8	88.3	161.3	68.9	45.4	3.6	2.8	3.3	20.7	59.5	59.7	65.5
NAMORA	795121.3	9203212.0	129.0	167.4	179.1	83.3	72.6	2.3	2.2	5.2	11.7	77.3	71.3	107.8
SAN MARCOS	812177.4	9189613.1	127.6	115.7	157.0	78.5	54.7	6.4	3.2	6.0	12.9	71.0	85.2	90.9
LA ENCAÑADA	794583.4	9211773.2	125.5	100.8	170.2	77.1	72.4	9.6	2.0	5.9	22.1	106.3	98.3	101.3

JESÚS	788396.2	9198260.0	113.6	90.0	129.2	49.6	46.0	6.0	1.6	3.0	12.2	64.5	46.3	82.4
SONDOR MATARA	807829.6	9199121.5	156.8	123.4	192.6	69.5	42.0	3.2	0.4	7.2	16.6	74.1	84.4	109.7
LA VICTORIA	780577.8	9204337.0	90.4	100.4	93.1	37.2	38.8	5.4	2.0	3.0	11.9	42.5	35.9	76.0
HACIENDA JOCOS	831091.5	9167969.5	136.0	129.9	225.3	139.0	97.0	11.7	11.6	8.4	13.9	81.4	100.7	99.0
CELENDÍN	815579.7	9241571.2	135.5	90.0	170.0	89.1	65.8	8.2	4.5	8.0	12.0	100.7	83.9	95.9

### a.8. Precipitación media mensual y precipitación

Se halló mediante método de Isoyetas, como se muestra para el mes de enero del 1° periodo, en función de las 9 estaciones analizadas.

Figura 52: Mapa de Isoyetas de precipitación del mes de enero 1° periodo



Así se obtuvo la precipitación media de la cuenca para cada periodo en los 12 meses del año.

Tabla 56: Planilla de precipitación media mensual (mm) generada en la cuenca Namora

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUNI	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MOD
1967-1971	91.23	113.36	183.37	77.85	51.25	17.86	8.08	7.19	40.51	141.91	86.24	117.89	936.76
1972-1976	123.36	121.24	214.91	124.81	52.40	23.04	4.76	12.16	63.28	90.56	87.72	89.30	1007.53
1977-1981	95.07	128.98	169.96	54.28	53.83	9.24	5.18	7.57	33.44	114.23	113.38	118.81	903.96
1982-1986	102.62	118.46	169.91	135.94	71.73	10.08	8.75	10.29	36.70	116.36	97.44	131.01	1009.28
1987-1991	140.16	130.13	142.55	116.99	30.96	13.88	2.53	5.90	43.37	119.24	120.38	90.68	956.77
1992-1996	102.82	132.26	226.65	121.04	44.40	11.10	2.35	7.83	45.66	114.34	95.99	110.59	1015.04
1997-2001	125.86	193.79	183.18	113.97	68.74	20.31	2.46	6.93	62.63	92.91	113.26	128.87	1112.91
2002-2006	83.78	98.85	235.59	95.07	33.59	22.11	6.02	5.07	44.76	149.96	113.16	148.53	1036.48
2007-2011	137.95	112.72	211.28	145.70	50.36	9.08	12.10	8.22	42.36	121.18	119.00	123.60	1093.55
2012-2016	144.65	103.89	189.12	75.22	58.94	7.13	1.09	6.67	21.32	97.71	96.06	106.30	908.11
<b>MEDIA</b>	<b>114.75</b>	<b>125.37</b>	<b>192.65</b>	<b>106.09</b>	<b>51.62</b>	<b>14.38</b>	<b>5.33</b>	<b>7.78</b>	<b>43.40</b>	<b>115.84</b>	<b>104.26</b>	<b>116.56</b>	<b>998.04</b>
DESV. ESTANDAR	22.27	26.45	29.01	29.38	13.18	5.95	3.48	2.08	12.53	19.39	12.92	18.24	72.03
MIN	83.78	98.85	142.55	54.28	30.96	7.13	1.09	5.07	21.32	90.56	86.24	89.30	903.96
MAX	144.65	193.79	235.59	145.70	71.73	23.04	12.10	12.16	63.28	149.96	120.38	148.53	1112.91

Tabla 57: Planilla de precipitación efectiva (mm) por periodos para cada mes en la cuenca Namora

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1967-1971	44.21	54.93	88.86	37.73	24.83	8.66	3.92	3.49	19.63	68.77	41.79	57.13	
1972-1976	59.78	58.75	104.14	60.48	25.39	11.16	2.31	5.89	30.67	43.89	42.51	43.27	
1977-1981	46.07	62.50	82.36	26.30	26.08	4.48	2.51	3.67	16.21	55.35	54.94	57.57	
1982-1986	49.73	57.40	82.34	65.87	34.76	4.88	4.24	4.98	17.78	56.38	47.22	63.49	

1987-1991	67.92	63.06	69.08	56.69	15.00	6.73	1.23	2.86	21.02	57.78	58.34	43.94
1992-1996	49.82	64.09	109.83	58.65	21.52	5.38	1.14	3.80	22.13	55.41	46.51	53.59
1997-2001	60.99	93.91	88.77	55.23	33.31	9.84	1.19	3.36	30.35	45.02	54.89	62.45
2002-2006	40.60	47.90	114.16	46.07	16.28	10.71	2.92	2.46	21.69	72.67	54.84	71.97
2007-2011	66.85	54.62	102.38	70.61	24.40	4.40	5.86	3.99	20.53	58.72	57.66	59.90
2012-2016	70.10	50.34	91.64	36.45	28.56	3.46	0.53	3.23	10.33	47.35	46.55	51.51
MEDIA	55.61	60.75	93.36	51.41	25.01	6.97	2.58	3.77	21.03	56.13	50.52	56.48
D. EST	10.79	12.82	14.06	14.24	6.38	2.88	1.68	1.01	6.07	9.39	6.26	8.84
MIN	40.60	47.90	69.08	26.30	15.00	3.46	0.53	2.46	10.33	43.89	41.79	43.27
MAX	70.10	93.91	114.16	70.61	34.76	11.16	5.86	5.89	30.67	72.67	58.34	71.97

### a.9. Números aleatorios

Usados para hallar Caudales medios mensuales generados por la cuenca del río Namora tomando como punto emisor la confluencia de los Ríos Namora y Cajamarquino.

Tabla 58: Números aleatorios normalmente distribuidos

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1	-2.173	-0.261	0.544	0.909	0.335	-0.156	0.583	1.650	2.043	-0.307	-0.594	-1.139
2	1.674	0.931	-0.790	-0.292	-0.574	0.144	0.656	1.331	-0.044	-0.409	-0.916	-0.138
3	0.602	1.243	-1.099	-0.374	0.964	0.191	0.199	-1.464	2.323	0.964	0.378	-0.606
4	-0.261	1.266	0.382	0.026	-0.085	0.882	-1.116	0.306	0.658	-0.592	-0.123	0.408
5	-0.782	-0.299	0.572	0.430	-1.089	0.601	0.121	-1.772	-1.595	1.896	0.088	0.750
6	-0.919	-0.345	0.848	-0.270	0.681	-0.667	0.245	0.877	0.198	-1.210	-0.519	1.368
7	-0.338	-1.007	0.746	-0.895	-1.654	-2.513	-0.216	-1.393	0.557	-0.006	1.313	0.025
8	-0.446	-1.099	1.750	-1.064	1.405	-0.753	-1.602	1.174	-0.476	-0.775	0.031	-0.808

9	-0.964	-0.502	1.053	0.795	-0.366	0.796	0.935	1.963	-0.010	-0.735	-2.911	0.398
10	0.304	-2.827	-0.298	-1.480	0.748	-1.117	1.151	2.911	0.318	-1.278	-1.429	-1.925

**a.10. Prueba de bondad de ajuste**

MES: ENERO

N =	10	$\Delta$ max	0.1711
X' =	8.66	$\alpha$	5%
S =	1.22	$\Delta$ o	0.409

$\Delta$ max < $\Delta$ o (BUEN AJUSTE)					
m	Q=X (m <sup>3</sup> /s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	6.83	0.09	-1.5027	0.0665	0.0244
2	7.45	0.18	-0.9927	0.1604	0.0214
3	7.72	0.27	-0.7731	0.2197	0.0530
4	7.73	0.36	-0.7639	0.2225	0.1412
5	8.15	0.45	-0.4144	0.3393	0.1153
6	9.17	0.55	0.4176	0.6619	0.1164
7	9.72	0.64	0.8688	0.8075	0.1711
8	9.74	0.73	0.8896	0.8132	0.0859
9	9.76	0.82	0.9060	0.8175	0.0006
10	10.32	0.91	1.3646	0.9138	0.0047

MES: FEBRERO

N =	10	$\Delta$ max	0.1346
X' =	10.10	$\alpha$	5%
S =	1.49	$\Delta$ o	0.409

$\Delta$ max < $\Delta$ o (BUEN AJUSTE)					
m	Q=X (m <sup>3</sup> /s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	8.05	0.09	-1.3806	0.0837	0.0072
2	8.36	0.18	-1.1756	0.1199	0.0619
3	8.97	0.27	-0.7644	0.2223	0.0504
4	9.72	0.36	-0.2578	0.3983	0.0347
5	10.12	0.45	0.0125	0.5050	0.0505
6	10.36	0.55	0.1698	0.5674	0.0220
7	10.67	0.64	0.3824	0.6489	0.0125
8	10.73	0.73	0.4186	0.6622	0.0650
9	10.81	0.82	0.4779	0.6836	0.1346
10	13.25	0.91	2.1172	0.9829	0.0738



MES: MARZO

N =	10	$\Delta \max$	0.1299
X' =	12.50	$\alpha$	5%
S =	1.36	$\Delta o$	0.409

$\Delta \max < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	10.53	0.09	-1.4513	0.0734	0.0176
2	11.02	0.18	-1.0857	0.1388	0.0430
3	11.57	0.27	-0.6853	0.2466	0.0261
4	11.62	0.36	-0.6495	0.2580	0.1056
5	11.88	0.45	-0.4548	0.3246	0.1299
6	13.04	0.55	0.3940	0.6532	0.1077
7	13.16	0.64	0.4821	0.6851	0.0488
8	13.52	0.73	0.7483	0.7729	0.0456
9	14.21	0.82	1.2547	0.8952	0.0770
10	14.47	0.91	1.4474	0.9261	0.0170

MES: ABRIL

N =	10	$\Delta \max$	0.0965
X' =	9.69	$\alpha$	5%
S =	1.65	$\Delta o$	0.409

$\Delta \max < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	6.84	0.09	-1.7295	0.0419	0.0490
2	7.47	0.18	-1.3475	0.0889	0.0929
3	8.73	0.27	-0.5809	0.2807	0.0079
4	9.38	0.36	-0.1889	0.4251	0.0615
5	9.90	0.45	0.1284	0.5511	0.0965
6	9.91	0.55	0.1329	0.5529	0.0074
7	10.70	0.64	0.6123	0.7298	0.0935
8	10.84	0.73	0.6977	0.7573	0.0301
9	10.89	0.82	0.7283	0.7668	0.0514
10	12.24	0.91	1.5472	0.9391	0.0300

MES: MAYO

N =	10	$\Delta_{max}$	0.1435
X' =	6.22	$\alpha$	5%
S =	0.63	$\Delta_o$	0.409

$\Delta_{max} < \Delta_o$  (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	4.89	0.09	-2.1169	0.0171	0.0738
2	5.94	0.18	-0.4529	0.3253	0.1435
3	5.96	0.27	-0.4258	0.3351	0.0624
4	6.08	0.36	-0.2295	0.4092	0.0456
5	6.26	0.45	0.0508	0.5202	0.0657
6	6.27	0.55	0.0663	0.5265	0.0190
7	6.30	0.64	0.1262	0.5502	0.0862
8	6.49	0.73	0.4281	0.6657	0.0616
9	6.68	0.82	0.7236	0.7653	0.0528
10	7.38	0.91	1.8302	0.9664	0.0573

MES: JUNIO

N =	10	$\Delta_{max}$	0.1139
X' =	3.70	$\alpha$	5%
S =	0.47	$\Delta_o$	0.409

$\Delta_{max} < \Delta_o$  (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	2.99	0.09	-1.5145	0.0649	0.0260
2	3.00	0.18	-1.4911	0.0680	0.1139
3	3.45	0.27	-0.5376	0.2954	0.0227
4	3.59	0.36	-0.2338	0.4076	0.0439
5	3.68	0.45	-0.0489	0.4805	0.0260
6	3.75	0.55	0.1026	0.5409	0.0046
7	3.86	0.64	0.3446	0.6348	0.0016
8	4.06	0.73	0.7666	0.7783	0.0511
9	4.29	0.82	1.2421	0.8929	0.0747
10	4.35	0.91	1.3701	0.9147	0.0056

MES: JULIO

N =	10	$\Delta \text{ max}$	0.0847
X' =	2.60	$\alpha$	5%
S =	0.42	$\Delta \text{ o}$	0.409

$\Delta \text{ max} < \Delta \text{ o}$  (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	1.91	0.09	-1.6287	0.0517	0.0392
2	2.15	0.18	-1.0702	0.1423	0.0396
3	2.40	0.27	-0.4705	0.3190	0.0463
4	2.47	0.36	-0.3181	0.3752	0.0116
5	2.48	0.45	-0.2796	0.3899	0.0647
6	2.61	0.55	0.0191	0.5076	0.0378
7	2.68	0.64	0.1889	0.5749	0.0615
8	2.98	0.73	0.8850	0.8119	0.0847
9	2.98	0.82	0.8862	0.8122	0.0059
10	3.36	0.91	1.7879	0.9631	0.0540

MES: AGOSTO

N =	10	$\Delta \text{ max}$	0.1440
X' =	2.64	$\alpha$	5%
S =	0.78	$\Delta \text{ o}$	0.409

$\Delta \text{ max} < \Delta \text{ o}$  (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	1.51	0.09	-1.4433	0.0745	0.0164
2	1.63	0.18	-1.2940	0.0978	0.0840
3	1.76	0.27	-1.1326	0.1287	0.1440
4	2.58	0.36	-0.0698	0.4722	0.1086
5	2.59	0.45	-0.0585	0.4767	0.0221
6	2.74	0.55	0.1318	0.5524	0.0070
7	3.19	0.64	0.7073	0.7603	0.1240
8	3.27	0.73	0.8105	0.7912	0.0639
9	3.47	0.82	1.0758	0.8590	0.0408
10	3.63	0.91	1.2726	0.8984	0.0107

MES: SEPTIEMBRE

N =	10	$\Delta \max$	0.7818
X' =	4.28	$\alpha$	5%
S =	0.67	$\Delta o$	0.409

$\Delta \max < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	5.04	0.09	1.1393	0.8727	0.7818
2	5.17	0.18	1.3274	0.9078	0.7260
3	4.43	0.27	0.2298	0.5909	0.3181
4	4.08	0.36	-0.3048	0.3803	0.0166
5	3.07	0.45	-1.8150	0.0348	0.4198
6	4.32	0.55	0.0645	0.5257	0.0197
7	4.94	0.64	0.9809	0.8367	0.2003
8	3.94	0.73	-0.5105	0.3048	0.4224
9	4.29	0.82	0.0166	0.5066	0.3116
10	3.53	0.91	-1.1281	0.1296	0.7795

MES: OCTUBRE

N =	10	$\Delta \max$	0.0805
X' =	7.47	$\alpha$	5%
S =	0.93	$\Delta o$	0.409

$\Delta \max < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	6.02	0.09	-1.5620	0.0591	0.0318
2	6.53	0.18	-1.0188	0.1541	0.0277
3	6.74	0.27	-0.7867	0.2157	0.0570
4	7.00	0.36	-0.5086	0.3055	0.0581
5	7.29	0.45	-0.1967	0.4220	0.0325
6	7.50	0.55	0.0283	0.5113	0.0342
7	7.96	0.64	0.5323	0.7027	0.0664
8	8.22	0.73	0.8075	0.7903	0.0630
9	8.65	0.82	1.2742	0.8987	0.0805
10	8.79	0.91	1.4305	0.9237	0.0146

MES: **NOVIEMBRE**

N =	10	$\Delta$ max	0.2035
X' =	8.05	$\alpha$	5%
S =	0.94	$\Delta$ o	0.409

$\Delta$  max <  $\Delta$  o (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	6.83	0.09	-1.3016	0.0965	0.0056
2	6.83	0.18	-1.2957	0.0975	0.0843
3	7.52	0.27	-0.5685	0.2848	0.0121
4	7.56	0.36	-0.5259	0.2995	0.0642
5	7.64	0.45	-0.4400	0.3300	0.1246
6	7.84	0.55	-0.2213	0.4124	0.1330
7	8.98	0.64	0.9939	0.8399	0.2035
8	9.02	0.73	1.0281	0.8481	0.1208
9	9.04	0.82	1.0586	0.8551	0.0369
10	9.25	0.91	1.2724	0.8984	0.0107

MES: **DICIEMBRE**

N =	10	$\Delta$ max	0.1194
X' =	8.55	$\alpha$	5%
S =	0.99	$\Delta$ o	0.409

$\Delta$  max <  $\Delta$  o (BUEN AJUSTE)

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X-X'')/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	7.01	0.09	-1.5573	0.0597	0.0312
2	7.03	0.18	-1.5344	0.0625	0.1194
3	8.06	0.27	-0.5005	0.3084	0.0357
4	8.13	0.36	-0.4253	0.3353	0.0283
5	8.71	0.45	0.1628	0.5647	0.1101
6	8.81	0.55	0.2597	0.6025	0.0570
7	8.99	0.64	0.4478	0.6729	0.0365
8	9.38	0.73	0.8382	0.7990	0.0718
9	9.44	0.82	0.9032	0.8168	0.0014
10	9.94	0.91	1.4058	0.9201	0.0110