

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



**“DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO
CHONTA GENERADA A PARTIR DE INFORMACIÓN
CLIMÁTICA”**

TESIS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO HIDRÁULICO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

EDISON NÉVEL CRISÓLOGO CARRANZA

ASESOR:

Dr. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE

CAJAMARCA –PERÚ

2018

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Ing. Francisco Huamán Vidaurre, quien hizo posible el desarrollo de este trabajo, por formar parte de mi formación académica y su apoyo incondicional orientándome siempre hacia el camino de la investigación.

Al Dr. Ing. Oswaldo Ortiz Vera, quien con entusiasmo impulso e hizo posible el programa de asesoramiento de tesis, con el anhelo de que la escuela académico profesional de ingeniería hidráulica de sus primeros frutos y cumplamos con el objetivo de graduarnos como Ingenieros Hidráulicos.

Al Ing. Sergio Mujica Picón, por su apoyo moral, por inculcarme buenos principios, y por su orientación académica.

A los docentes del departamento de recursos hídricos y a todos aquellos de la universidad nacional de Cajamarca, los cuales impartieron su conocimiento en las aulas de clase haciendo posible así mi formación académica.

A mis amigos, compañeros de aula, y a todas aquellas personas que aportaron con un granito de arena para que sea posible este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi fortaleza y esperanza en los momentos de angustia, por darme la vida, la salud y la sabiduría para culminar este trabajo satisfactoriamente.

A mis padres José y Matilde por el apoyo incondicional, porque a pesar de las dificultades económicas se preocuparon siempre por mi formación profesional, por ser los pilares fundamentales de mi formación como ser humano, por inculcarme siempre el trabajo, honradez y la ambición de superación, por enseñarme que con esfuerzo y sacrificio se logran las metas.

A Patricia, mi compañera que siempre estuvo en los momentos difíciles, por apoyarme y darme ánimo en todos mis proyectos personales.

A mis hermanos, sobrinos por apoyarme y ser una motivación para cumplir mis metas.

*“No quise dormir sin sueños,
y elegí la ilusión que me despierta
el horizonte que me espera,
el proyecto que me llena,
y no la vida vacía de quien no busca nada,
de quien no desea nada más que sobrevivir cada día”*

*“No quise vivir cansado
y elegí el descanso del amigo y del abrazo,
el camino sin prosas, compartido,
y no parar nunca, no dormir nunca.
Elegí avanzar despacio, durante más tiempo,
y llegar más lejos,
habiendo disfrutado del paisaje”.*

Rudyard Kipling

INDICE

| | | |
|------|--|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. | PROBLEMA | 2 |
| 1.2. | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 2 |
| 1.3. | JUSTIFICACIÓN | 2 |
| 1.4. | ALCANCES | 3 |
| 1.5. | OBJETIVOS | 3 |
| | Objetivo General | 3 |
| | Objetivos específicos..... | 3 |
| II. | MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 2.1. | ANTECEDENTES TEÓRICOS..... | 4 |
| 2.2. | BASES TEÓRICAS | 6 |
| | Ciclo Hidrológico..... | 6 |
| | Cuenca Hidrográfica | 7 |
| | Divisoria de aguas..... | 7 |
| | Cuenca Hidrológica | 7 |
| | Delimitación De La Cuenca..... | 8 |
| | Parámetros Geomorfológicos..... | 9 |
| | Precipitación | 16 |
| | Tratamiento de la información climatológica..... | 17 |
| | Evaporación Y Transpiración | 33 |
| | Infiltración..... | 34 |
| | Esguimiento superficial | 34 |
| | Esguimiento subsuperficial | 34 |
| | Esguimiento subterráneo | 35 |
| | Esguimiento Directa..... | 35 |
| | Esguimiento Básica..... | 35 |
| | Hidrograma | 35 |
| | Modelo Determinístico - Estocástico: Lutz Scholz | 36 |
| | Prueba de bondad de ajuste..... | 48 |
| | Aforos | 52 |
| | Tubo de Pitot..... | 52 |

| | |
|---|-----|
| Aforos con correntómetro o molinete..... | 53 |
| Caudal medio mensual..... | 54 |
| Oferta hídrica | 54 |
| Uso agrícola, poblacional y energético del agua. | 55 |
| III. METODOLOGÍA..... | 58 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDIO..... | 58 |
| 3.2 EQUIPOS E INSTRUMENTOS | 64 |
| 3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA “CHONTA” | 64 |
| 3.4 PROCEDIMIENTO..... | 65 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 72 |
| 4.1 Análisis cartográfico de la cuenca en estudio..... | 72 |
| 4.2 Modelos determinísticos parciales..... | 75 |
| 4.3 Generación de caudales | 80 |
| 4.4 Oferta hídrica en la cuenca del rio chonta | 86 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 89 |
| 5.1 CONCLUSIONES..... | 89 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 90 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 91 |
| VII. ANEXOS..... | 93 |
| A.1. Planillas de precipitación mensual completadas | 93 |
| A.2. Análisis de consistencia..... | 101 |
| A.3. REGISTRO DE AFOROS REALIZADOS | 119 |
| A.4. Resumen de aforos de la cuenca Chonta | 121 |
| A.5. Planillas de registro de precipitaciones agrupadas por periodos. | 123 |
| A.6. Precipitación media mensual y precipitación efectiva de la cuenca..... | 128 |
| A.7. Caudales medios mensuales generados por la cuenca del río Chonta tomando como punto de descarga una sección ubicada a 100 m. aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”..... | 130 |
| A.8. Prueba de bondad de ajuste del registro de caudales..... | 133 |
| A.9. Principales canales de derivación de la cuenca del Río Chonta, aguas arriba del punto emisor..... | 139 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Coeficientes de abastecimiento durante época de lluvias. | 44 |
| Tabla 2: Ejemplo de series para la regresión múltiple..... | 46 |
| Tabla 3: Valores críticos de Δ_0 del estadístico Smirnov-Kolmogorov Δ , para varios valores de N y niveles de significación. | 50 |
| Tabla 4: Niveles de persistencia de acuerdo al uso del agua y al período estacional.... | 55 |
| Tabla 5: Coordenadas UTM de las estaciones meteorológicas consideradas para el estudio de la cuenca Chonta. | 65 |
| Tabla 6: Parámetros geomorfológicos de la cuenca Chonta, tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica el Chicche. | 73 |
| Tabla 7: Precipitación media multianual mensual (mm) de la cuenca chonta (1964-2016)..... | 75 |
| Tabla 8: Precipitación media efectiva mensual (mm) de la cuenca Chonta (periodo 1964-2016)..... | 76 |
| Tabla 9: parámetros para calcular la retención de la cuenca Chonta..... | 77 |
| Tabla 10: Valores de la relación de caudales del flujo base, para meses de estiaje. | 78 |
| Tabla 11: Gasto de la retención para los meses de estiaje en la cuenca Chonta. | 79 |
| Tabla 12: Almacenamiento Hídrico durante la época de lluvias para la región Cajamarca (valores del coeficiente de abastecimiento, a_i , en %)..... | 79 |
| Tabla 13: Abastecimiento de la retención para meses lluviosos. | 80 |
| Tabla 14: Caudales generados para el año promedio | 80 |
| Tabla 15: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple..... | 81 |
| Tabla 16: Cálculos Qt de mensual. | 83 |
| Tabla 17: Cálculo del error (e) mensual. | 83 |
| Tabla 18: Caudales generados Q_m (mm/mes) para un periodo extendido..... | 84 |
| Tabla 19: resumen de aforo de caudales en la cuenca del río Chonta tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”. | 85 |
| Tabla 20: Agua aprovechable (mm/mes), producida por la cuenca del río Chonta, tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”. | 86 |
| Tabla 21: Volumen de agua aprovechable (MMC), producida por la cuenca del río Chonta, tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”. | 86 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 22: Volumen de agua aprovechable (m ³ /s), producida por la cuenca del río Chonta, tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”. | 86 |
| Tabla 23. Oferta hídrica de la cuenca del río chonta obtenida mediante aforos realizados en el punto emisor. | 87 |
| Tabla 24: Precipitación mensual (mm)-Estación A. Weberbauer. | 93 |
| Tabla 25: Precipitación mensual (mm)-Estación G. PORCON. | 94 |
| Tabla 26: Precipitación mensual (mm)-Estación MAQUI MAQUI. | 95 |
| Tabla 27: Precipitación mensual (mm)-Estación LA ENCAÑADA. | 96 |
| Tabla 28: Precipitación mensual (mm)-Estación HUACATAZ. | 97 |
| Tabla 29: Precipitación mensual (mm)-Estación QUINUA. | 98 |
| Tabla 30: Precipitación mensual (mm)-Estación LLICA. | 99 |
| Tabla 31: Precipitación mensual (mm)-Estación LLICA. | 100 |
| Tabla 32: Caudales promedio del río Chonta (m ³ /s) aforados en una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica el Chicche. | 121 |
| Tabla 33: Formato de precipitaciones promedio agrupadas por periodos de 5 años. | 123 |
| Tabla 34: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 1° periodo. | 124 |
| Tabla 35: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 2° periodo. | 124 |
| Tabla 36: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 3° periodo. | 124 |
| Tabla 37: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 4° periodo. | 125 |
| Tabla 38: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 5° periodo. | 125 |
| Tabla 39: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 6° periodo. | 125 |
| Tabla 40: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 7° periodo. | 126 |
| Tabla 41: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 8° periodo. | 126 |
| Tabla 42: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 9° periodo. | 126 |
| Tabla 43: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 10° periodo. | 127 |
| Tabla 44: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 11° periodo. | 127 |
| Tabla 45: Planilla de precipitación media mensual (mm) generada en la cuenca del río Chonta. | 129 |
| Tabla 46: Planilla de precipitación efectiva (mm) por periodos para cada mes generada en la cuenca del río Chonta. | 129 |
| Tabla 47: Números aleatorios normalmente distribuidos. | 130 |
| Tabla 48: Caudales medios mensuales (mm/mes) generados con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz. | 130 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 49: Caudales medios mensuales (m^3/s) generados con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz. | 131 |
| Tabla 50: Caudales medios mensuales (MMC) generados con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz. | 131 |
| Tabla 51: Caudales medios mensuales (mm/mes) generados con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz..... | 132 |
| Tabla 52. Principales canales de derivación de la cuenca del río chonta. | 139 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ciclo hidrológico del agua | 6 |
| Figura 2. Divisoria de Aguas | 7 |
| Figura 3. Zonificación de la cuenca..... | 8 |
| Figura 4. Partes de la cuenca | 10 |
| Figura 5. Criterio de J.W. Alvorod..... | 12 |
| Figura 6. Criterio de Horton. | 13 |
| Figura 7. Número de orden del cauce..... | 16 |
| Figura 8. Hietogramas. | 17 |
| Figura 9. Flujograma para el análisis de saltos..... | 22 |
| Figura 10. Flujograma para el análisis de tendencias..... | 27 |
| Figura 11. Proceso de la evapotranspiración..... | 34 |
| Figura 12. Escorrentía..... | 35 |
| Figura 13. Hidrograma- Escorrentía Directa y Básica | 36 |
| Figura 14. Isoyetas de precipitación | 38 |
| Figura 15. Aforo de un río con el método-Tubo de Pitot. | 53 |
| Figura 16. Mapa Departamental | 58 |
| Figura 17. Mapa Distrital..... | 59 |
| Figura 18. Ubicación Distrital. | 59 |
| Figura 19. Ubicación Referencial de la cuenca. | 60 |
| Figura 20. Coordenadas para punto de aforo ubicado 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche” | 61 |
| Figura 21. Cauce del río Chonta, aguas arriba de la captación de la Central Hidroeléctrica “El Chicche” | 61 |
| Figura 22. Vista general de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche” | 62 |
| Figura 23. Captación de la central hidroeléctrica “El Chicche” | 63 |
| Figura 24. Imagen Panorámica De La Cuenca Del Río Chonta..... | 63 |
| Figura 25. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas. | 66 |
| Figura 26. Curva Hipsométrica de la cuenca Chonta | 73 |
| Figura 27. Frecuencia de altitudes de la cuenca Chonta..... | 74 |
| Figura 28. Punto emisor de la cuenca del río Chonta a 100 de la captación de la central hidroeléctrica el Chicche. | 75 |

| | |
|--|-----|
| Figura 29. Precipitaciones medias mensuales de la cuenca Chonta. | 77 |
| Figura 30. Caudales generados para el año promedio de la cuenca Chonta..... | 81 |
| Figura 31. Descargas medias generadas de la cuenca del río chonta con punto de descarga una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica el Chiche para diferentes usos. | 87 |
| Figura 32. Aforo del rio Chonta en una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación el Chicche- tubo de Pitot. | 121 |
| Figura 33. Aforo del rio Chonta en una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación el Chicche- tubo de Pitot. | 122 |
| Figura 34. Mapa de Isoyetas de precipitación para el mes de enero del 1° periodo..... | 128 |
| Figura 35. Canales de derivación de la cuenca del Río Chonta. | 142 |

RESUMEN

El presente trabajo titulado “Disponibilidad De Agua En La Cuenca Del Río Chonta Generada A Partir De Información Climática”, consiste en estimar los caudales medios mensuales y la disponibilidad de agua aprovechable para diferentes actividades; ya sea para uso agropecuario, consumo humano, industrial y energético generado por la cuenca, aplicando el modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz. Para ello realizamos la delimitación de la cuenca y calculamos sus parámetros geomorfológicos tomando como punto emisor una sección ubicada a 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”, se recopiló, completo y trato estadísticamente la información pluviométrica de ocho estaciones meteorológicas para luego calcular la precipitación media mensual de la cuenca mediante el método de Isoyetas, se determinó la precipitación efectiva, retención de la cuenca y abastecimiento de la retención; submodelos que se utilizan para procesar el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz. Los caudales obtenidos con el modelo de Lutz Scholz muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos y menores en los meses de estiaje; en los meses lluviosos varía de $7.54 \text{ m}^3/\text{s}$ a $4.92 \text{ m}^3/\text{s}$ y en los meses de estiaje de $3.85 \text{ m}^3/\text{s}$ a $1.78 \text{ m}^3/\text{s}$. Se determinó el volumen de agua disponible (MMC) para diferentes usos; para uso agrícola y pecuario el mayor volumen es de 18.17 MMC (Marzo) y el menor es de 3.89 MMC (Julio); para el consumo humano el mayor volumen es de 17.77 MMC (Marzo) y el menor es de 3.72 MMC (Julio); para uso industrial el mayor volumen es de 16.97 MMC (Marzo) y el menor es de 3.37 MMC (Julio); para Hidroenergía el mayor volumen es de 16.57 MMC (Marzo) y el menor es de 3.19 MMC (Julio).

Palabras clave: Cuenca del Río Chonta, Modelo Lutz Scholz, Caudales Medios Mensuales, Disponibilidad De Agua.

SUMMARY

The present work entitled "Availability of Water in the Chonta River Basin Generated from Climate Information", consists of estimating the average monthly flows and the availability of usable water for different activities; whether for agricultural, human, industrial and energy consumption generated by the basin, applying the stochastic deterministic model of Lutz Scholz. To do this, we delineate the basin and calculate its geomorphological parameters taking as a point emitter a section located 100 m upstream of the catchment of the hydroelectric power station "El Chicche", collected, complete and treated statistically the rainfall information of eight stations In order to then calculate the average monthly precipitation of the basin by means of the Isoyetas method, effective precipitation, retention of the basin and retention supply were determined; sub models that are used to process the stochastic deterministic model Lutz Scholz. The flows obtained with the Lutz Scholz model show a direct relationship with rainfall, being higher in the rainy months and lower in the dry months; in the rainy months it varies from 7.54 m³ / s to 4.92 m³ / s and in the dry months from 3.85 m³ / s to 1.78 m³ / s. The volume of available water (MMC) was determined for different uses; for agricultural and livestock use the largest volume is 18.17 MMC (March) and the lowest is 3.89 MMC (July); for human consumption the largest volume is 17.77 MMC (March) and the lowest is 3.72 MMC (July); for industrial use the largest volume is 16.97 MMC (March) and the lowest is 3.37 MMC (July); for Hydroenergy the largest volume is 16.57 MMC (March) and the lowest is 3.19 MMC (July).

Key words: Chonta River Basin, Lutz Scholz Model, Monthly Average Flows, Water Availability.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural, fundamental para el sostenimiento y desarrollo de diversas formas de vida en el planeta, lamentablemente hoy en día es un recurso cada vez más escaso debido a su mal uso, crecimiento poblacional y mal manejo de las fuentes del recurso. Su importancia radica también a que el agua está vinculada al crecimiento económico; pues gracias a este líquido elemento se desarrollan diversas actividades productivas tales como industria, transporte, agricultura, ganadería, entre otras que promueven el desarrollo económico y social de una región; es por ello que se debe estudiar y tener información básica de nuestras cuencas con la finalidad de proteger, manejar y hacer una buena gestión de este líquido vital.

El diseño de ingeniería de los proyectos de aprovechamiento requiere de información para su adecuado diseño. Desafortunadamente en la mayoría de las cuencas de nuestra región se dispone únicamente de datos climáticos; lo cual dificulta determinar la escorrentía y evaluar la producción hídrica de las cuencas. La estimación de escorrentía en los ríos es uno de los principales problemas a tener en cuenta para desarrollar una gestión óptima del recurso hídrico.

La falta de información hidrométrica nos conlleva a recurrir a métodos de cálculo matemático y modelamiento numérico para obtener un estimado de la escorrentía fluvial; obteniendo así datos oportunos y veraces que proporcionen una información adecuada para lograr una mayor eficiencia en la programación, ejecución y evaluación del manejo del agua en un sistema hidráulico.

La presente investigación pretende estudiar y analizar los datos climáticos y a partir de ellos obtener los caudales medios mensuales y la oferta hídrica para diferentes usos generados por la cuenca del río Chonta; para lo cual se deberá hacer un estudio hidrológico, un modelamiento hidrológico de balance y generación de escorrentía; valiéndose del modelo hidrológico Lutz Scholz, acompañado de programas tales como Auto Cad, Arc Gis, Exel; entre otros como una herramienta que facilita y agiliza los procesos de cálculo.

El ámbito de estudio será en este caso la cuenca del río Chonta; la cual tiene su origen en los cerros Carachugo y Chaquicocha, entre sus principales tributarios tenemos el río Azufre por la margen izquierda y al río Paccha por la derecha.

Debido que sus aguas tienen uso prioritario de regadío; se define como clase III (agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales); es una cuenca muy importante y de gran influencia en nuestra región; la cual no presenta estudios hidrológicos e hidráulicos para su mejor gestión y aprovechamiento.

1.1. PROBLEMA

La cuenca del río Chonta es una cuenca muy importante en nuestra región, sin embargo, se desconoce la disponibilidad de agua generada para diferentes usos tales como: uso agrícola-pecuario, consumo humano, industrial y energético.

La falta de información hidrométrica dificulta la gestión y manejo de la cuenca del río Chonta. Debido a esto se utiliza modelos hidrológicos tal como el modelo de Lutz Scholz que permite generar caudales medios mensuales de una cuenca.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Nuestra investigación busca responder a la siguiente pregunta:

¿Cuál es la disponibilidad de agua en la cuenca del Río Chonta generada a partir de información climática?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Gran parte del problema de la mala gestión y aprovechamiento del agua radica en que no se tienen datos de hidrometría lo suficientemente confiables lo cual dificulta el diseño de toda obra de aprovechamiento hídrico. Considerando que la cuenca en estudio es una de las más importantes en nuestro valle y no cuenta con estudios de esorrentía que faciliten su buena gestión y aprovechamiento se cree por conveniente estudiar y analizar la cuenca.

Esta investigación permitirá estimar la disponibilidad de agua de la cuenca del río Chonta para planificar el aprovechamiento óptimo del recurso, además de proporcionar datos hidrológicos que faciliten el diseño y operación de proyectos hidráulicos.

1.4. ALCANCES

La presente investigación está orientada a generar caudales medios mensuales que permitan estimar la disponibilidad hídrica de la cuenca del río Chonta, mediante el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz, utilizando como datos de entrada la precipitación y los parámetros geomorfológicos de la cuenca.

1.5. OBJETIVOS

Objetivo General

- Estimar la disponibilidad de agua, de esorrentía en el río Chonta, utilizando un modelo hidrológico.

Objetivos específicos

- a. Delimitar y calcular los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Chonta tomando como punto emisor una sección ubicada a 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”.
- b. Determinar la precipitación media mensual en la cuenca del río Chonta, tomando como punto emisor una sección ubicada a 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”.
- c. Realizar las mediciones hidrométricas tomando como punto de aforo una sección ubicada a 100 m. aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”.
- d. Estimar los caudales medios mensuales de esorrentía, del río Chonta mediante el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz para el periodo 1964-2016.
- e. Estimar la oferta hídrica mensual de la cuenca para uso agrícola, poblacional y energético.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

(SCHOLZ, L. 1980), desarrollo un modelo para lo cual analizó los datos hidrometeorológicos de 19 cuencas entre Cusco y Cajamarca, para lo cual procedió a calcular los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escorrentía promedio. En un segundo paso se ha establecido un conjunto de modelos estocásticos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en estas cuencas que carecen de información hidrométrica. Aplicando los datos meteorológicos regionalizados para la cuenca respectiva y los modelos parciales, se puede calcular los caudales mensuales. El tercer paso permite la generación de los caudales para un periodo extendido en el punto de la captación por el cálculo combinando la precipitación efectiva con las descargas del mes anterior por un proceso markoviano y calibrando el modelo integral por aforos ejecutados. Los parámetros del cálculo han sido determinados anteriormente por los valores del año promedio generados mediante el balance hídrico.

(TERÁN, N. 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.

(MAMANI, W. 2015) realizo un trabajo de investigación titulado “Generación De Descargas Medias Mensuales De La Cuenca Del Rio Coata Mediante El Método Determinístico –Estocástico Lutz Scholtz”; 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 rio Unocolla. En la investigación las precipitaciones de la cuenca del rio coata; para el periodo de 1996 al 2010, es de 717.70 mm para lo cual se emplearon 06 registros de precipitaciones pluviales y 01 registro de caudales medios mensuales, realizándose el análisis de saltos, con las respectivas pruebas estadísticas para verificar su grado de confiabilidad y consistencia en un 95% de probabilidad, encontrando que las series de precipitaciones históricas son consistentes para ser utilizado por el método hidrológico Lutz Scholz.

(NAJARRO, D. 2015) desarrollo el modelo lutz scholz calibrando sus parámetros a la cuenca del rio chacco; en el procedimiento fue necesario la determinación de las propiedades morfométricas de la cuenca y la caracterización de la red hídrica, en base a los registros de precipitaciones promedio mensuales en estaciones identificadas en la cuenca de estudio y los registros directos en la estación hidrométrica, puente chaco, se determina el modelo Lutz Scholz para sus dos componentes: el componente determinístico mediante el cual se obtienen los caudales medios mensuales para el año promedio, mientras el componente estocástico del modelo utilizado para la generación sintética de caudales mensuales medios, los resultados son contrastados con registros disponibles en el punto de aforo.

(JULCAMORO, F.2017) desarrollo una investigación la cual tuvo como objetivo evaluar la disponibilidad de agua en la microcuenca del rio El Tuyo, para lo cual utilizo el modelo determinístico- estocástico Lutz Scholz; el cual toma en cuenta la precipitación pluvial y parámetros físicos de la cuenca, que permiten generar caudales medios mensuales haciendo uso de un proceso determinístico, para un periodo extendido. Del análisis de las descargas medias mensuales generadas se determinó que la masa anual media en la microcuenca es de 8.37 m³/s, estando concentrado en la época de lluvias (octubre-abril) el 70% de la misma y el 30% restante, en la época de estiaje.

2.2. BASES TEÓRICAS

Ciclo Hidrológico

Se denomina ciclo hidrológico el conjunto de cambios que experimenta el agua en la Naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc). (CHEREQUE, W. 1991)

El ciclo hidrológico se lleva a cabo en tres estratos del sistema terrestre: atmósfera, o sea la capa gaseosa que envuelve el globo terráqueo, la litosfera que corresponde a la porción sólida de la superficie del globo y la hidrosfera, formada por los cuerpos de agua que cubren parte de la superficie de la tierra. Las moléculas de agua pueden pasar de un estado a otro absorbiendo o liberando calor. Pueden pasar del estado gaseoso al líquido por condensación; de sólido a gaseoso por sublimación, de sólido al líquido por fusión y del líquido al sólido por congelación. (CAHUANA, A y YUGAR, W. 2009)

Figura 1. Ciclo hidrológico del agua



Fuente: (SERVICIO GEOLÓGICO DE LOS ESTADOS UNIDOS-USGS)

Cuenca Hidrográfica

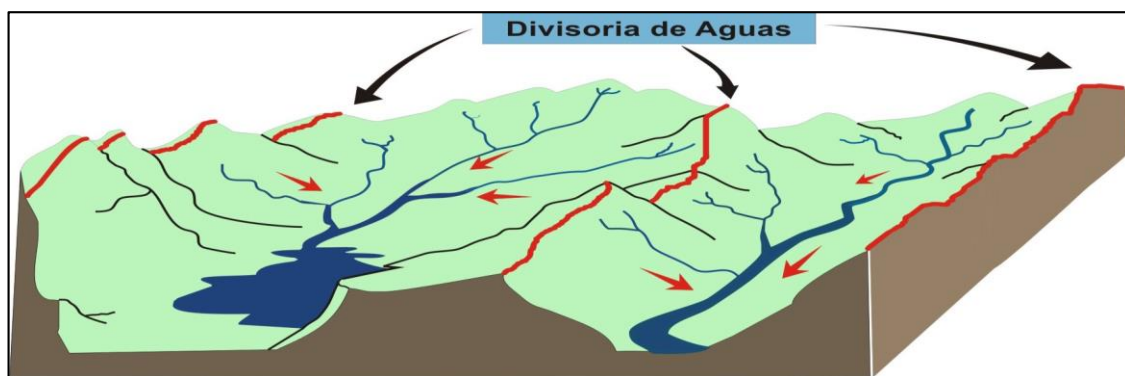
Las cuencas hidrográficas son unidades morfológicas superficiales, definidas por la divisoria de las aguas en un territorio dado donde el agua, los sedimentos y los materiales disueltos drenan hacia un punto común de salida.

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas; en las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago. En las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar. (GÁMEZ, W. 2010)

Divisoria de aguas

La divisoria de aguas o *divortium aquarum* es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre cuenca hidrográficas y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. También se denomina “parteaguas”. (ORDOÑEZ, J. 2011)

Figura 2.Divisoria de Aguas



Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

Cuenca Hidrológica

La definición de cuenca hidrológica es más integral que la de cuenca hidrográfica. Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo. (GÁMEZ, W. 2010)

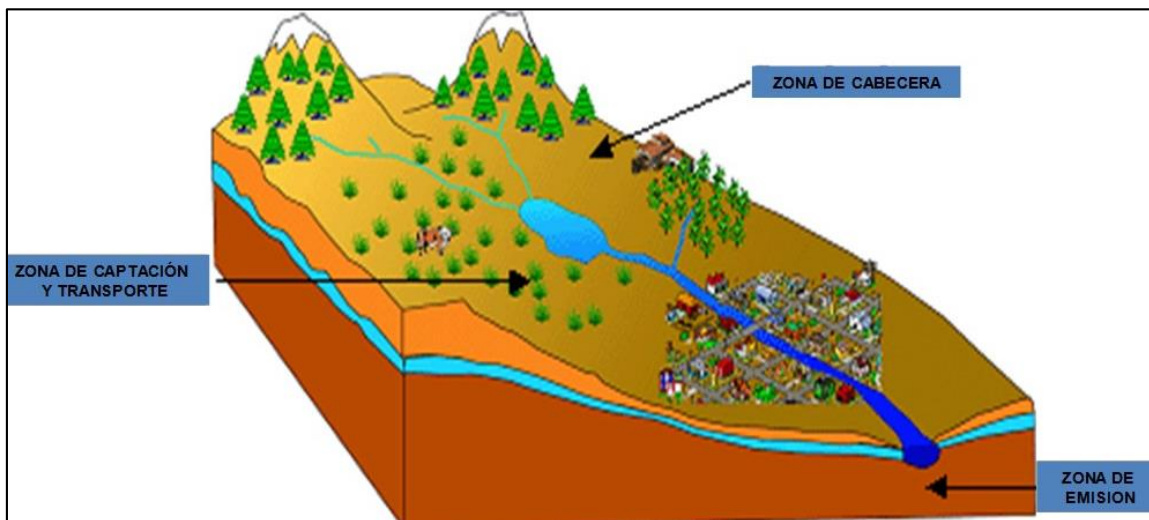
Tanto las cuencas hidrográficas como las hidrológicas se pueden subdividir en tres zonas de funcionamiento hídrico principales:

Zona de cabecera: Es la zona donde nacen las corrientes hidrológicas, por ende, se localizan en las partes más altas de la cuenca. Por su función principalmente de captación de agua presenta la mayor fragilidad hidrológica. (ORDOÑEZ, J. 2011)

Zona de captación-transporte: Es la porción de la cuenca que en principio se encarga de captar la mayor parte del agua que entra al sistema, así como transportar el agua proveniente de la zona de cabecera. Esta zona puede considerarse como de mezcla ya que en ella confluyen masas de agua con diferentes características físico-químicas. (ORDOÑEZ, 2011)

Zonas de emisión: Se caracteriza por ser la zona que emite hacia una corriente más caudalosa de agua proveniente de las otras dos zonas funcionales. (ORDOÑEZ, J. 2011)

Figura 3. Zonificación de la cuenca



Fuente: (ORDOÑEZ, J. 2011)

Delimitación De La Cuenca

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.

¿Cómo se traza la línea divisoria de una cuenca?

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

- Se define 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.

(ORDOÑEZ, J. 2011)

Parámetros Geomorfológicos

a. Área de la cuenca.

Este factor que, dependiendo de la ubicación de la cuenca, tiene importancia efectiva en la hidrografía del sistema. Para cuantificar primero es necesario, delimitar la cuenca, La delimitación de la cuenca se hace respecto a un punto de interés del cauce principal llamado punto emisor, el cual es el punto más bajo de la cuenca. (ORTIZ, O.1994).

El área se obtiene mediante el planimetrado de la superficie comprendida entre los límites del perímetro, y se expresa generalmente en Km². (ORTIZ, O. 1994).

b. Perímetro de la cuenca.

Es la longitud de la curva cerrada correspondiente al divorfium aquarum, se expresa generalmente en Km y se determina mediante el curvímetro. (ORTIZ, O. 1994).

c. Longitud del cauce

La longitud del cauce es un parámetro asociado con la geometría y tiempo de concentración; en consecuencia, expresa de alguna manera el grado de intensidad de la escorrentía directa de la cuenca. Se mide con el curvímetro y se expresa en Km, siendo la distancia en que hay entre el punto emisor y el extremo final del tramo de igual orden que el de la cuenca. (ORTIZ, O. 1994)

d. Parámetros de forma

Dada la importancia de la configuración de las cuencas, se trata de cuantificar parámetros por medio de índices o coeficientes, los cuales relacionan el movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a tal movimiento (hidrogramas). (CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

❖ Índice de compacidad o coeficiente de Gravelius (Ic)

Es el cociente que existe entre el perímetro de la cuenca respecto al perímetro de un círculo del área de la misma cuenca.

$$Ic = \frac{P}{P_o} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.282 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (1)$$

Si $I_c=1$ la cuenca es de forma circular. Este coeficiente nos dará luces sobre la escorrentía y la forma del hidrograma resultante de una determinada lluvia caída sobre la cuenca.

Si: $I_c \approx 1$ cuenca regular

$I_c \neq 1$ cuenca irregular; (I_c grande, menos susceptible a inundaciones).

(CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

❖ **Factor de forma.**

Fue definido por Horton, como el cociente entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud del cauce principal. (CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

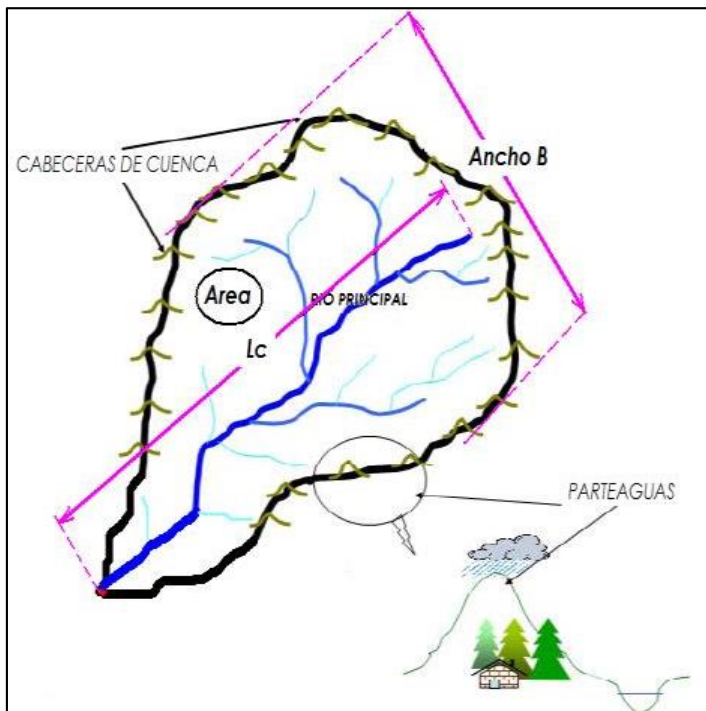
Una cuenca con factor de forma bajo, esta menos sujeta que otra del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma. (MONSALVE, G. 1999)

$$F_f = \frac{B}{L_c} \tag{2}$$

Ancho promedio de la cuenca:

$$B = \frac{A}{L_c} \tag{3}$$

Figura 4. Partes de la cuenca



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

$$F_f = \frac{A}{L_c^2} \tag{4}$$

Donde:

B = Ancho promedio de la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (km²)

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

❖ **Relación de circularidad (Rci).**

Relación de circularidad, (Rci), denominado también como radio de circularidad, es el cociente entre el área de la cuenca (A) y la del círculo cuyo perímetro (P) es igual al de la cuenca:

$$Rci = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (5)$$

Dónde: A= Área de la cuenca en km²; P= perímetro de la cuenca en km.

Cuando Rci = 1, La cuenca es circular y si Rci = 0.785, la cuenca es cuadrada.

(CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

e. Parámetros de relieve.

Para describir el relieve de una cuenca existen numerosos parámetros que han sido desarrollados por varios autores; entre los más utilizados son:

❖ **Pendiente de la cuenca.**

La pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.

Existen diversos criterios para evaluar la pendiente media de una cuenca, entre las que se destacan son: criterio de Albord y criterio de Horton

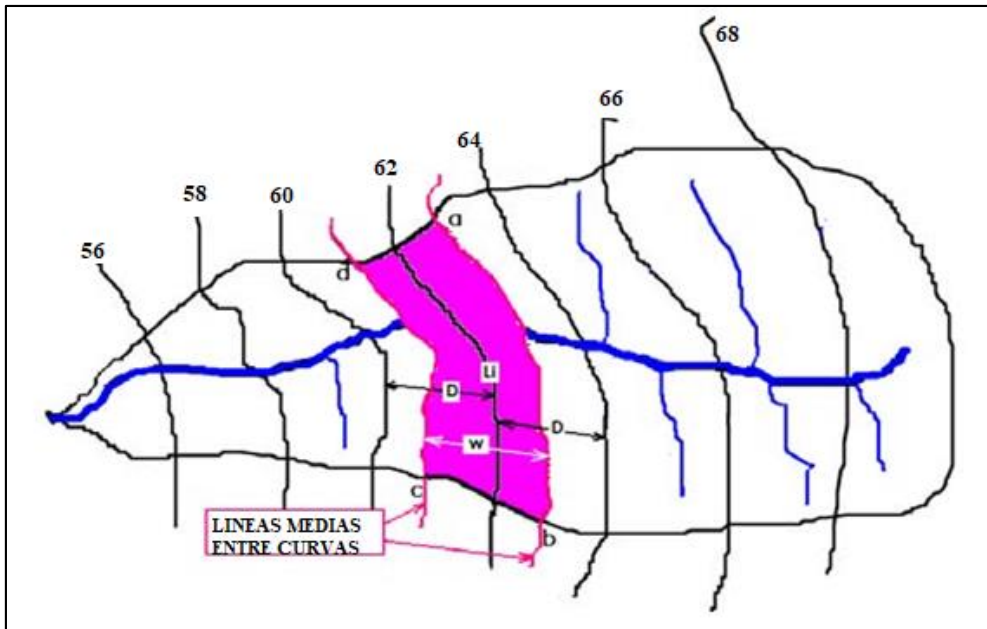
(CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

Criterio J.W. Alvord

Analiza la pendiente existente entre curvas de nivel, trabajando con la faja definida por las líneas medias que pasan entre las curvas de nivel. (CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

Para una de ellas la pendiente es:

Figura 5. Criterio de J.W. Alvorod.



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

Con relación a la Figura 3, se tiene la siguiente simbología:

a_1 = área de la faja a, b, c, d, en Km^2

w_1 = ancho promedio de la faja abcd, en Km.

L_1 = longitud de la curva de nivel 62, en Km.

S_1 = pendiente promedio de la faja a, b, c, d, adimensional.

S_c = pendiente promedio de la cuenca, adimensional.

D_e = intervalo o desnivel constante entre curvas de nivel, en Km.

A = área o tamaño de la cuenca, en Km^2 .

L_n = longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en Km.

Entonces, se cumple que: $S_1 = D/w_1 = D(L_1)/a_1$ y la pendiente de la cuenca S_c , será el promedio pesado (ponderado) de las pendientes de cada faja, en relación a su área, esto es:

$$S_c = D/(L_1)/a_1 [(a_1/A)] + D(L_2)/a_2 [(a_2/A)] + \dots + D(L_n)/a_n [(a_n/A)] \quad (6)$$

De donde se obtiene, al simplificar y factorizar:

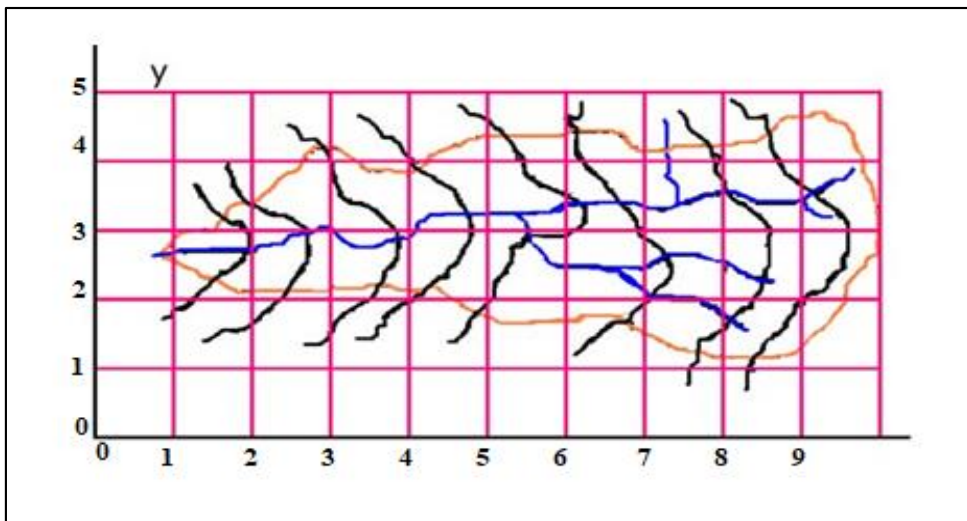
$$S_c = D/A (L_1 + L_2 + \dots + L_n) = DL_n/A \quad (7)$$

$$S_c = \frac{D(L_n)}{A} \quad (8)$$

Criterio de R.E. Horton

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, 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. (CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

Figura 6. 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.

Debiéndose respetar las recomendaciones citadas a este respecto en el criterio de Alvord, anteriormente descrito.

Horton considera que la pendiente media puede determinarse como:

$$S_c = \frac{N D_e \sec\Phi}{L} \quad (11)$$

Donde:

$$N = N_x + N_y$$

$$L = L_x + L_y$$

Φ = 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:

Promedio aritmético:

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2} \quad (12)$$

Promedio aritmético:

$$S_c = \sqrt{S_x S_y} \quad (13)$$

❖ **Altitud media**

Está definida por la ordenada media H de la curva hisométrica, o sea:

$$\bar{H} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i A_i \quad (14)$$

❖ **Pendiente del cauce principal**

En general, la pendiente del cauce principal varía a lo largo de toda su longitud, siendo necesario usar un método adecuado para estimar una pendiente representativa. El concepto generalizado de que la pendiente es el cociente dado por la diferencia de alturas entre la longitud del cauce es muy inexacto e impreciso. Y para salvar este inconveniente

se han desarrollado métodos basados en el perfil longitudinal del río o relieve y considerando una pendiente equivalente. (ORTIZ, O. 1994)

Ecuación de Taylor y Schwars:

$$S_0 = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad (15)$$

Donde:

- S_0 = Pendiente del cauce principal
- n = número de tramos iguales en los cuales se subdivide el perfil
- S_1, S_2, \dots, S_n = Pendiente de cada tramo, según $s = \frac{H}{L}$

f. Longitud de máximo recorrido (L)

Es la mayor trayectoria de la partícula de agua desde el punto más alto, desde el divortium acuarium hasta el punto receptor o punto emisor de la cuenca.

g. Tiempo de concentración

Es un parámetro que se usa intensamente en los cálculos de la relación precipitación-escorrentía es el tiempo de concentración de la cuenca que es el tiempo que una partícula tarda en llegar del punto más alejado al punto de desagüe. (FATORELLI, S. y FERNÁNDEZ, P. 2011)

Existen diversas fórmulas para su estimación, entre las más usadas se tiene:

- Kirpich (1940). Desarrolla con información proporcionada por el Soil Conservation Service (SCS) en siete cuencas en Tennessee (USA) de áreas comprendidas entre 0.0051 y 0.433 km², en canales de altas pendientes (3- 10%). Es una de las fórmulas más tradicionales que expresa el tiempo de concentración así:

$$T_c = 0.000325 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77} \quad (16)$$

Donde:

L , es la longitud del cauce principal en metros.

S , es la pendiente del cauce principal en m/m.

h. Numero de orden del cauce

Es un número que refleja el grado de ramificación de la red de drenaje. (CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

Existen diversos criterios para el ordenamiento de los cauces de la red de drenaje en una cuenca hidrográfica; según:

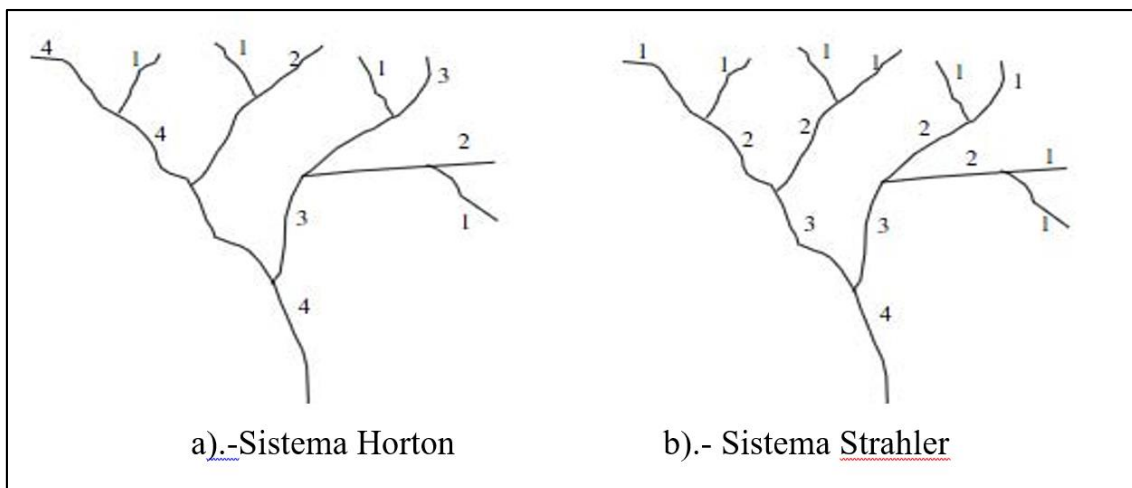
- **El sistema Horton**

- Los cauces de primer orden (1) son aquellos que no poseen tributarios,
- Los cauces de segundo orden (2) tienen afluentes de primer orden,
- Los cauces de tercer orden (3) reciben influencia de cauces de segundo orden.
- Un canal de orden n puede recibir tributarios de orden $n-1$ hasta 1

- **Sistema Strahler**.- para evitar la subjetividad de la designación en las nacientes determina que:

- Todos los cauces serán tributarios, aun cuando las nacientes sean ríos principales.
- El río en este sistema no mantiene el orden en toda su extensión.
- El orden de una cuenca está dado por el orden del cauce principal.

Figura 7. Número de orden del cauce.



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

Precipitación

Las nubes son arrastradas por los vientos, algunas permanecen sobre los océanos y, otras son trasladadas hacia los continentes. En estos movimientos pueden enfriarse, por medio de los cuales las gotitas que forman las nubes se pueden agrandar, ya sea porque se juntan entre ellas o porque se aglomeran alrededor de partículas que flotan en la atmósfera. Al

agrandarse las gotas de agua caen por su propio peso hacia la superficie de la tierra, provocando las precipitaciones.

Las precipitaciones que se producen con temperaturas sobre 0°C , caen en forma de lluvia. Las gotas de lluvia se congelan si la temperatura es bajo 0°C y la precipitación es en forma de nieve o de granizo, estado sólido del agua. En relación al diseño hidrológico, la lluvia y la nieve tienen mayor importancia. (FATORELLI, S. y FERNÁNDEZ, P. 2011)

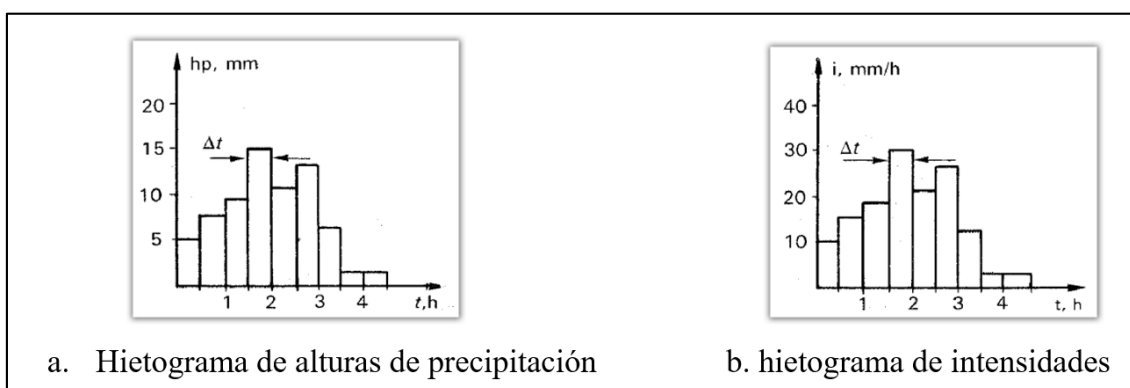
a. Hietograma

Gráfico de barras que expresa precipitación en función del tiempo en intervalos regulares de tiempo (hietograma de precipitación, Figura a, referida a un día o a una tormenta concreta. En la Figura b, se puede observar un hietograma de intensidades que corresponde a una tormenta registrada por un pluviograma.

El intervalo de tiempo depende del tamaño de la cuenca. Por ejemplo, para cuencas pequeñas, se usan intervalos de minutos, y para cuencas grandes, los intervalos son generalmente de horas.

Los hietogramas son muy utilizados en el diseño de tormentas, para el estudio de caudales máximos, y se deriva de la curva de masa. El área bajo el hietograma representa la precipitación total recibida en ese período. (CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

Figura 8. Hietogramas.



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

Tratamiento de la información climatológica.

a. Análisis de los datos de precipitación

La información pluviométrica o pluviográfica antes de ser estudiada en su comportamiento debe ser revisada y analizada en tres aspectos importantes: si los datos de la estación es completa, si es consistente y si es de extensión suficiente.

b. Completación y extensión de fatos faltantes.

Los procedimientos para efectuar la completación y extensión de datos hidrometeorológicos se basan en la aplicación de técnicas estadísticas y matemáticas. En todos los casos, debe analizarse la confiabilidad de la técnica utilizada.

La completación se refiere a la determinación de los datos faltantes en la serie incompleta, mientras que la extensión es el “alargue” de registros cortos (menor de 30 años de información). Esto se hace con información de buena calidad.

• Método de 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:

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\frac{N_x}{N_1} P_1 + \frac{N_x}{N_2} P_2 + \dots + \frac{N_x}{N_n} P_n \right] \quad (17)$$

Donde:

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

N_1, N_2, \dots, N_n = precipitación media anual o mensual de 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. (CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

• Método de regresión lineal.

Para la completación se usa preferentemente la regresión lineal simple que puede ser correlación cruzada o autocorrelación.

La correlación cruzada es un cruce de información. Se emplea cuando existe información de estaciones vecinas o se cuenta con información de algunas cuencas de carácter similar a la analizada.

La autocorrelación, llamada también correlación seriada o serial, consiste en correlacionar datos correspondientes al registro de una misma muestra hidrológica, considerando un desfase en el tiempo o desfasaje.

Para la extensión se usan modelos de regresión lineal simple y múltiple.

En forma general, el modelo matemático más usado para transferir información hidrológica es el modelo de regresión lineal simple.

$$y_t = a + b x_t \quad (18)$$

donde:

y_t = Variable hidrológica dependiente

x_t = Variable hidrológica independiente

a y b = Parámetros de la ecuación.

$$b = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (19)$$

$$a = \bar{y}_1 - b \bar{x}_1 \quad (20)$$

Donde:

N_1 = Tamaño del registro común a ambas series o tamaños del registro corto.

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum y_i}{N_1}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum x_i}{N_1}$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (21)$$

$$S_{t(y)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left(\sum_{i=1}^{N_1} (y_i - \bar{y}_1)^2 \right)}$$

$$S_{t(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left(\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right)}$$
(22)

Donde:

\bar{y}_1 y \bar{x}_1 = Son los estimados de las medias de los períodos comunes, de tamaño N1 de las variables y_t e x_t .

$S_{t(y)}$, $S_{t(x)}$ = Son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar, de y_t y x_t de los períodos comunes de tamaño N1.

r = Coeficiente de correlación.

La ecuación de completación o extensión resulta:

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{t(y)}}{S_{t(x)}} (x_t - \bar{x}_1)$$
(23)

Donde:

x_t = Serie de registro “largo” de tamaño $N = N_1 + N_2$

N_1 = Tamaño del registro común.

N_2 = Tamaño del registro no común.

Criterios de confiabilidad.

a) Cálculo del estadístico T_c , según:

$$T_c = \frac{r \sqrt{(N_1 - 2)}}{\sqrt{(1 - r^2)}}$$
(24)

Donde:

T_c = Valor del estadístico T calculado.

N_1 = Tamaño del registro común de las series.

r = Coeficiente de correlación.

b) Cálculo de T_t

El valor de T_t se obtiene de tablas para $\alpha = 0.05$ y G.L. = $N_1 - 2$

c) Criterios de decisión

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

Si $|T_c| > T_t \rightarrow r$ es significativo, por lo que sí existe correlación significativa entre las variables y_t y x_t , y se puede usar la expresión (23).

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

c. Análisis de consistencia

El análisis de consistencia de la información es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no-homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológica. La no-homogeneidad e inconsistencia en series hidrológicas constituye uno de los aspectos más importantes en los estudios hidrológicos contemporáneos, pues un error significativo introducido en el análisis podría afectar o falsear los resultados. (ORTIZ, O. 1995)

Análisis de Saltos

Definición

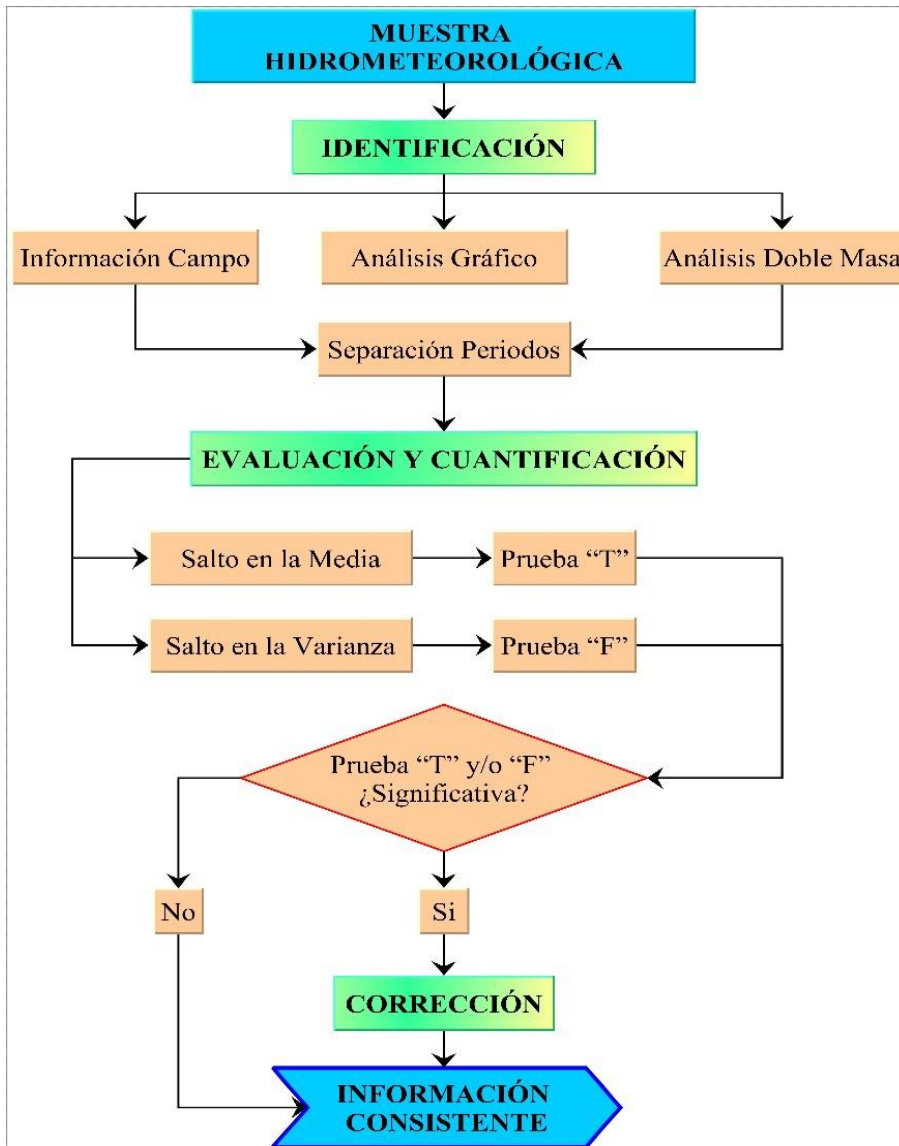
Se llama salto a la forma determinística transitoria, que permiten a una serie temporal pasar de un estado a otro, como respuesta a ciertos cambios propiciados por el hombre, debido al continuo desarrollo y explotación de los recursos hidráulicos en la cuenca o a cambios violentos ocurridos en la naturaleza.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

Procedimiento de análisis

El procedimiento de análisis consiste en la realización de tres actividades básicas: identificación, cuantificación y corrección de saltos.

En la figura 3 se presenta el esquema simplificado para el análisis de saltos que consiste en la realización de tres actividades principales: (1) Identificación de salto, (2) Evaluación - cuantificación y (3) Corrección y/o eliminación.

Figura 9. Flujograma para el análisis de saltos.



Fuente: (JULCAMORO, F. 2017)

Identificación de saltos

En esta etapa se realiza la identificación de saltos, la causa de su origen y, mediante la combinación de tres criterios: a) información de campo, b) análisis gráfico y, c) análisis de doble masa se puede determinar si el error es de tipo natural o artificial.

Análisis Gráfico

Consiste en un análisis visual de la información original; para lo cual la información hidrometeorológica se grafica en coordenadas cartesianas representando en el eje de las

ordenadas el valor de la información (precipitación, descargas, etc.) y en el eje de las abscisas el tiempo cronológico respectivo (anuales, mensuales, semanales, diarios).

Este primer análisis sirve para tener una primera aproximación acerca de la bondad de los datos y separar los periodos dudosos de los confiables para tenerlos en cuenta en el análisis de doble masa y en las pruebas de consistencia. (ORTIZ, O. 1995)

Análisis de Doble Masa

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

Esta técnica consiste en seleccionar la información de una o varias Estaciones de la cuenca, llamadas(s) Estación(es) Índice, cuyos datos se consideran confiables. Esta información sirve de comparación para el resto de Estaciones. El procedimiento es como sigue:

Plotear, en el eje de las abscisas, el promedio de los datos anuales acumulados de la(s) Estación(es) Índice versus los datos acumulados anuales de cada Estación que se estudia, en el eje de las ordenadas.

Los análisis gráficos y de doble masa, sirven básicamente para establecer sospechas de posibles errores y para la determinar los rangos de los periodos dudosos y confiables correspondientes a cada Estación en estudio.

Para efecto del análisis de doble masa, los datos faltantes se pueden completar con la media mensual (si el análisis es mensual) o por interpolación mediante regresión simple o múltiple. (ORTIZ, O. 1995)

Evaluación y cuantificación de saltos

La evaluación y cuantificación de los errores detectados en la forma de saltos se realiza mediante un análisis estadístico; vale decir, un proceso de inferencia para las medias y desviación estándar de ambos periodos (dudoso y confiable).

Consistencia en la Media

La consistencia en la media se verifica mediante la prueba estadística “T” de Student. Se trata de analizar si las medias de los datos correspondientes a los periodos dudoso y confiable son equivalentes o diferentes estadísticamente, para cierto nivel de significación o preestablecido. (ORTIZ, O. 1995)

El procedimiento de la prueba T es el siguiente:

Formulación de la hipótesis:

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

La hipótesis alterna **HA** queda definida así: “Las medias muestrales de los datos correspondientes a los periodos dudoso y fiable no son equivalentes estadísticamente a un nivel de confianza de $100-\alpha$ ”

Estadísticamente, las hipótesis anteriores se expresan como sigue:

$$HP: \bar{X}_1 = \bar{X}_2 \quad HA: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$$

Determinación del T tabular “Tt”

El número de grados de libertad total se expresa:

$$GL = n_1 + n_2 - 2 \quad (25)$$

Determinación del T calculado “Tc”

El estadístico “Tc “ se calcula mediante las expresiones siguientes:

$$T_c = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{S_d} \quad (26)$$

$$S_d = S_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (27)$$

$$S_p = \left[\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (28)$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_1 - \bar{X}_1)^2 \quad (29)$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2-1} \sum_{i=1}^{n_2} (x_2 - \bar{X}_2)^2 \quad (30)$$

Donde:

S_d : Desviación estándar de las diferencias de las medias.

S_p : Desviación estándar ponderada.

$\bar{X}_1; \bar{X}_2$: Media muestral del periodo 1 y 2 respectivamente.

$S_1; S_2$: Desviación estándar muestral del periodo 1 y 2.

$X_1; X_2$: Datos de la serie analizada del periodo 1 y 2

$n_1; n_2$: Número de datos del periodo 1 y 2 respectivamente.

Criterios de aceptación o rechazo

Si $|T_c| \leq T_t, (\alpha = 5\%) \leftrightarrow \text{Aceptar } HP$ Medias son iguales

$|T_c| > T_t, (\alpha = 5\%) \leftrightarrow \text{Aceptar } HA$ Medias son diferentes

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

Consistencia en la Desviación Estándar

La homogeneidad de las varianzas se verifica mediante la prueba “F” de Fisher, según el siguiente procedimiento:

Formulación de la Hipótesis

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

$$HP: S_1^2 = S_2^2 ; (\alpha = 5\%)$$

$$HA: S_1^2 \neq S_2^2 ; (\alpha = 5\%)$$

Determinación del F calculado “Fc”

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \leftrightarrow \text{sí : } S_1^2 > S_2^2 \quad (31.a)$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \leftrightarrow \text{sí : } S_2^2 > S_1^2 \quad (31.b)$$

Determinación del F tabular “Ft”

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

$$\text{Sí : } S_1^2 > S_2^2 \quad G.L.N = n_1 - 1 ; G.L.D = n_2 - 1 \quad (32.a)$$

$$\text{Sí : } S_2^2 > S_1^2 \quad G.L.N = n_2 - 1 ; G.L.D = n_1 - 1 \quad (32.b)$$

Donde:

$G.L.N$: Grados de libertad del numerador.

$G.L.D$: Grados de libertad del denominador.

Criterios de aceptación o rechazo

$F_c \leq F_t, (95\%) \leftrightarrow \text{Aceptar HP(muestra consistente)}$

$F_c > F_t, (95\%) \leftrightarrow \text{Aceptar HA(muestra inconsistente)}$

Corrección de datos

Si el periodo 1 es el dudoso y el periodo 2 es el confiable:

$$X'_t = \left(\frac{x_t - \bar{X}_1}{S_1} \right) S_2 + \bar{X}_2 \quad (33.a)$$

Si el periodo 1 es el confiable y el periodo 2 es el dudoso:

$$X'_t = \left(\frac{x_t - \bar{X}_2}{S_2} \right) S_1 + \bar{X}_1 \quad (33.b)$$

Donde:

X'_t : Dato a corregir.

X_t : Dato corregido.

Análisis de Tendencias

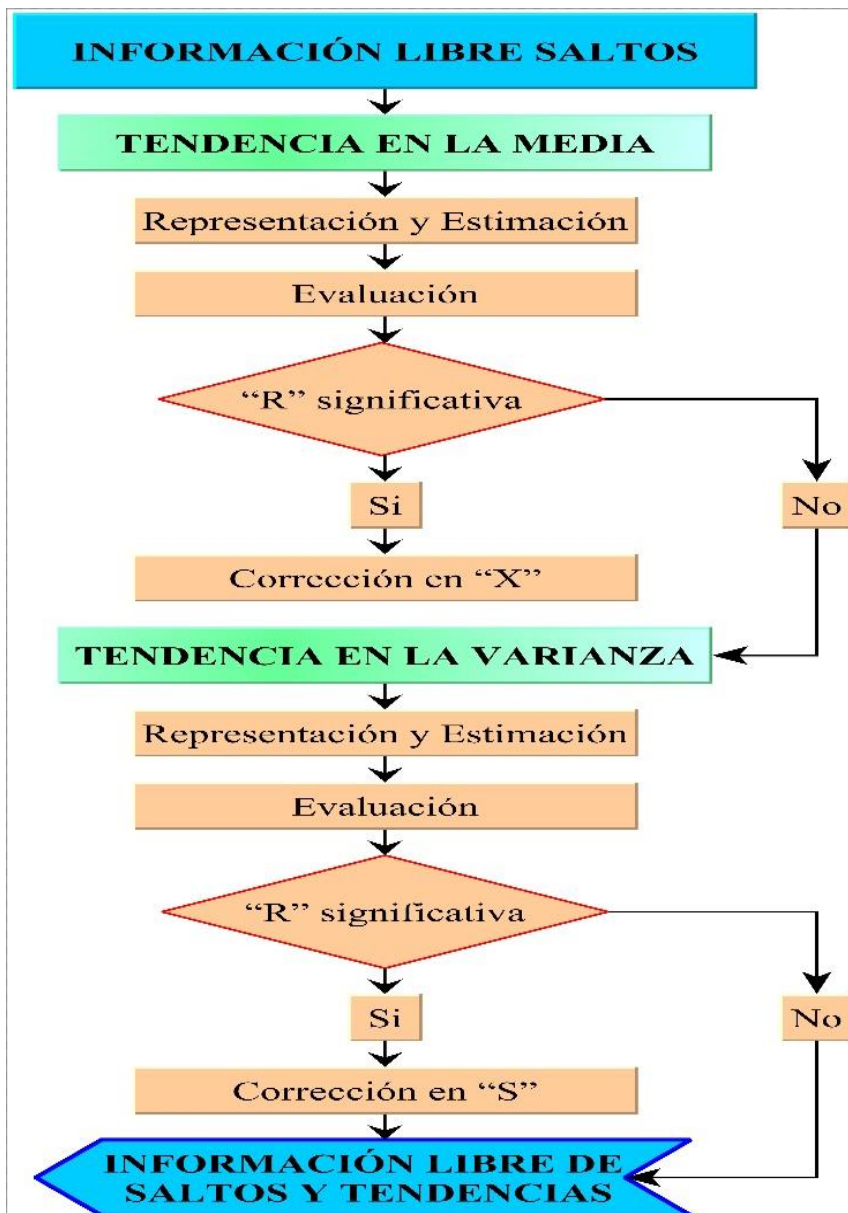
Definición

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

Las tendencias por lo general, pueden ser aproximadas por la ecuación de regresión lineal y en algunos casos por polinomios que representan tendencia curvilínea o exponencial.

Las tendencias, al igual que los saltos, se presentan en la media y en la varianza. (ORTIZ, O. 1995)

Figura 10. Flujograma para el análisis de tendencias.



Fuente: (JULCAMORO, F. 2017)

Procedimiento de Análisis

Un esquema simplificado para el análisis de tendencias en datos hidrometeorológicos se presenta en la figura 8. Previamente al desarrollo del esquema se ha analizado y corregido los saltos existentes para luego analizar la tendencia en la media y en la desviación estándar en ese orden; justificándolo físicamente con la información de campo obtenida y evaluando su significación mediante un procedimiento estadístico.

Tendencia en la Media

Representación

La tendencia en la media puede expresarse en forma general por el siguiente polinomio:

$$T_{m,p,t} = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots \quad (34)$$

Para muchos casos para estimar esta tendencia es suficiente la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_{m,p,t} = A_m + B_m t \quad (35)$$

Donde:

$T_{m,p,t}$: Tendencia en la media de la información hidrometeorológica corregida o sin salto (proceso estocástico no estacionario)

$A_m + B_m$: Coeficientes de la ecuación de regresión.

t : Tiempo tomado como la variable independiente en el análisis de regresión para evaluar la tendencia, y su valor se halla:

$p = 1, 2, \dots, n$: número de años del registro τ

$\tau = 1, 2, \dots, w$: periodo básico e igual a 365, 52 ó 12, según que la serie sea diaria, semanal o anual, respectivamente.

Estimación

Con la información que se tiene se calcula los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple dados en la ecuación:

$$A_m = \bar{T}_{m,p,t} - B_m \bar{t} \quad (36)$$

$$B_m = R \frac{S_{Tm}}{S_t} \quad (37)$$

$$R = \frac{\bar{t} \bar{T}_{m,p,t} - \bar{t} \bar{T}_{m,p,t}}{S_t S_{Tm}} \quad (38)$$

$$T_{m,p,t} = X'_t \quad (39)$$

$$\bar{T}_{m,p,t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{m,p,t})_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X'_t)_i \quad (40)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (41)$$

$$\overline{t * T}_{m,p,t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{m,p,t})_i t_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X'_t)_i * t_i \quad (42)$$

$$S_{Tm}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[(T_{m,p,t})_i - \bar{T}_m \right]^2 = S_{X',t} \quad (43)$$

$$S_t^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \quad (44)$$

Donde:

$\bar{T}_{m,p,t}$: Promedio de la tendencia e igual al promedio de los datos corregidos.

\bar{t} : Promedio del tiempo "t".

$\bar{t} \bar{T}_{m,p,t}$: Promedio del producto de la tendencia por el tiempo.

S_{Tm} : Desviación estándar de la tendencia en la media.

S_t : Desviación estándar del tiempo "t".

R : Coeficiente de correlación lineal simple entre la tendencia en la media y el tiempo en consideración.

Evaluación

Para averiguar si la tendencia es significativa se analiza el coeficiente de regresión "Bm" o el coeficiente de correlación "R". En este caso se analiza R según el estadístico "T" de Student, desarrollando los siguientes pasos:

Formulación de la hipótesis

HP: $R = 0$; ($\alpha = 5\%$) HA: $R \neq 0$; ($\alpha = 5\%$)

Cálculo del T calculado "Tc"

$$T_c = \frac{R(n-2)^{\frac{1}{2}}}{(1-R^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (45)$$

Donde:

T_c : Valor del estadístico T calculado.

n : Número de datos.

R : Coeficiente de correlación lineal.

Determinación del T tabular "Tt"

$$GL = n - 2; (\alpha = 5\%) \quad (46)$$

Criterios de aceptación o rechazo

$|T_c| \leq T_t (\alpha = 95\%)$ Aceptar H_0 (prueba no significativa)

$|T_c| > T_t (\alpha = 95\%)$ Aceptar H_A (prueba significativa)

Eliminación de la Tendencia en la Media

Si R resulta significativo entonces la tendencia es significativa siendo necesaria su corrección respectiva, mediante la siguiente ecuación:

$$Y_{p,t} = X'_{p,t} - T_{m,p,t} \quad (47)$$

$$Y_{p,t} = X'_{p,t} - (A_m + B_m t) \quad (48)$$

$$Y_{p,t} = X'_{p,t} - T_{m,p,t} + \bar{T}_m \quad (49)$$

$$Y_{p,t} = X'_{p,t} - (A_m + B_m t) + \bar{T}_m \quad (50)$$

Donde:

$Y_{p,t}$: Serie sin tendencia en la media.

$X'_{p,t}$: Serie corregida de saltos.

$T_{m,p,t}$: Tendencia en la media.

\bar{T}_m : Promedio de la tendencia en la media o promedio de los valores corregidos de salto.

Tendencia en la Varianza

Representación

La tendencia por lo general se presenta en los datos semanales o mensuales no así en anuales. Esta tendencia al igual que la media puede ser aproximada por la ecuación de regresión polinomial tal como:

$$T_{S_{p,t}} = A_s + B_s t + C_s t^2 + D_s t^3 + \dots \quad (51)$$

$$T_{S_{p,t}} = A_s + B_s t \quad (52)$$

Donde:

$T_{S_{p,t}}$: Tendencia en la desviación estándar.

τ : 1,2,3, . . . , n

n : Número total de años.

A_s, B_s : Coeficiente de la ecuación de regresión que debe ser estimado.

Estimación

Para estimar la tendencia en la desviación estándar se procede en la forma siguiente:

1. A la información sin tendencia en la media se divide en varios periodos (años).
2. Para cada periodo (año) se calcula su desviación estándar respectiva, obteniéndose tantos valores de desviación estándar como periodos agrupados se disponga, según:

$$S_p = \left[\frac{1}{w-1} \sum_{i=1}^w (Y_{p,t} - \bar{Y}_p)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (53)$$

Donde:

S_p : Desviación Estándar para el período p (año p).

$Y_{p,t}$: Serie sin tendencia en la media.

\bar{Y}_p : Promedio del periodo p.

w : 12, 52, 365 o si el análisis es con información mensual, semanal o diaria.

p : 1,2,3... n

3. Se determina los parámetros de regresión lineal simple de la ecuación (54), a partir de las desviaciones anuales “ S_p ” y el tiempo “ t ” (en años):

$$A_s = \bar{T}_{S_{p,t}} - B_s \bar{t} \quad (54)$$

$$B_s = R \frac{S_{Ts}}{S_t} \quad (55)$$

$$R = \frac{\bar{t} \bar{T}_{S_{p,t}} - \bar{t} \bar{T}_{S_{p,t}}}{S_t * S_{Ts}} \quad (56)$$

$$\bar{T}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_p)_i \quad (57)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (58)$$

$$\bar{t} \bar{T}_{S_{p,t}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_p)_i t_i \quad (59)$$

$$S_{Ts}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(S_p)_i - \bar{S}_p]^2 \quad (60)$$

$$S_t^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \quad (61)$$

Donde:

- R : Coeficiente correlación lineal simple entre la tendencia en la media y el tiempo en consideración para el período p (año p).
- \bar{T}_s : Promedio de la tendencia.
- \bar{t} : Promedio del tiempo cronológico.
- S_{Ts} : Desviación Estándar de la tendencia en la media.
- S_t : Desviación Estándar del tiempo t.

Evaluación

Para averiguar si la tendencia es significativa se analiza el coeficiente de correlación “R” según el estadístico "T" de Student tal como se mostró para la tendencia en la media.

Formulación de la Hipótesis

$$HP: R = 0; (\alpha = 5\%) \quad HA: R \neq 0; (\alpha = 5\%)$$

Cálculo del estadístico Tc según: (T calculado)

$$T_c = \frac{R(n-2)^{\frac{1}{2}}}{(1-R^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (62)$$

Determinación del T tabular "Tt":

$$GL = n - 2; (\alpha = 5\%) \quad (63)$$

Criterios de aceptación o rechazo:

$$|T_c| \leq T_t, (\alpha = 95\%) \leftrightarrow \text{Aceptar } HP("R" \text{ no significativa})$$

$$|T_c| > T_t, (\alpha = 95\%) \leftrightarrow \text{Aceptar } HA("R" \text{ significativa})$$

Eliminación de la tendencia en la varianza

Si el coeficiente de correlación resulta significativo en la prueba estadística, entonces la tendencia en la desviación estándar es significativa siendo necesario su corrección de la forma siguiente:

$$Z_{p,t} = \frac{Y_{p,t} - T_{m,p,t}}{TS_{p,t}} \quad (64)$$

$$Z_{p,t} = \left[\frac{Y_{p,t} - T_{m_{p,t}}}{T_{S_{p,t}}} \right] * \bar{T}_{S_{p,t}} + \bar{T}_{m_{p,t}} \quad (65)$$

$$Z_{p,t} = \left[\frac{Y_{p,t} - (A_m + B_m t)}{A_s + B_s t} \right] * \bar{T}_{S_{p,t}} + \bar{T}_{m_{p,t}} \quad (66)$$

Donde:

$Z_{p,t}$: Serie sin tendencia en la media ni en la desviación estándar.

$T_{m_{p,t}}$: Tendencia en la media.

$T_{S_{p,t}}$: Tendencia en la desviación estándar.

Evaporación Y Transpiración

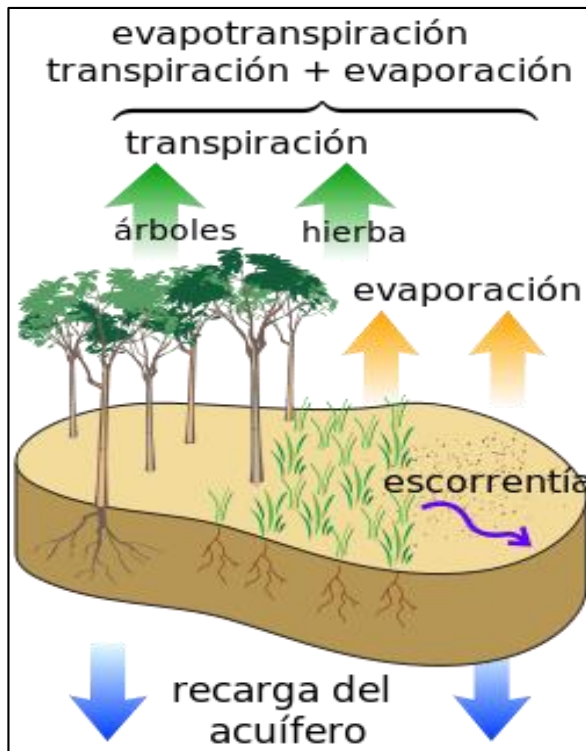
Evaporación es el proceso por el cual el agua pasa del estado líquido en que se encuentra en los almacenamientos, conducciones y en el suelo, en las capas cercanas a su superficie, a estado gaseoso y se transfiere a la atmósfera. (APARICIO, F.1992)

Transpiración es el agua que se despiden en forma de vapor de las hojas de las plantas. Esta agua es tomada por las plantas, naturalmente, del suelo. (APARICIO, F.1992)

Evapotranspiración es la combinación de evaporación y transpiración.

Uso consuntivo es la combinación de evapotranspiración y el agua que las plantas retienen para su nutrición. Esta última cantidad es pequeña en comparación con la evapotranspiración (aproximadamente representa sólo el 1%), por lo que los términos evapotranspiración y uso consuntivo se usan como sinónimos. (APARICIO, F.1992)

Figura 11. Proceso de la evapotranspiración.



Fuente: (ALLEN, R. 2006)

Infiltración

Proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores; producto de la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. (CAHUANA, A. y YAGUAR, W. 2009)

Escurrimiento superficial

es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre el escurrimiento 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 este escurrimiento, se denomina precipitación en exceso. (VILLÓN, M. 2002)

Escurrimiento subsuperficial

Es aquel que proviene de una parte de la precipitación infiltrada. El efecto sobre el escurrimiento total, puede ser inmediato o retardado. Si es inmediato se le da el mismo tratamiento que al escurrimiento superficial, en caso contrario, como escurrimiento subterráneo. (VILLÓN, M. 2002)

Escurrimiento subterráneo

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. (VILLÓN, M. 2002)

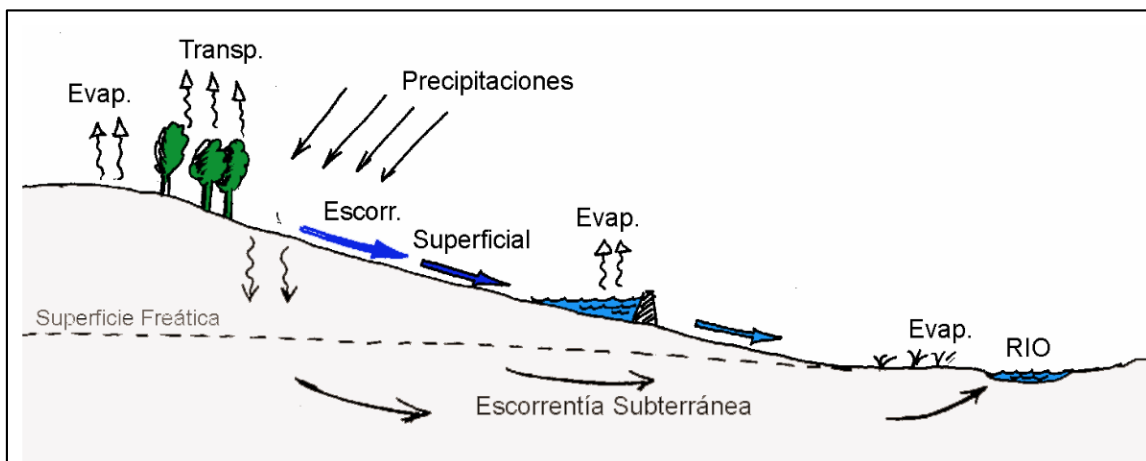
Escorrentía Directa

Es la que llega a los cauces superficiales en un periodo de tiempo corto, tras la precipitación, y que normalmente engloba la escorrentía superficial y la escorrentía subsuperficial. Son imposibles de distinguir: una gran parte de lo que parece escorrentía superficial (por el aumento de los caudales que sigue a las precipitaciones) ha estado infiltrada subsuperficialmente. (SÁNCHEZ, J. 2004)

Escorrentía Básica

Es aquella escorrentía que alimenta los cauces superficiales en los estiajes, durante los periodos sin precipitaciones. (SÁNCHEZ, J. 2004)

Figura 12. Escorrentía



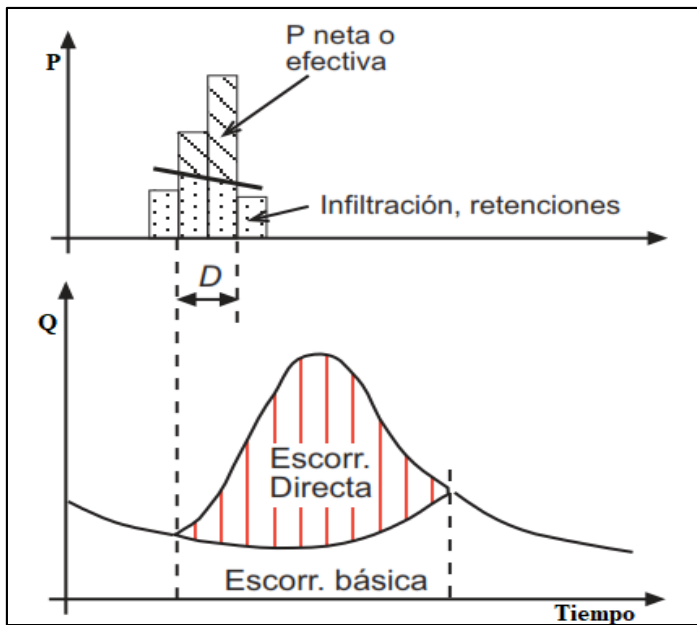
Fuente: (SÁNCHEZ, J. 2004)

Hidrograma

a. Definición.

El hidrograma, es la representación gráfica de las variaciones del caudal con respecto al tiempo, en orden cronológico, en un lugar dado de la corriente. (CAHUANA, A. y YUGAR, W. 2009)

Figura 13. Hidrograma- Escorrentía Directa y Básica



Fuente: (SÁNCHEZ, J. 2004)

Modelo Determinístico - Estocástico: Lutz Scholz

a. Generalidades

Fue desarrollado por el experto en hidrología Lutz Scholz para la sierra peruana, entre los años (1979-1980), en el marco de la cooperación técnica de la república alemana a través del plan Meris II. Este modelo matemático es combinado porque tiene una parte determinística y otra estocástica. La parte determinística describe los procesos físicos que se producen en la cuenca y que pueden ser determinados, correspondiendo a esta parte la generación de caudales mensuales durante el año promedio. La parte estocástica considera una influencia aleatoria, que en el presente caso es en la generación de series hidrológicas para periodos extendidos.

El modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo; los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas. Los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

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

2. Establecimiento de un conjunto de modelos estocásticos 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.
3. Generación de caudales para un periodo extendido en el punto de captación proyectada por un cálculo combinando (la precipitación efectiva con las descargas del mes anterior por un proceso markoviano) y, calibrando el modelo integral por aforos ejecutados.

Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier finalidad (abastecimiento de agua, hidroelectricidad, etc.), los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos. (AGUIRRE, M. 2006)

b. Ecuación del balance hídrico

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

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (68)$$

Dónde:

| | | |
|-----------------|--|----------|
| CM _i | : Caudal mensual. | (mm/mes) |
| P _i | : Precipitación mensual sobre la cuenca. | (mm/mes) |
| D _i | : Déficit de escurrimiento. | (mm/mes) |
| G _i | : Gasto de la retención de la cuenca. | (mm/mes) |
| A _i | : Abastecimiento de la retención. | (mm/mes) |

Asumiendo:

- Durante el año hidrológico la retención se mantiene constante pues el agua almacenada en el periodo húmedo es soltada en el periodo de estiaje, por lo tanto, el gasto y el abastecimiento son iguales ($G_i = A_i$).
- Una parte de la precipitación se pierde por evaporación por lo que la expresión (P-D) puede sustituirse por C*P, donde “C” es el coeficiente de escorrentía que puede ser medido o estimado y “P” precipitación total.

(AGUIRRE, M. 2007)

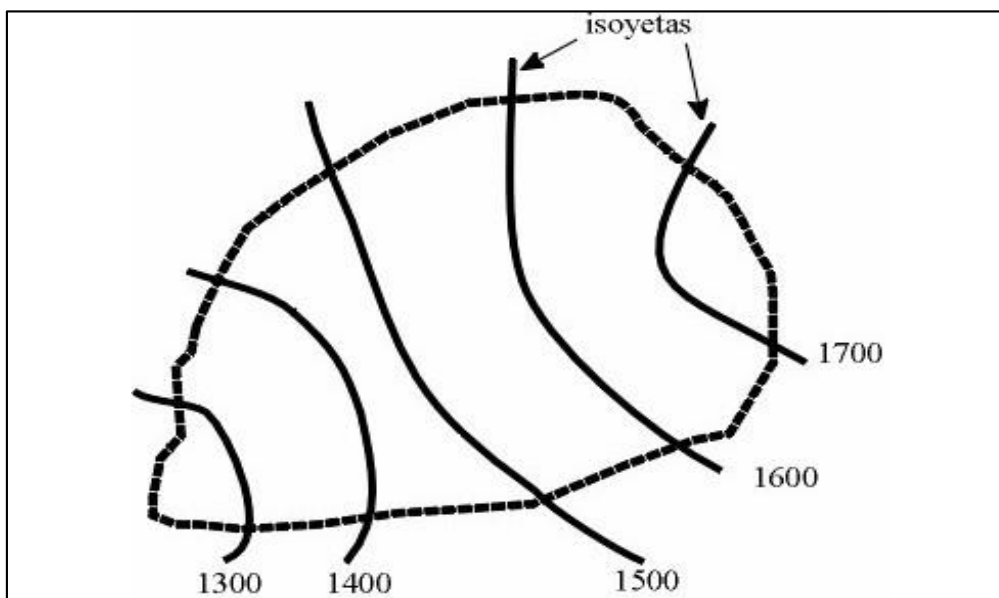
c. Precipitación sobre la cuenca

d. Método de Isoyetas

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 calcular la precipitación media de una tormenta o la precipitación media anual, existen tres métodos de uso generalizado, en la presente investigación se utilizará el método de 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. (VILLÓN, M. 2002)

Figura 14. Isoyetas de precipitación



Fuente: (VILLÓN, M. 2002)

El método consiste en:

- Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
- Trazar las isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones, de modo similar a cómo se trazan las curvas de nivel.
- Hallar las áreas A_1, A_2, \dots, A_n entre cada 2 Isoyetas seguidas.
- Si P_0, P_1, \dots, P_n , son las precipitaciones representadas por las Isoyetas respectivas, calcular la precipitación media utilizando:

$$P_{med} = \frac{\frac{P_0+P_1}{2} * A_1 + \dots + \frac{P_{n-1}+P_n}{2} * A_n}{A_1 + \dots + A_n} \quad (69)$$

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1}+P_i}{2} * A_i \quad (70)$$

donde:

Pmed = precipitación media

AT = área total de la cuenca

Pi = altura de precipitación de las Isoyetas i

Ai = área parcial comprendida entre las Isoyetas Pi-1 y Pi

n = número de áreas parciales

e. Coeficiente de escurrentía

Un método para el cálculo del coeficiente “C” ha sido presentado por L. Turc. La fórmula es desarrollada sobre la base de observaciones hechas en 254 cuencas situadas en todos los climas alrededor del globo. (SCHOLZ, L. 1980)

$$C = \frac{P-D}{P} \quad (71)$$

Donde:

C : Coeficiente de escurrimiento.

P : Precipitación total anual (mm/año).

D : Déficit de escurrimiento (mm/año).

Aplicando la fórmula de Turc a las observaciones en las 19 cuencas de las cuales se dispone de registros hidrometeorológicos, se constata que mediante la fórmula (72) se puede calcular el déficit de escurrimiento solamente en el norte del país, en la región de Cajamarca, con una precisión satisfactoria. (SCHOLZ, L. 1980)

$$D = \frac{P}{(0.9 + (P/L)^2)^{0.5}} \quad (72)$$

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3 \quad (73)$$

$$T = 197 - 23.1 \ln(H) \quad (74)$$

Donde:

L : Coeficiente de temperatura.

T : Temperatura media anual. (°C).

H : Altitud media de la cuenca.

f. Precipitación efectiva

Es aquella precipitación que da origen a la escorrentía directa y al flujo base. Se obtiene multiplicando la precipitación total por el coeficiente de escorrentía, tal que éste último toma en cuenta el flujo superficial y el flujo base.

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

$$PE_i = C \cdot PT_c \quad (75)$$

Donde:

PE_i : Precipitación efectiva del mes “i” (mm/año)

PT_c : Precipitación total generada. (mm/año)

C : Coeficiente de escorrentía.

g. Retención de la cuenca

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

$$R_i = CM_i - PE_i \quad (76)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (77)$$

Dónde:

CM_i : Caudal mensual. (mm/mes)

PE_i : Precipitación efectiva mensual. (mm/mes)

R_i : Retención de la cuenca. (mm/mes)

G_i : Gasto de la retención. (mm/mes)

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

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

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

$$R = \frac{(C_d \cdot AR \cdot LA + AL \cdot LL + AN \cdot LN)}{AR} \quad (78)$$

Donde:

| | | |
|----|--|--------------------|
| R | : Retención de la cuenca | (mm/año) |
| Ca | : Coeficiente | (15% - 30%) |
| AR | : Área de la cuenca | (Km ²) |
| LA | : Almacenamiento de acuíferos | (mm/año) |
| AL | : Área de las lagunas | (Km ²) |
| LL | : Almacenamiento de lagunas y pantanos | (mm/año) |
| AN | : Área de los nevados | (Km ²) |
| LN | : Almacenamiento de nevados | (mm/año) |

h. Almacenamiento hídrico

El experto Lutz Scholz considera tres fuentes principales para el almacenamiento hídrico que inciden en la retención de la cuenca: acuíferos, lagunas-pantanos y nevados; para los cuales propone diferentes aportes específicos en función del área de la cuenca:

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

- **Acuíferos:**

$$LA = -750 I + 350 \quad (79)$$

Donde:

| | | |
|----|---------------------------------|-----------|
| LA | : Almacenamiento de acuíferos | (mm/año) |
| LA | : (200-300 mm/año) | |
| I | : Pendiente del cauce principal | (I ≤ 15%) |

- **Lagunas y pantanos:**

$$LL = 500 \text{ (mm/año)} \quad (80)$$

Donde:

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

- **Nevados:**

$$LN = 500 \text{ (mm/año)} \quad (81)$$

Donde:

LN : Almacenamiento de nevados (mm/año)

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías. El almacenamiento a corto plazo, intercepción, no se toma en consideración estacionaria de valores mensuales, sino que ya está incluido en la precipitación efectiva. (AGUIRRE, M. 2006)

i. Coeficiente de Agotamiento (α)

Mediante la fórmula (86) la cual se muestra más adelante, se puede calcular el coeficiente de agotamiento, en base a datos hidrométricos; sin embargo, cuando no sea posible ello, se puede recurrir a las ecuaciones desarrolladas para cuatro clases de cuencas:

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

$$\alpha = -0.00252 LN(AR) + 0.034 \quad (82)$$

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

$$\alpha = -0.00252 LN(AR) + 0.030 \quad (83)$$

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

$$\alpha = -0.00252 LN(AR) + 0.026 \quad (84)$$

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

$$\alpha = -0.00252 LN(AR) + 0.023 \quad (85)$$

Donde:

R : Retención de la cuenca (mm/año)

AR : Área de la cuenca (Km²)

α : Coeficiente de agotamiento por día

(SCHOLZ, L. 1980)

j. 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:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t)} \quad (86)$$

$$b_0 = e^{-\alpha(t)} \quad (87)$$

Donde:

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)

α : Coeficiente de agotamiento

t : Tiempo (número de días del mes)

Al principio de la estación lluviosa el proceso de agotamiento de la reserva termina 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.

(AGUIRRE, M. 2006)

k. Gasto de la retención “ G_i ”

El gasto de la retención “G” 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”. (TARAZONA, E. 2005)

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:

$$G_i = \frac{b_0}{b_m} R \quad (88)$$

Donde:

R : Retención de la cuenca.

b_0 : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior.

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

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.

I. Abastecimiento de la retención “ A_i ”

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

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

La contribución de los meses de noviembre y diciembre es solamente pequeña y la restitución de los almacenes hídricos tiene lugar en enero hasta marzo.

(SCHOLZ, L. 1980)

Los coeficientes mensuales del almacenamiento total anual se muestran en la tabla 4.

Tabla 1: Coeficientes de abastecimiento durante época de lluvias.

| Región | Meses del año (a_i)% | | | | | | |
|--------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Total |
| Cajamarca | 25 | -5 | 0 | 20 | 25 | 35 | 100 |
| Cuzco | 0 | 5 | 35 | 40 | 20 | 0 | 100 |
| Huancavelica | 10 | 0 | 35 | 30 | 20 | 5 | 100 |
| Junín | 10 | 0 | 25 | 30 | 30 | 5 | 100 |

Fuente:(SCHOLZ, L. 1980)

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

$$A_i = a_i(\%) R \quad (89)$$

Donde:

A_i : Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva

a_i : Coeficiente de abastecimiento (%)

R : Retención de la cuenca (mm/año)

m. Caudal mensual para el año promedio

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

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (90)$$

Dónde:

CM_i : Caudal del mes “i” (mm/mes)

PE_i : Precipitación Efectiva del mes “i” (mm/mes)

G_i : Gasto de la retención del mes “i” (mm/mes)

A_i : Abastecimiento de la retención del mes “i”(mm/mes)

(SCHOLZ, L. 1980)

n. Generación de caudales para periodos extendidos

A fin de generar una serie sintética de caudales para periodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en una combinación de un proceso markoviano de primer orden, según la ecuación (91), con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva en la ecuación (92)

Ecuación general del modelo markoviano:

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

La variable de impulso considerada la precipitación efectiva:

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

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

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

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

$$Q_t = B_1 + B_2 Q_{t-1} + B_3 PE_t + (S) \sqrt{(1 - r^2)} z \quad (94)$$

Donde:

Q_t : Caudal del mes “t”.

- Q_{t-1} : Caudal del mes anterior.
 PE_t : Precipitación efectiva del mes “t”.
 B_1 : Factor constante o caudal básico.
 $B_{2,3}$: Parámetros del modelo para el año promedio.
 S : Desviación estándar de los residuos.
 r : Coeficiente de correlación múltiple.
 z : Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año “t”.

El proceso de generación requiere de un valor inicial (Q_{t-1}), el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:

Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo.

Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes.

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

(AGUIRRE, M. 2006)

• Regresión Múltiple

Se calculan los parámetros $B_{1,2,3}$, S , r sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante el cálculo de regresión con “ Q_t ” como valor dependiente y “ Q_{t-1} , PE_t ” como valores independientes.

Ejemplo: sea “ Q_t ” los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz para el mes “t” del año promedio, y “ PE_t ” la precipitación efectiva calculada para el mes “t” del año promedio, entonces las series para la regresión múltiple se elabora como se muestra en la tabla adjunta:

Tabla 2: Ejemplo de series para la regresión múltiple.

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

| | | | |
|-----------|----------|----------|-----------|
| Noviembre | Q_{11} | Q_{10} | PE_{11} |
| Diciembre | Q_{12} | Q_{11} | PE_{12} |

Fuente:(SCHOLZ, L. 1980)

Las ecuaciones normales para estimar el cálculo de las variables B1,2,3, son:

$$\sum Q_t = 12B_1 + B_2 \sum Q_{t-1} + B_3 \sum PE_t \quad (95)$$

$$\sum(Q_t Q_{t-1}) = B_1 \sum Q_{t-1} + B_2 \sum (Q_{t-1})^2 + B_3 \sum (Q_{t-1} PE_t) \quad (96)$$

$$\sum(Q_t PE_t) = B_1 \sum PE_t + B_2 \sum (Q_{t-1} PE_t) + B_3 \sum (PE_t)^2 \quad (97)$$

Luego, el caudal estimado se define como : “ \hat{Q}_t ” y obtenidos los parámetros B1,2,3, se obtiene:

$$\hat{Q}_t = B_1 + B_2 Q_{t-1} + B_3 PE_t \quad (98)$$

$$e = Q_t - \hat{Q}_t \quad (99)$$

Los 12 valores de \hat{Q}_t se obtienen con los pares de valores de la tabla N° 5 y también se calculan los 12 valores del error “e”

Donde:

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

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

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

e : Error entre los valores muestrales y estimados.

Cálculo de la desviación estándar de los residuos:

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

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

$$r = \left[1 - \frac{S^2}{S^2_{Q_t}}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (101)$$

$$S_{Qt}^2 = \frac{1}{n-1} [\sum(Q_t^2 - n(\bar{Q}_t)^2)] \quad (102)$$

Donde:

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

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

(SCHOLZ, L. 1980)

o. Restricciones del modelo

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)

(SCHOLZ, L. 1980)

Prueba de bondad de ajuste

a. Definición

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. (VILLÓN, M. 2016)

b. Prueba de Smirnov-Kolmogorov

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

Es decir:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)| \quad (103)$$

Donde:

Δ = 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 Δ tiene su función de distribución de probabilidades.

Si Δ_0 es un valor crítico para un nivel de significación α , se tiene que:

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

$$\text{o } P(\Delta \geq \Delta_0) = \alpha \quad (104)$$

También:

$$P(\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha \quad (105)$$

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:

$$P(x) = \frac{M}{N+1} \quad (106)$$

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:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)| \quad (107)$$

5° calcular el valor crítico del estadístico Δ , es decir Δ_0 , un $\alpha = 0.05$ y N igual al número de datos. Los valores de Δ_0 , se muestran en la tabla siguiente tabla.

Tabla 3: Valores críticos de Δ_0 del estadístico Smirnov-Kolmogorov Δ , para varios valores de N y niveles de significación.

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

Fuente: (VILLÓN, M. 2016)

6° Comparar el valor del estadístico Δ con el valor crítico Δ_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.

c. Utilidad

Después de ajustar una cierta distribución de probabilidades a un registro de precipitación total anual o descarga media anual, ésta se utiliza para obtener la probabilidad de tener lluvias anuales o descargas medias anuales menores que un cierto valor previamente seleccionado y también valores mayores que otra determinada magnitud. Tales determinaciones son valiosas para el diseño de sistemas hidráulicos como por ejemplo en proyectos de irrigación. (CHAVARRI, E. 2004)

d. Persistencia de descargas

La persistencia de un caudal se refiere a las probabilidades de un determinado caudal de ser igualado o superado. La persistencia mensual, indica el número de veces que una determinada descarga, de un mes dado, es igualada o superada durante el período de registro.

Este número de veces puede convertirse en probabilidades de ocurrencia, expresando así la persistencia en estos términos. Para determinar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia se hace con la fórmula de Weibull; de la ecuación (106) se deduce que:

$$m = f(N + 1) \quad (108)$$

Donde:

f : Frecuencia o probabilidad de ocurrencia.

N : Número de datos.

m : Número de orden.

Los registros de precipitación de un determinado mes o época son bastante susceptibles de análisis probabilístico, semejante al descrito para las lluvias anuales, sin embargo, en este caso interesa por lo general construir gráficas que indiquen las lluvias mensuales para determinadas probabilidades de ocurrencia, por ejemplo, para 50%, 75%, 80%, 90%, y 95%.

Es así que, para proyectos de irrigación, se utilizan valores de precipitación con probabilidad de ocurrencia o persistencia correspondiente al 75% y para proyectos hidroenergéticos, se utiliza el 95%. (JULCAMORO, F. 2017).

Aforos

Aforar es medir un caudal. En hidrología superficial puede ser necesario medir desde pequeños caudales (unos pocos litros/segundo) hasta grandes ríos con caudales de centenares o miles de m³/seg. Distinguimos dos tipos de aforos:

- *Aforos directos. Con algún aparato o procedimiento medimos directamente el caudal.*
- *Aforos indirectos o continuos. Medimos el nivel del agua en el cauce, y a partir del nivel estimamos el caudal.*

(SÁNCHEZ, J. 2004)

Tubo de Pitot

Consiste en una sonda cilíndrica que se coloca dentro del agua en movimiento y permite medir su velocidad. La ventaja del Pitot es que puede medir velocidades puntuales dentro del fluido, lo que permite determinar el perfil de distribución de velocidades en la sección transversal del río. Conociendo las velocidades en una sección y la geometría de la misma, calcularemos el caudal integrando la velocidad en el área considerada. En este aparato, la altura cinética se convierte en una presión de impacto, de modo que la diferencia entre la presión estática y la de impacto nos da la velocidad del agua. (GONZÁLES, R. 2008)

Para medir el caudal de un río con este método seccionamos al río en tramos iguales y medimos la profundidad de cada tramo, esto se realiza con la finalidad de obtener áreas parciales las cuales en suma conformaran la sección transversal del río, en cada tramo se mide la variación de altura que alcanza el agua a través del tubo de Pitot (Δh), con este dato podemos encontrar la velocidad del flujo en ese tramo aplicando la siguiente fórmula.

$$\Delta h = \frac{v^2}{2g} \quad (109)$$

V= velocidad del agua.

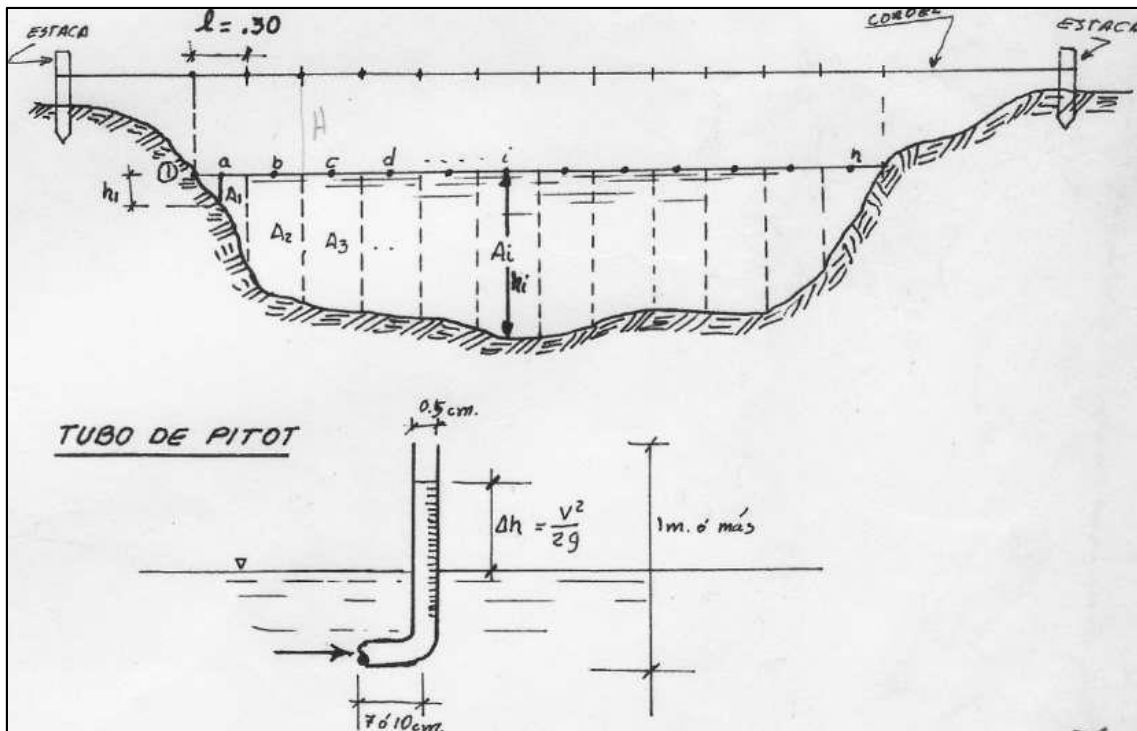
Δh = altura que alcanza el agua a través del tubo.

g= constante de la gravedad (9.81 m/s²)

Despejando la fórmula anterior, encontramos la velocidad en cada tramo del río; luego calculamos el caudal para ese tramo con la fórmula $Q=VA$.

Finalmente sumamos los caudales parciales calculados para cada tramo logrando así obtener el caudal total de agua que pasa por el río.

Figura 15. Aforo de un río con el método-Tubo de Pitot.



Aforos con correntómetro o molinete.

Para este método, se emplea el correntómetro o molinete. Estos son aparatos que miden la velocidad, en un punto dado del curso del agua. Esta velocidad es medida en los instrumentos, por medio de un órgano móvil, que detecta la velocidad de la corriente y transmite las indicaciones de un interruptor encargado de cerrar un circuito eléctrico, cuando ha dado un cierto número de vueltas, sobre un contador o contómetro (de impulsiones de sonido, señales luminosas, digitales, etc).

Los correntómetros, son vendidos con un certificado de calibración, sobre el que figura la fórmula que debe utilizarse, para calcular las velocidades, a partir del número de vueltas por segundo de la hélice determinada, la cual, puede ponerse bajo la forma:

$$v = a \times n + b$$

donde:

v = velocidad de la corriente, en m/s

n = número de vueltas de la hélice por segundo

a = paso real de la hélice, en m

b = velocidad llamada de frotamiento, en m/s

Cabe señalar que en realidad la velocidad se mide indirectamente, el instrumento nos arroja dos velocidades, la velocidad máxima y la velocidad mínima del flujo; con las cuales utilizando una hoja de cálculo podremos hallar el caudal que pasa por el río. (VILLÓN, M. 2002).

Caudal medio mensual

Caudal medio mensual es el caudal generado por la suma de caudales superficiales y subterráneos medios mensuales. Son calculados tomando la media aritmética, del caudal diario registrado en el mes considerado.

En la época de caudales estables solo es necesario determinar el caudal(m^3/s) una vez al día, siempre a la misma hora. Ese valor es considerado el caudal medio diario. En época de variación de caudales es necesario determinar el caudal 2 o 3 veces al día a fin de obtener el caudal medio diario. Ahora el promedio mensual de las descargas medias diarias proporciona la descarga media mensual y el promedio de estas la descarga media anual. (CHEREQUE, W. 1991)

Los caudales medios mensuales también pueden ser estimados con algún modelo hidrológico, conociendo la precipitación media e información climática, así como los parámetros geomorfológicos de la cuenca en estudio.

Oferta hídrica

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

La oferta hídrica de una cuenca, corresponde también al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma. El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial.

Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca. (CORPONARIÑO, 2011)

Uso agrícola, poblacional y energético del agua.

Volumen aprovechable del agua

señala que el volumen de agua aprovechable de una cuenca depende del caudal de escorrentía total en algún punto emisor de interés, y es generalmente usado en agricultura, pecuaria, consumo humano, energético e industrial. Cuando se trata de proyectos ubicados aguas abajo del punto emisor, y no se conoce el registro hidrométrico en dicho punto, los caudales medios mensuales se estiman con algún modelo hidrológico, conociendo la precipitación media e información climática, así como los parámetros geomorfológicos de la cuenca en cuestión.

Para estimar el caudal medio mensual de acuerdo al uso, se necesita una serie histórica de caudales medios mensuales, de por lo menos 30 años, con los cuales se halla los caudales mensuales, de enero a diciembre, para diferentes persistencias, aplicando mínimos cuadrados ó una distribución teórica de frecuencias (Normal, Log Normal, Gamma, etc.) Una curva de persistencia o curva de caudales clasificados indica el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o excedidos.

Conocido el volumen de agua aprovechable se lo distribuye en uso actual de terceros y el caudal ecológico; el remanente puede ser utilizado en nuevos proyectos.

Los niveles de persistencia según el uso del agua y período estacional se indican en la siguiente tabla.

Tabla 4: Niveles de persistencia de acuerdo al uso del agua y al período estacional

| Nivel de persistencia (%) | Uso del agua o período estacional |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 75.0 | Agrícola y pecuario |
| 80.0 | Consumo humano |
| 85.0 – 95.0 | Industrial |
| 95.0 | Hidroenergía |
| 15.0 | Período húmedo |
| 50.0 | Período normal |
| 85.0 | Período seco |

Fuente (HUAMÁN, F. 2017)

Si el proyecto contempla dos ó más tipos de uso del agua, la persistencia para el cálculo de los caudales es el de mayor nivel de persistencia. Por ejemplo, si el agua se utiliza para riego y consumo poblacional la persistencia para estimar los caudales será de 80.0%.

El volumen de agua mensual se obtiene multiplicando el caudal por el tiempo del mes considerado, uniformizando las unidades del sistema utilizado.

(HUAMÁN, F. y RODRÍGUEZ, R. 2017).

Agua para uso agrícola

La producción agrícola es una actividad fundamental para el desarrollo de nuestro país y del mundo, el área terrestre designado para uso agrícola crece considerablemente cada día, es por ello que dicha actividad demanda de cantidades considerables de agua para desarrollarse eficientemente.

Según (FAO, 2015). Los alimentos de una persona requieren 0.23 hectáreas y 3000 litros por día. La agricultura utiliza el 11% de la superficie de la tierra, el 70% de las extracciones de agua y representa el 30% del consumo total de energía. El regadío es el principal uso cuantitativo del agua a nivel mundial. (INFORME DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO, 2015)

Agua para uso energético

El agua y la energía están intrínsecamente interconectadas. Todas las fuentes de energía (incluida la electricidad) requieren del agua en sus procesos de producción: para la extracción de materias primas, la refrigeración de plantas térmicas, los procesos de limpieza, la producción de biocombustibles y para el funcionamiento de las turbinas. Se requiere de la energía para que se pueda disponer de agua para uso y consumo humano (incluyendo el riego) a través del bombeo, transporte, tratamiento y desalación.

Casi todas las formas de energía requieren agua como parte de su proceso de producción. La captación de agua dulce para la producción de energía representa el 15% del total mundial y se espera que aumente un 20% hasta 2035.

A nivel mundial, se prevé que la demanda de energía aumentará un tercio hasta 2035, mientras se espera que la demanda de electricidad aumente un 70%. Dado que el 90% de la energía térmica requiere un gran consumo de agua, el 70% del aumento se traduce en un aumento del 20% de las extracciones totales de agua dulce. Maximizar la eficiencia del uso del agua en las plantas eléctricas será un factor decisivo para lograr un futuro

sostenible para el agua. (INFORME DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO, 2015)

Uso Poblacional Del Agua

El agua para la vida. Es el líquido más importante de la naturaleza sin el cual no podríamos vivir, en el hogar utilizamos el agua para preparar los alimentos, higiene personal, además de otras actividades domésticas. Nos ayuda a estar sanos, a hacer la digestión, mantiene la musculatura en buen estado, actúa refrigerando o calentando el cuerpo y ayuda a transportar el oxígeno entre las células de nuestro cuerpo. Sin embargo, el crecimiento poblacional ha hecho que este recurso fundamental sea hoy en día en un recurso escaso, debido al mal manejo y la mala distribución de dicho recurso. Las familias representan el 10% del uso total del agua. A nivel mundial, se estima que 2011768 millones de personas carecen de una fuente mejorada de agua. (INFORME DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO, 2015)

CAPÍTULO III

III. METODOLOGÍA

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El río Chonta está ubicado en el norte del Perú, región Cajamarca, provincia de Cajamarca y forma parte de la vertiente del Atlántico. Limita por el norte con la cuenca del río Llaucano, por el sureste con la sub cuenca del río Grande de Mashcón, y por el suroeste con la subcuenca del río Namora (Encañada). Este recurso tiene su origen en los cerros Carachugo y Chaquicocha.

a. Demarcación Política:

Políticamente la microcuenca se encuentra en:

Departamento : Cajamarca.

Provincia : Cajamarca

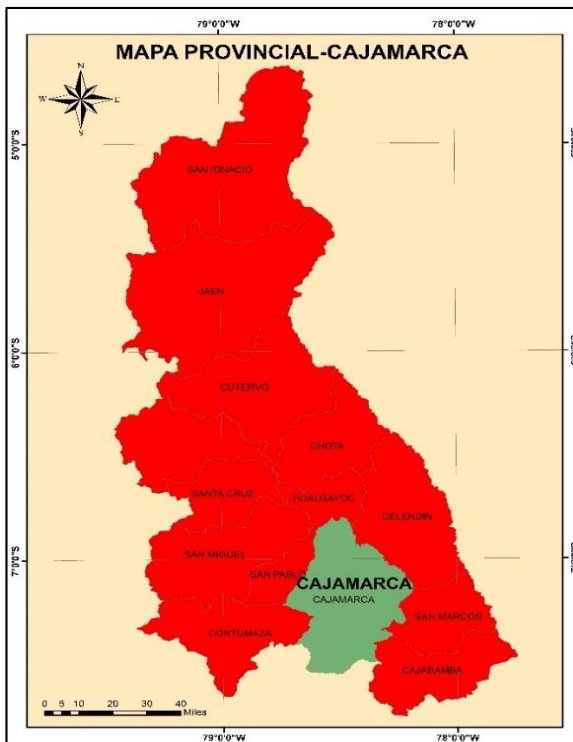
Distrito : Cajamarca

Figura 16. Mapa Departamental



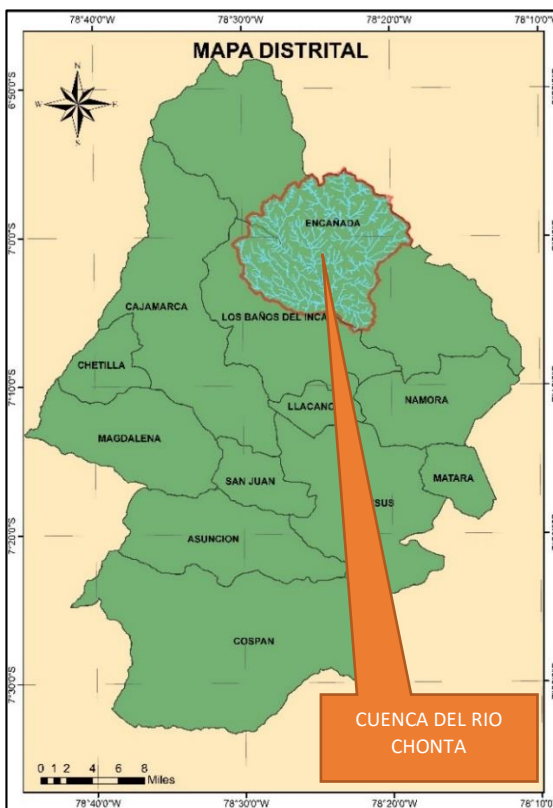
Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Mapa Distrital



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Ubicación Distrital.



Fuente: Elaboración propia

b. Demarcación hidrográfica.

El área de estudio comprende el ámbito de la cuenca del río Chonta, de manera que las cuencas hidrográficas limítrofes de ésta son:

Por el norte : Cuenca del río Llaucano.

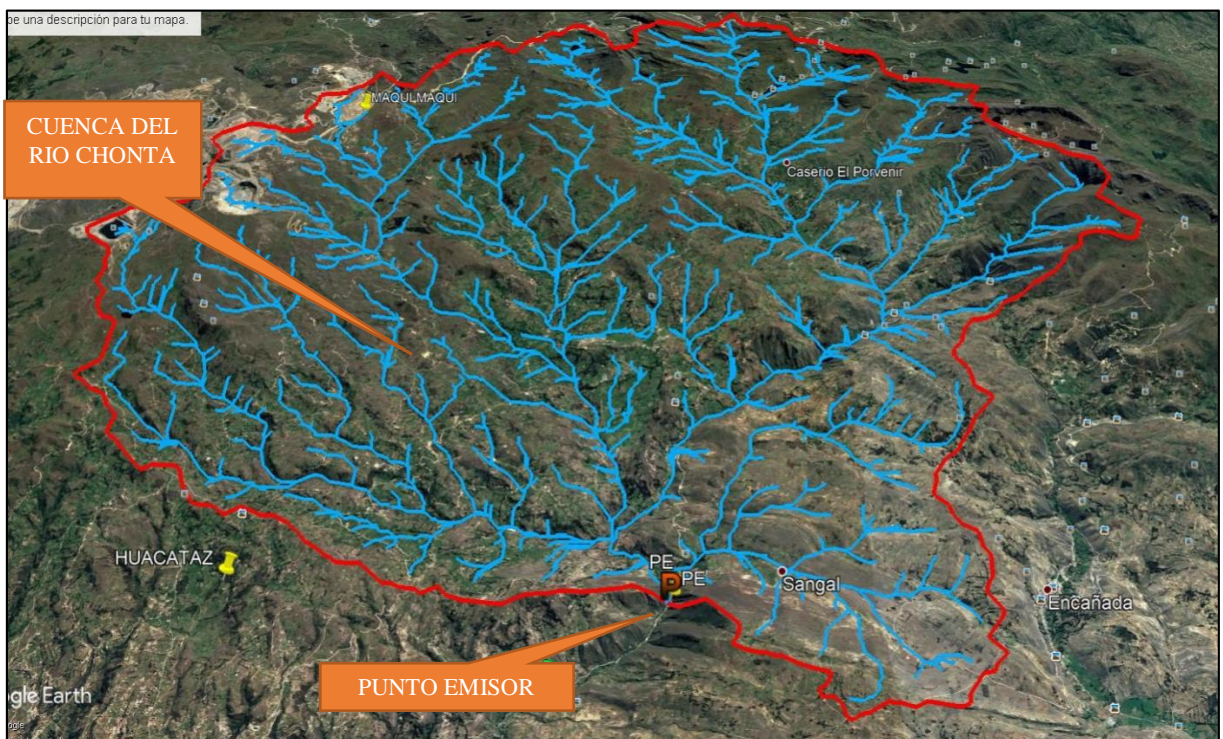
Por el sur : Medio alto Crisnejas.

Por el sur este : Cuenca del río Namora.

Por el oeste : Cuenca del río Mashcon.

c. Referencia:

Figura 19. Ubicación Referencial de la cuenca.



Fuente: Elaboración propia

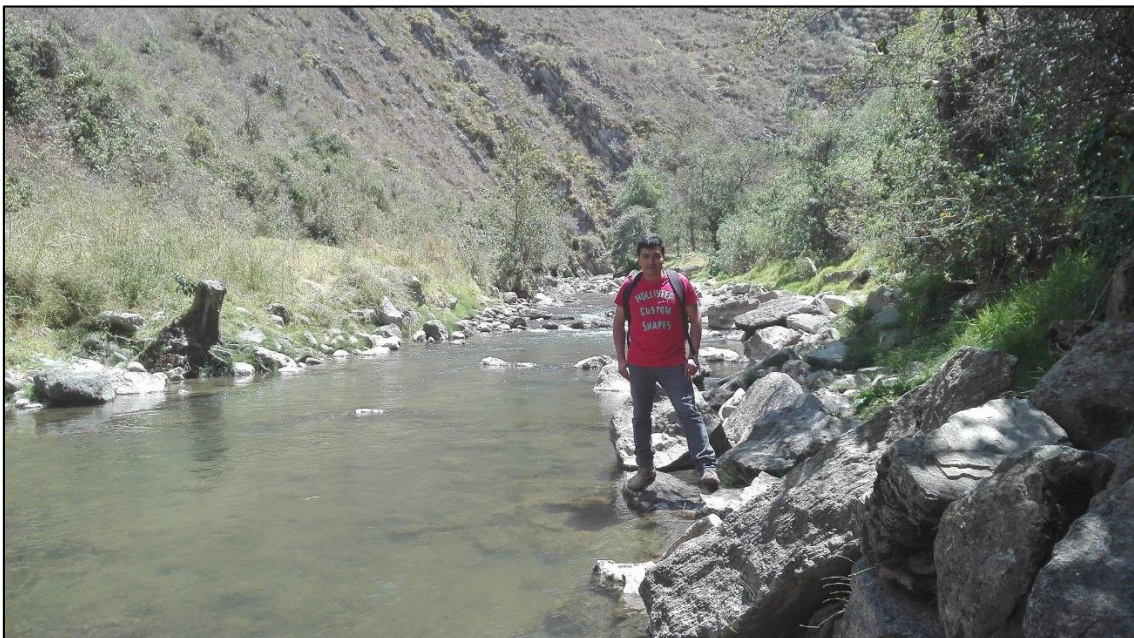
d. Punto emisor

El punto emisor para realizar la investigación está ubicado aguas arriba de la bocatoma el Chicche (100 m aproximadamente), sus coordenadas son las siguientes: Zona 17 M, E=787240 N=9215990 S y Z=2909 msnm.

Figura 20.Coordenadas para punto de aforo ubicado 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”



Figura 21.Cauce del rio Chonta, aguas arriba de la captación de la Central Hidroeléctrica “El Chicche”



e. Captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”

La bocatoma el Chicche es una estructura hidráulica la cual deriva el agua que fluye en el cauce principal del río Chonta y es aprovechada para uso energético; podemos observar en la imagen el canal de derivación, así como las compuertas, el muro de encausamiento y la caseta de guardianía.

La central hidroeléctrica esta ubicada a 2.5 km aproximadamente aguas abajo de la bocatoma la cual genera una potencia efectiva de 520 kW; contribuyendo así a mejorar las condiciones de vida de la población cajamarquina básicamente de los pobladores del distrito de otuzco.

Figura 22. Vista general de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”



Figura 23. Captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”



Figura 24. Imagen Panorámica De La Cuenca Del Río Chonta.



3.2 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Equipos

- Correntómetro tipo hélice para medición de velocidades en ríos y canales.
- Tubo de Pitot.
- Vestuario de protección (poncho impermeable, botas de jebe, guantes, arnés de seguridad).
- GPS
- Laptop
- Cronómetro
- Cámara fotográfica

Materiales y Equipo de gabinete

- Materiales de escritorio (Papel bond, folder manilo, lapicero, marcador, etc).
- Estaciones meteorológicas.
- Libros.
- Modelos digitales, Fotografías satelitales y cartas geográficas.
- Materiales de Campo: Libreta de Campo, Wincha.
- Argis 10.4.1, para la digitalización de planos

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA “CHONTA”

El clima de la zona se caracteriza por ser frío y húmedo, con periodos secos y lluviosos; los primeros se presentan, habitualmente, entre mayo y setiembre, en tanto que los segundos, entre octubre y abril. Comprende una zona dominada por el paisaje alto andino típico, de relieve complejo y montañoso, con presencia de laderas, faldas de cerros, pendientes convexas y cóncavas, planicies y afloramientos rocosos y zonas escarpadas. El uso actual de la tierra es predominante de pastos naturales y en menor proporción terrenos desnudos sobre todo en la parte sur.

La cuenca del río Chonta se origina por confluencia de los ríos azufre, Paccha- Quinuario, río Grande y más abajo recibe los aportes del río Yanatotora- está ubicada en el lado oriental del distrito de Yanacocha. La cuenca vierte sus aguas al océano atlántico a través del río amazonas.

En la cuenca del río Chonta no existen estaciones climatológicas ni estaciones hidrométricas suficientes que muestren la variación de la precipitación y la escorrentía.

Para estimar los caudales medios mensuales, objetivo de esta investigación, se recurrió al uso del modelo determinístico- estocástico de Lutz Scholz, que requiere como datos la precipitación media de la cuenca, la temperatura media anual y algunos parámetros geomorfológicos.

3.4 PROCEDIMIENTO

a. Recopilación De Información

Para hacer el estudio de la cuenca del río Chonta primeramente se recopiló mapas satelitales proporcionados por el servicio geológico de los estados unidos e información de estaciones meteorológicas aledañas al ámbito de estudio.

La información meteorológica fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) a través de su página web; también se obtuvo información del estudio hidrológico que se hizo para la elaboración del proyecto de la presa Chonta. Las estaciones escogidas para la investigación se muestran en el cuadro siguiente:

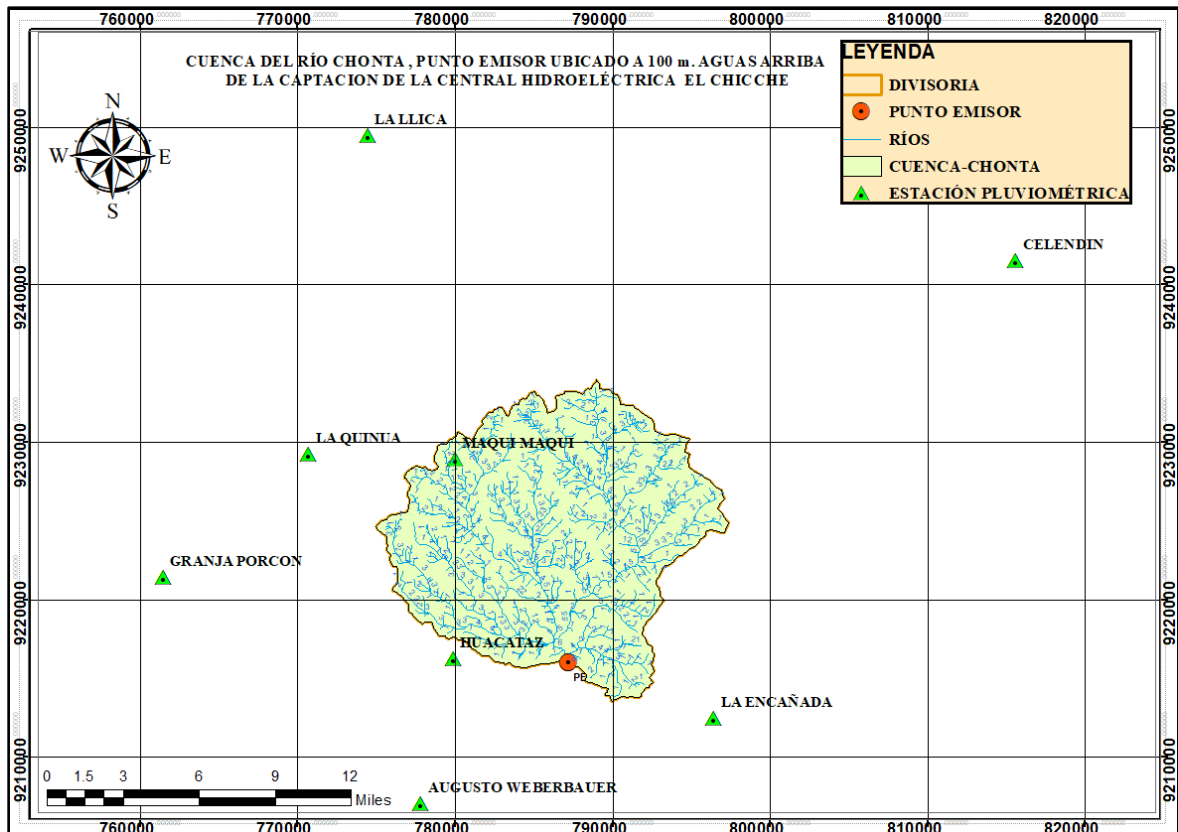
Tabla 5: Coordenadas UTM de las estaciones meteorológicas consideradas para el estudio de la cuenca Chonta.

| ESTACIÓN | COORDENADAS | | ALTITUD |
|---------------|-------------|------------|---------|
| | ESTE | NORTE | |
| HUACATAZ | 779848.35 | 9216275.63 | 3130 |
| LA ENCAÑADA | 796408.46 | 9212493.63 | 2980 |
| LA QUINUA | 769157 | 9227473 | 3618 |
| LA LLICA | 774495.4 | 9249499.82 | 2625 |
| CELENDIN | 815563.05 | 9241556.56 | 2470 |
| A. WEBERBAWER | 777793 | 9207072 | 2660 |
| G. PORCON | 763297.05 | 9221895.41 | 3180 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 4240 |

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente imagen podemos observar la distribución espacial de las estaciones meteorológicas que se utilizaron para la presente investigación.

Figura 25. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas.



Fuente: Elaboración propia

b. Tratamiento cartográfico

El tratamiento de información cartográfica parte de la obtención de un mapa satelital el cual se obtuvo del Servicio Geológico De Los Estados Unidos (USGS) mediante su página web la cual proporciona imágenes satelitales captadas por el satélite landsat 8. Con esta información y utilizando el software Arc Gis 10.4 se crea un mapa digital de elevación y a partir de éste se delimita la cuenca y halla sus parámetros hidrológicos.

- La delimitación de la cuenca se hace sobre un plano con curvas a nivel siguiendo las líneas del Divortium Acuarum (parteaguas) formado por los puntos de mayor nivel topográfico; para esto utilizamos el software arc gis 10.4.
- Una vez delimitada la cuenca se procede a hallar el área y el perímetro, el número de orden de la cuenca, para lo cual se utilizó el software arc gis 10.4
- Posteriormente hallamos otros parámetros importantes tales 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,

entre otros los cuales se muestran en la tabla N° 6, para ello utilizamos el software Hidro Calc, el cual para realizar el cálculo utiliza las ecuaciones vistas en el marco teórico anteriormente.

c. Procesamiento de la información meteorológica

La información recopilada fue analizada, procesada y sintetizada mediante sus parámetros estadísticos (media, desviación estándar), logrando así la obtención de datos confiables aptos para elaborar el modelo propuesto por Lutz Scholz.

Se cuenta con la información de 8 estaciones de las cuales se ha escogido 3 estaciones base (Augusto Weberbauer, Granja Porcón y Maqui Maqui); teniendo en consideración que estas estaciones cuentan con una data de precipitaciones de 53 años.

Utilizando los métodos de completación de datos descritos en el capítulo anterior se logró hacer la completación de datos faltantes para las 5 estaciones restantes (Encañada, Huacatáz, Quinua, Llica, Celendín), logrando así obtener una data histórica de precipitaciones de 53 años.

La completación de datos y el análisis de consistencia de la información pluviométrica se muestran en los anexos A1 y A2.

Cálculos previos para el desarrollo del modelo

El modelo estocástico determinístico Lutz Scholz, establece la estimación de variables previas para posteriormente determinar los caudales medios mensuales de la cuenca en estudio. Después de obtener la información meteorológica, completar los datos faltantes y hacer un análisis de consistencia procedemos a realizar la estimación de dichas variables en el orden que se describe a continuación.

Precipitación media mensual de la cuenca.

Para la obtención de la precipitación media mensual hay diversos métodos, los cuales son escogidos a criterio del responsable del estudio; en el presente trabajo optamos por realizar el cálculo con el método de Isoyetas cuyos resultados se muestran en el anexo A6-Tabla N° 45.

El método de las Isoyetas consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación (interpolación de líneas).

La elaboración de los mapas de Isoyetas se realizó utilizando el software Arc Gis 10.4.1; para lo cual agrupamos los datos de precipitación en periodos de 5 años los cuales se muestran en el anexo A5 (ver tablas 33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44); obteniendo así 11 periodos a los cuales calculamos el promedio de precipitación para cada mes (de enero a diciembre); con estos datos y con ayuda del software Arc Gis y una hoja Excel hallamos la precipitación media mensual de la cuenca del río Chonta para cada mes en los 11 periodos.

Coefficiente de escorrentía

Para hallar el coeficiente de escorrentía (c), hallamos la temperatura media anual con la ecuación (74) y con esta calculamos el coeficiente de temperatura L (ecuación 73 vista anteriormente), para remplazar L en la ecuación (72), hallando así D (déficit de escurrimiento); con este dato aplicando la ecuación de L. Turc (ecuación 71) hallamos el coeficiente de escurrimiento.

Precipitación Efectiva

Es aquella precipitación que da origen a la escorrentía directa y al flujo base. Se obtiene multiplicando la precipitación total por el coeficiente de escorrentía, tal que éste último toma en cuenta el flujo superficial y el flujo base.

Para hallar la precipitación efectiva primero hallamos la precipitación media mensual de la cuenca, esta precipitación media es afectada por el coeficiente de escorrentía calculado anteriormente (ecuación 75), encontrando así la precipitación efectiva de la cuenca del río Chonta.

La precipitación efectiva de la cuenca en estudio se muestra en la tabla N° 46 del anexo A6; la cual es generada para todas las precipitaciones medias (de enero a diciembre) de todos los periodos.

Retención de la cuenca

La retención de la cuenca R se produce en los almacenes naturales: acuíferos, nevados, lagunas y pantanos. Los parámetros utilizados para este parámetro se muestran en la tabla N° 9.

Para calcular la retención de la cuenca en estudio utilizamos la ecuación (78), debido a que la retención de la cuenca esta entre los valores 50-80 mm/año el coeficiente de agotamiento lo calculamos con la formula (83).

Con el coeficiente de agotamiento se halla el gasto de la retención (G), que viene a ser el aporte a la escorrentía, de las aguas subterráneas en los meses de estiaje. Su cálculo se realizó utilizando la formula (88). Observar las tablas N° 10 y N° 11.

Abastecimiento (A) durante la estación lluviosa.

El abastecimiento (A_i) durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. 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 (89). El coeficiente de abastecimiento lo obtenemos de la tabla N° 01, vista anteriormente y el abastecimiento de la retención para meses lluviosos se muestra en la tabla N° 13.

d. Generación de caudales

Caudales mensuales para el año promedio

Para generar los caudales medios mensuales para el año promedio, se utilizó la formula (90) que describe la ecuación básica de balance hídrico.

Los caudales obtenidos con la formula (90) se muestran en unidades de (mm/mes) (ver tabla N° 14), para convertirlos a (m^3/s), es necesario multiplicarlos por el área de la cuenca, dividido entre el número de días del mes, 24h, 60mi, 60seg.

Caudales mensuales para periodos extendidos.

Para calcular los caudales mensuales para periodos extendidos de la cuenca Chonta, inicialmente se calcularon los parámetros B1, B2, B3, S, r, sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante una regresión con Q_t (caudales generados para el año promedio) como valor dependiente, Q_{t-1} y PE_t como valores independientes. Para calcular B1, B2, B3, utilizamos las ecuaciones (95,96 y97).

- Determinamos los caudales (\hat{Q}_t); calculamos el error (e) y los coeficientes estadísticos de regresión múltiple.(ver las tablas N°15, N°16, N°17), generamos números aleatorios y posteriormente calculamos (Q_m) en unidades de (mm/mes). Observar tabla N°18.

- Se calculó la precipitación efectiva a partir de la precipitación media mensual para los 11 periodos en estudio. (ver tabla N°46)

- Se generó números aleatorios normalmente distribuidos para el mismo número de datos de la precipitación efectiva; con distribución de media igual a “0” y desviación estándar igual a “1”. (ver tabla N°47)
- Se calculó los caudales generados para el periodo extendido, para lo cual utilizamos la ecuación (94). (ver tabla N°48,49 y N°50)

Caudales aforados utilizando Correntómetro y Tubo de Pitot

El aforamiento de caudales para la cuenca del río Chonta lo realizamos 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”.

El punto de aforo tiene coordenadas: Zona 17 M, E=787240 N=9215990 S y Z=2909 msnm.

El procedimiento desarrollado se detalla a continuación.

Aforo con correntómetro

- Escogemos un tramo del cauce del río que sea recto, libre de obstáculos como rocas, troncos o cualquier cuerpo que obstaculice el flujo del agua libremente.
- Colocamos un cordel transversal al cauce del río, en la sección escogida para realizar el aforo; este cordel debe estar marcado en tramos, en nuestro caso se seccionó el cordel cada 0.40 m.
- Se dividió el río en 23 partes iguales con equidistancias de 0.40 m, posteriormente medimos la profundidad de cada sección para hallar las áreas parciales de las diferentes secciones.
- Medimos con el correntómetro las velocidades en cada sección del río. El correntómetro realiza dos medidas, la velocidad máxima y la velocidad mínima; en nuestro caso tomaremos la velocidad mínima por tratarse de un estudio de disponibilidad de agua.
- Con ayuda de una hoja Excel y utilizando la formula clásica para hallar el caudal ($Q=VA$), logramos calcular los caudales que pasan por cada tramo del río; posteriormente sumamos los caudales parciales calculados logrando así calcular el caudal total del agua que pasa por el río.

Aforo con tubo de Pitot

Por razones de no contar con el correntómetro, en algunas ocasiones realizamos el aforamiento del río con el Tubo de Pitot.

El procedimiento es similar al realizado con el correntómetro, pero en este caso se mide las variaciones de altura que alcanza el agua a través del Tubo de Pitot, en cada sección del río.

Para hallar la velocidad utilizamos la fórmula (109), posteriormente el cálculo es el mismo descrito utilizando el correntómetro.

e. Oferta hídrica de la cuenca

Con los caudales medios mensuales generados con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz se realizó el ajuste a una distribución normal, para lo cual utilizamos la prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolgomorv, esta prueba nos permite tomar criterios de aceptación o de rechazo para la función analizada.

La prueba de bondad de ajuste Smirnov-Kolgomorv se realizó siguiendo el orden descrito en el capítulo anterior, donde se describe a detalle (ver tablas del anexo A.8.).

Se determinó la disponibilidad hídrica con diferentes niveles de persistencia (75, 80, 90 y 95%) para cada mes. Para realizar este análisis se utilizó el método de weibul descrito en el capítulo anterior.

f. Impacto de los canales de derivación sobre la cuenca.

La cuenca del río Chonta se ve impactada básicamente por canales hidráulicos, los cuales derivan el curso natural de las aguas generando un impacto sobre la cuenca; los canales son utilizados básicamente para uso agrícola. En la presente investigación se muestra un inventario de los canales de derivación más importantes ubicados aguas arriba del punto emisor considerado en la presente investigación (ver tabla 52 del anexo A.9).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis cartográfico de la cuenca en estudio

Es importante conocer la geomorfología y así poder caracterizar la cuenca en estudio de acuerdo a los parámetros calculados.

La cuenca Chonta tiene un área de 275.44 km² y tiene un ancho promedio de 10.574 km, por su tamaño se trata de una cuenca grande, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca por lo que se trata de una cuenca exorreica.

El coeficiente de Gravelius o índice de compacidad (Ic) es 1.359 por lo que se trata de una cuenca de forma oval redonda a oval oblonga. En la medida en que este número sea próximo a la unidad hay mayor tendencia a las crecientes.

El factor de forma intenta medir cuan cuadrada(alargada) puede ser la cuenca. El valor obtenido para la cuenca en estudio es 0.406 lo cual nos indica que la cuenca tiene mayor desarrollo en su “largo” que, en su “ancho”, como el factor de forma es menor que la unidad se trata de una cuenca oval alargada, en consecuencia, la cuenca en estudio concentra lentamente el escurrimiento de una lluvia.

La curva hipsométrica de la cuenca en estudio nos indica que se trata de una cuenca en equilibrio, en plena madurez, es una cuenca de pie de montaña. La pendiente de la cuenca es de 25.03%, este parámetro es de importancia, pues nos da un índice de la velocidad media de la esorrentía y su poder de arrastre y erosión sobre la cuenca.

La altitud media de la cuenca es de 3599.83 m.s.n.m. es un factor importante por la influencia que ejerce sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación y transpiración y, consecuentemente sobre el caudal medio.

La pendiente del cauce principal 2.94%, está relacionado con el grado erosivo y la velocidad de la corriente, este parámetro también está relacionado con el tamaño de sedimentos que arrastra el río.

Parámetros geomorfológicos de la cuenca “Chonta”

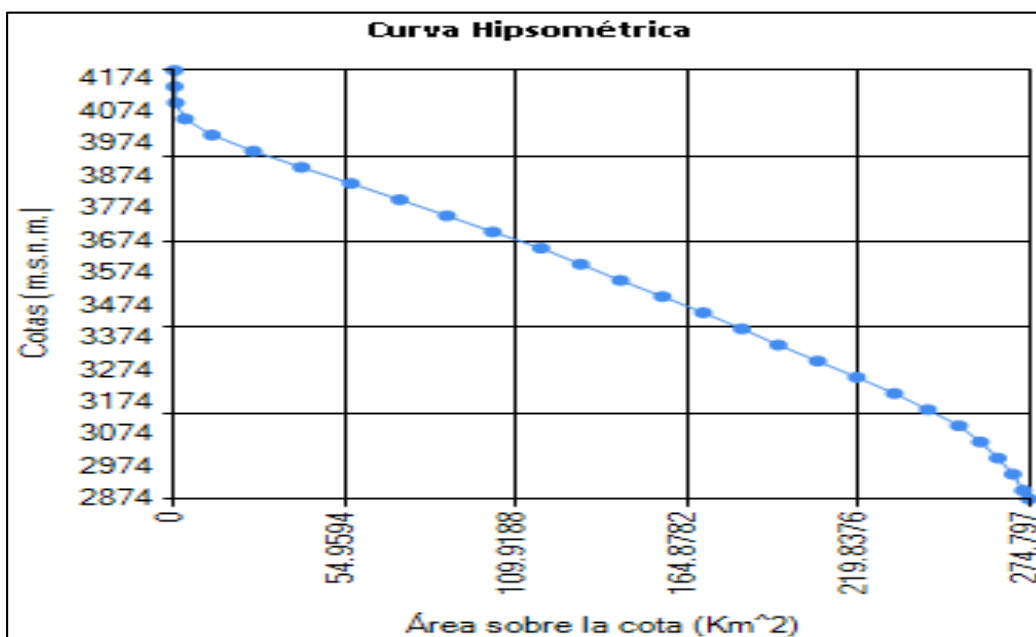
Los parámetros de la tabla que se muestra a continuación se obtuvieron utilizando los softwares **ARC GIS e HIDR CALC**; los cuales facilitaron el procedimiento de cálculo dando como resultado los siguientes parámetros geomorfológicos de la cuenca en estudio.

Tabla 6: Parámetros geomorfológicos de la cuenca Chonta, tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica el Chicche.

| | |
|--|---------------------------|
| Área de la cuenca | 275.44 Km ² |
| Perímetro de la cuenca | 80.58 Km. |
| Longitud del cauce principal | 26.048 Km. |
| C. de Gravelius o índice de compacidad | 1.359 |
| Factor de forma | 0.406 |
| Pendiente de la cuenca | 25.03 % |
| Altitud media | 3599.829 m. |
| Pendiente del cauce principal | 2.94 % |
| Ancho promedio | 10.574 Km. |
| Altitud más frecuente | 3901 - 3950 |
| Coefficiente de masividad | 0.013 |
| Coefficiente orográfico | 0.047 |
| Relación de confluencias | 5.111 |
| Relación de longitudes | 1.075 |
| Densidad de drenaje | 1.912 Km/Km ² |
| Frecuencia de ríos | 5.068 |
| Tiempo de concentración | 3.171 Horas |
| Rectángulo equivalente | a: 8.727 m b: 31.563 m |

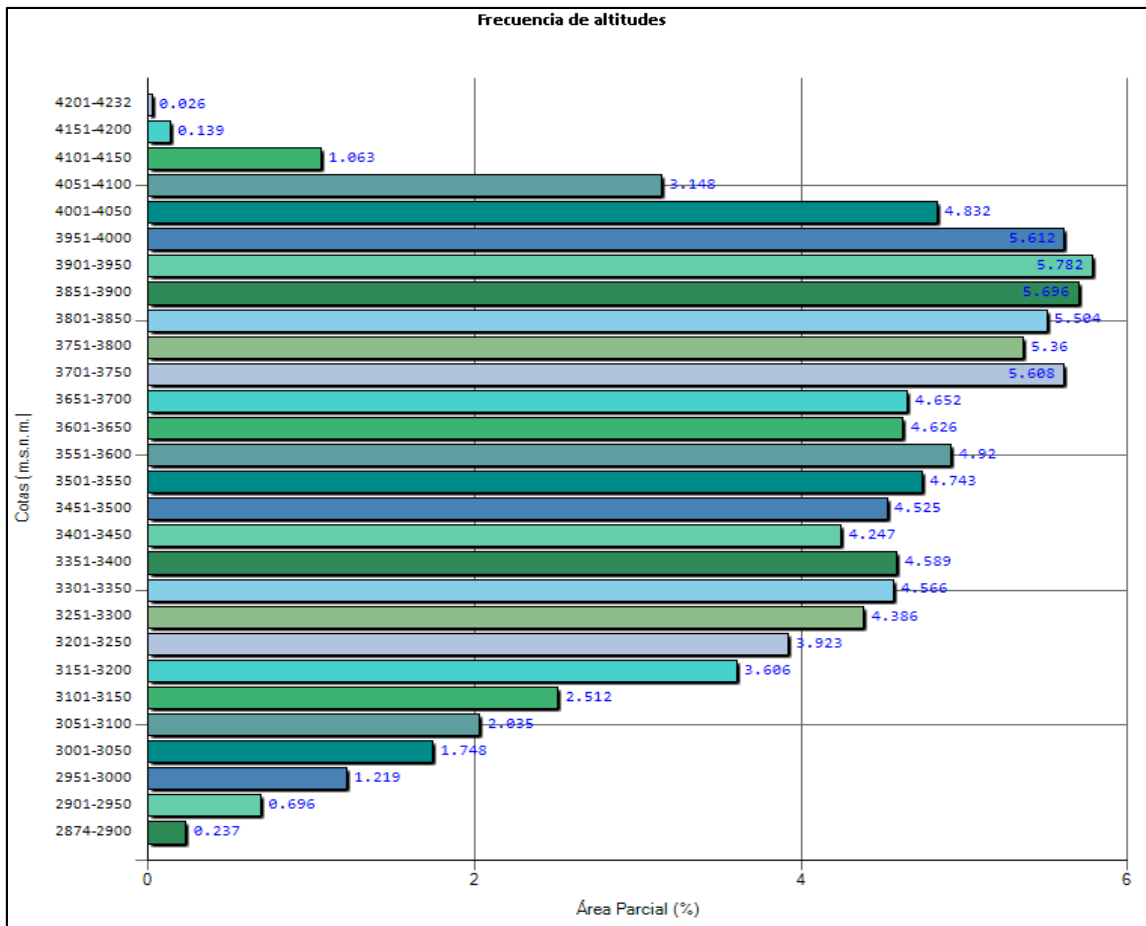
Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Curva Hipsométrica de la cuenca Chonta



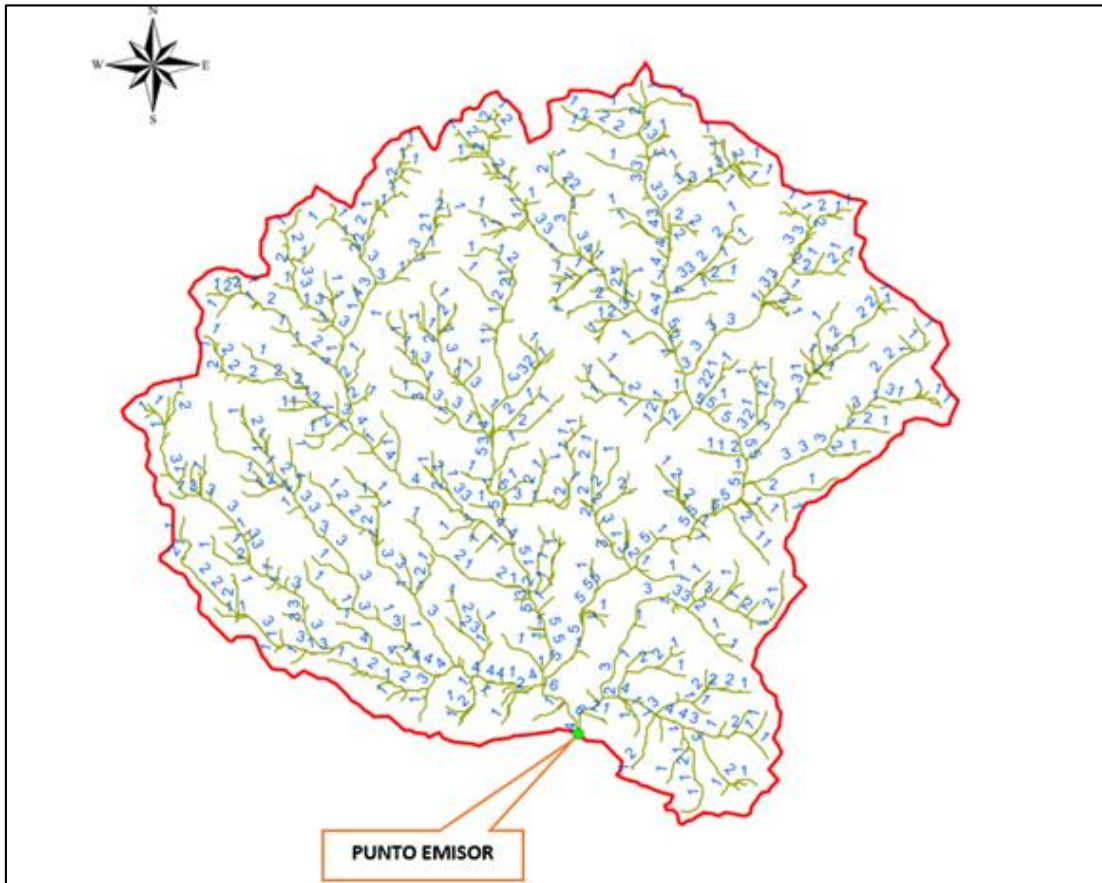
Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Frecuencia de altitudes de la cuenca Chonta



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Punto emisor de la cuenca del río Chonta a 100 de la captación de la central hidroeléctrica el Chicche.



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la imagen anterior la cuenca en estudio es de orden 6. Para la determinación de estos parámetros se utilizó el software ARC GIS e HIDRO CALC.

4.2 Modelos determinísticos parciales

Precipitación media de la cuenca

La precipitación media mensual se generó con el método de Isoyetas, este método es considerado el más preciso, se utilizan curvas de igual precipitación. El trazo de estas curvas se realizó el software ARC GIS 10.4.1.

Tabla 7: Precipitación media multianual mensual (mm) de la cuenca chonta (1964-2016)

| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AG | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 113.94 | 142.15 | 160.05 | 101.11 | 47.72 | 17.02 | 9.42 | 15.04 | 43.04 | 107.52 | 114.11 | 141.56 | 1012.68 |

Fuente: Elaboración propia

Coefficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía se calculó mediante la fórmula de “L. Turc”, como se muestra a continuación.

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

| | | | |
|--|----------------|---|------------------------|
| $T = 197 - 23.1 \ln H$ | 7.84 | H = Altitud Media Cuenca | 3599.83 m.s.n.m |
| $L = 300 + 25T + 0.05T^3$ | 520.176 | T = Temperatura Media Anual (°C) | |
| | | L = Coeficiente Temperatura | |
| $D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$ | 467.61 | P = Precipitación Total Anual (Promedio Todos Módulos) | 1012.68 mm/año |
| $C = \frac{P - D}{P}$ | 0.538 | D = Déficit Escurrimiento (Pérdida de agua que se va a la atmosfera) | |

Precipitación efectiva

Es la precipitación que da origen a la escorrentía directa y al flujo base. Para estimar la precipitación efectiva (PE) de la cuenca Chonta (periodo 1964-2016) se utilizó el método FAO aplicando a los datos de la tabla N° 7.

El coeficiente de escorrentía se afectó a todos los datos de la planilla de precipitación total de la cuenca en estudio.

Tabla 8: Precipitación media efectiva mensual (mm) de la cuenca Chonta (periodo 1964-2016)

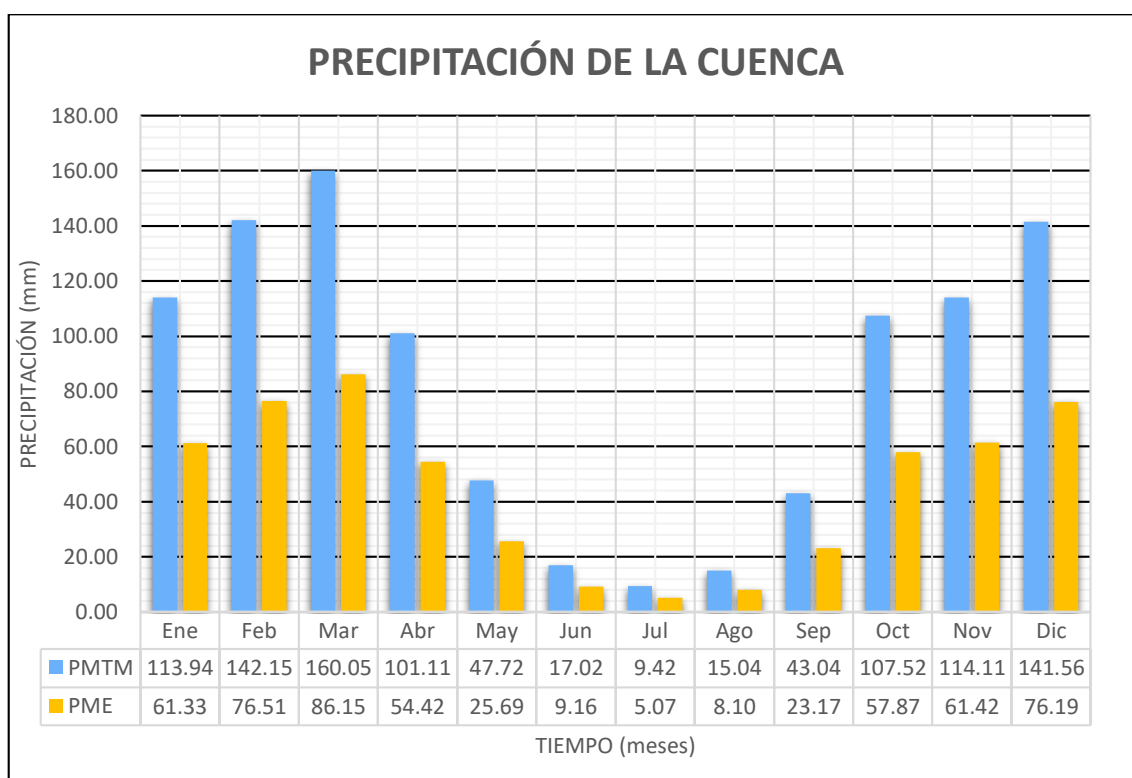
| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AG | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| PME | 61.33 | 76.51 | 86.15 | 54.42 | 25.69 | 9.16 | 5.07 | 8.10 | 23.17 | 57.87 | 61.42 | 76.19 | 545.07 |

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de escorrentía directa y flujo base medio anual es:

$$C = 545.07/1012.68 = 0.538$$

Figura 29. Precipitaciones medias mensuales de la cuenca Chonta.



Fuente: Elaboración propia

Retención de la cuenca

El valor de la Retención “R” es 58.59 mm/año, según la bibliografía revisada anteriormente se trata de una cuenca con agotamiento rápido (valores de R comprendidos entre 50 y 80 mm/año) y vegetación poco desarrollada.

Tabla 9: parámetros para calcular la retención de la cuenca Chonta.

| PARÁMETRO | SÍMBOLO | VALOR | UNIDAD |
|--------------------------------------|---------|--------|--------------------|
| Coefficiente | Ca = | 20 | (%) |
| Área de la cuenca | AR = | 275.44 | (Km ²) |
| Almacenamiento de acuíferos | LA = | 292.95 | (mm/año) |
| Pendiente del cauce principal | I = | 0.03 | m/m |
| Área de la lagunas | AL = | 0.00 | (Km ²) |
| Almacenamiento de lagunas y pantanos | LL = | 500.00 | (mm/año) |
| Área de los nevados | AN = | 0.00 | (Km ²) |
| Almacenamiento de nevados | LN = | 500.00 | (mm/año) |

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la retención “R” de la cuenca Chonta

$$R = \frac{(0.20)(275.44)(292.95)}{275.44} = 58.59 \frac{mm}{año}$$

Coefficiente de agotamiento

En vista que la retención está comprendida entre 50 y 80 mm/año, el coeficiente de agotamiento se halla con la siguiente expresión.

$$\alpha = -0.00252Ln(275.44) + 0.030$$

$$\alpha = 0.01584167 \text{ días}^{-1}$$

Relación de caudales del flujo base

La relación de caudales de flujo base se obtiene para los meses de estiaje de mayo a septiembre.

Mes de mayo:

$$bo = (2.7183)^{(-0.01584167)(31)} = 0.61196$$

Mes de junio:

$$bo = (2.7183)^{(-0.01584167)(30)} = 0.38047$$

Tabla 10: Valores de la relación de caudales del flujo base, para meses de estiaje.

| Mes | n° dias | bo |
|------------|---------|---------|
| Mayo | 31 | 0.61196 |
| Junio | 30 | 0.38047 |
| Julio | 31 | 0.23283 |
| Agosto | 31 | 0.14248 |
| Septiembre | 30 | 0.08859 |
| suma | bm = | 1.45633 |

Fuente: Elaboración propia

Gasto de la retención

El gasto de la retención de la cuenca Gi, es el aporte de la escorrentía, de las aguas subterráneas en los meses de estiaje (meses de mayo a septiembre), está en función a la retención “R”, la relación de caudales del flujo base (bo) y la suma de factores mensuales durante la estación de estiaje ($\Sigma bo = bm$). Los cálculos se muestran para los meses de mayo y junio, y en la tabla N° 11 se muestra para los demás meses.

Mes de mayo:

$$Gi = 58.59 \left(\frac{0.61196}{1.45633} \right) = 24.62 \frac{mm}{mes}$$

Mes de junio:

$$Gi = 58.59 \left(\frac{0.38047}{1.45633} \right) = 15.31 \frac{mm}{mes}$$

Tabla 11: Gasto de la retención para los meses de estiaje en la cuenca Chonta.

| Mes | Gi (mm/mes) |
|------------|----------------|
| Mayo | 24.62 |
| Junio | 15.31 |
| Julio | 9.37 |
| Agosto | 5.73 |
| Septiembre | 3.56 |

Fuente: Elaboración propia

Abastecimiento de la retención

Se obtiene para la estación lluviosa, meses de octubre a abril, en función al coeficiente de abastecimiento para la región Cajamarca y la retención de la cuenca.

Tabla 12: Almacenamiento Hídrico durante la época de lluvias para la región Cajamarca (valores del coeficiente de abastecimiento, ai, en %)

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

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos se muestran para los meses de octubre y noviembre, y en la tabla N° 13 se muestra para todos los meses lluviosos.

Mes de octubre:

$$Ai = (0.25)(58.59) = 14.6475 \frac{mm}{mes}$$

Mes de noviembre:

$$Ai = (-0.05)(58.59) = -2.9295 \frac{mm}{mes}$$

Tabla 13: Abastecimiento de la retención para meses lluviosos.

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

Fuente: Elaboración propia

4.3 Generación de caudales

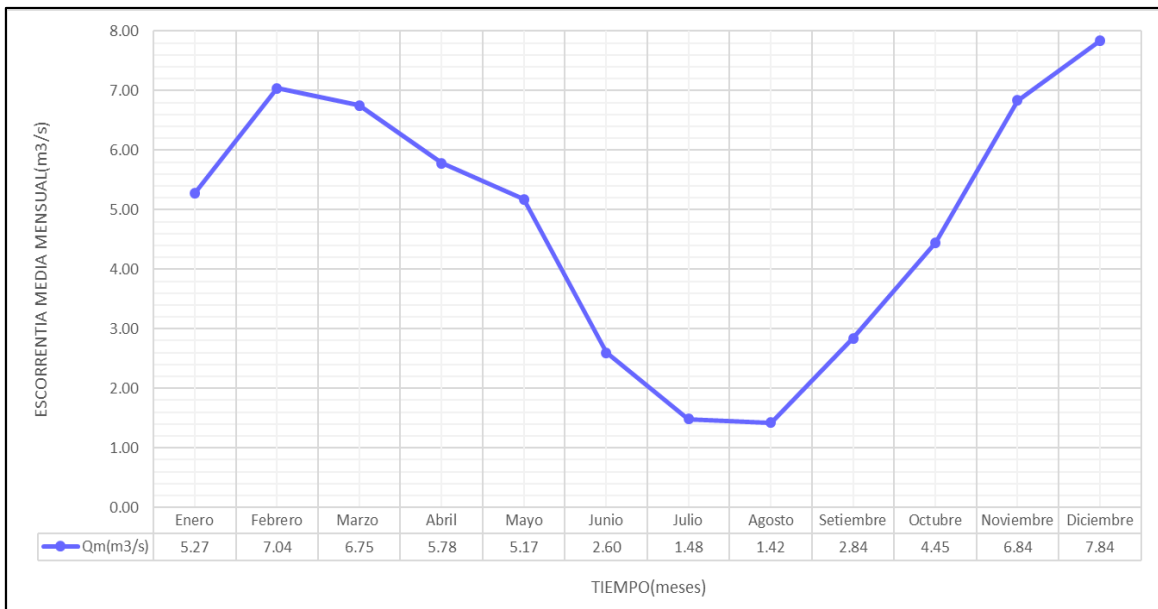
Caudales mensuales para el año promedio (Qm)

Tabla 14: Caudales generados para el año promedio

| Mes | N° días del mes | PP (mm) | PE (mm) | G (mm) | A (mm) | Qm (mm/mes) | Qm(m ³ /s) |
|-----------|-----------------|---------|---------|--------|--------|----------------|-----------------------|
| Enero | 30 | 113.94 | 61.33 | | 11.72 | 49.61 | 5.27 |
| Febrero | 28 | 142.15 | 76.51 | | 14.65 | 61.86 | 7.04 |
| Marzo | 31 | 160.05 | 86.15 | | 20.51 | 65.64 | 6.75 |
| Abril | 30 | 101.11 | 54.42 | | 0.00 | 54.42 | 5.78 |
| Mayo | 31 | 47.72 | 25.69 | 24.62 | | 50.31 | 5.17 |
| Junio | 30 | 17.02 | 9.16 | 15.31 | | 24.47 | 2.60 |
| Julio | 31 | 9.42 | 5.07 | 9.37 | | 14.44 | 1.48 |
| Agosto | 31 | 15.04 | 8.10 | 5.73 | | 13.83 | 1.42 |
| Setiembre | 30 | 43.04 | 23.17 | 3.56 | | 26.73 | 2.84 |
| Octubre | 31 | 107.52 | 57.87 | | 14.65 | 43.22 | 4.45 |
| Noviembre | 30 | 114.11 | 61.42 | | -2.93 | 64.35 | 6.84 |
| Diciembre | 31 | 141.56 | 76.19 | | 0.00 | 76.19 | 7.84 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Caudales generados para el año promedio de la cuenca Chonta.



Fuente: Elaboración propia

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 15: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple

| Mes | Qt | Qt-1 | P Et |
|------------|-------------|---------------|--------------|
| Enero | 49.61 | 76.19 | 61.33 |
| Febrero | 61.86 | 49.61 | 76.51 |
| Marzo | 65.64 | 61.86 | 86.15 |
| Abril | 54.42 | 65.64 | 54.42 |
| Mayo | 50.31 | 54.42 | 25.69 |
| Junio | 24.47 | 50.31 | 9.16 |
| Julio | 14.44 | 24.47 | 5.07 |
| Agosto | 13.83 | 14.44 | 8.10 |
| Setiembre | 26.73 | 13.83 | 23.17 |
| Octubre | 43.22 | 26.73 | 57.87 |
| Noviembre | 64.35 | 43.22 | 61.42 |
| Diciembre | 76.19 | 64.35 | 76.19 |
| $\Sigma =$ | 545.07 | 545.07 | 545.07 |
| | ΣQt | $\Sigma Qt-1$ | ΣPEt |

Fuente: Elaboración propia

Las ecuaciones para calcular los estadísticos B1, B2, B3 son:

$$545.07 = (12) B1 + 545.07(B2) + 545.07(B3) \quad (95)$$

$$28212.63 = 545.07 (B1) + 29616.47 (B2) + 28894.55 (B3) \quad (96)$$

$$30971.74 = 545.07 (B1) + 28894.55 (B2) + 34296.26 (B3) \quad (97)$$

Resolviendo matricialmente tenemos:

| Coeficientes | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| B1 | B2 | B3 | T I |
| 12 | 545.07 | 545.07 | 545.07 |
| 545.07 | 29616.47 | 28894.55 | 28212.63 |
| 545.07 | 28894.55 | 34296.26 | 30971.74 |

MATRIZ INVERSA

| | | |
|------------|-------------|-------------|
| 0.51560006 | -0.00839468 | -0.00112191 |
| -0.0083947 | 0.00032633 | -0.00014151 |
| -0.0011219 | -0.00014151 | 0.00016621 |

Multiplicando $|TI| |MI|$ Obtenemos los resultados de B1, B2 y B3.

$$B1 = 9.454$$

$$B2 = 0.248$$

$$B3 = 0.544$$

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 16: Cálculos \hat{Q}_t de mensual.

| Mes | Qt-1 | P Et | \hat{Q}_t |
|-----------|-------|-------|-------------|
| Enero | 76.19 | 61.33 | 61.70 |
| Febrero | 49.61 | 76.51 | 63.37 |
| Marzo | 61.86 | 86.15 | 71.65 |
| Abril | 65.64 | 54.42 | 55.33 |
| Mayo | 54.42 | 25.69 | 36.92 |
| Junio | 50.31 | 9.16 | 26.91 |
| Julio | 24.47 | 5.07 | 18.28 |
| Agosto | 14.44 | 8.10 | 17.44 |
| Setiembre | 13.83 | 23.17 | 25.48 |
| Octubre | 26.73 | 57.87 | 47.56 |
| Noviembre | 43.22 | 61.42 | 53.58 |
| Diciembre | 64.35 | 76.19 | 66.85 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Cálculo del error (e) mensual.

| Mes | Qt | \hat{Q}_t | e | e^2 | Q^2_t |
|-----------|--------|-------------|-------------|--------|------------|
| Enero | 49.61 | 61.70 | -12.0938736 | 146.26 | 2461.0274 |
| Febrero | 61.86 | 63.37 | -1.50657359 | 2.27 | 3827.09279 |
| Marzo | 65.64 | 71.65 | -6.0095683 | 36.11 | 4308.57377 |
| Abril | 54.42 | 55.33 | -0.90879622 | 0.83 | 2961.5951 |
| Mayo | 50.31 | 36.92 | 13.3874625 | 179.22 | 2530.68514 |
| Junio | 24.47 | 26.91 | -2.44130413 | 5.96 | 598.758891 |
| Julio | 14.44 | 18.28 | -3.84216823 | 14.76 | 208.405834 |
| Agosto | 13.83 | 17.44 | -3.60898873 | 13.02 | 191.215024 |
| Setiembre | 26.73 | 25.48 | 1.24706767 | 1.56 | 714.533667 |
| Octubre | 43.22 | 47.56 | -4.33567824 | 18.80 | 1868.25028 |
| Noviembre | 64.35 | 53.58 | 10.7706293 | 116.01 | 4140.77345 |
| Diciembre | 76.19 | 66.85 | 9.3417916 | 87.27 | 5805.55404 |
| Media Qt= | 45.422 | | suma = | 622.07 | 29616.4654 |

Fuente: Elaboración propia

$$S = 8.314$$

$$r = 0.9184$$

$$S^2_{\hat{Q}_t} = 441.644$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

$$Qt = 9.454 + 0.248 Q_{t-1} + 0.544 PE_t + 3.289 z$$

Tabla 18: Caudales generados Q_m (mm/mes) para un periodo extendido.

| Mes | z | Q_{t-1} | $P E_t$ | Q_m |
|-----------|--------|-----------|---------|-------|
| Enero | -1.040 | 76.19 | 61.33 | 58.28 |
| Febrero | 1.256 | 49.61 | 76.51 | 67.50 |
| Marzo | 0.509 | 61.86 | 86.15 | 73.32 |
| Abril | -0.409 | 65.64 | 54.42 | 53.98 |
| Mayo | -0.538 | 54.42 | 25.69 | 35.15 |
| Junio | -0.953 | 50.31 | 9.16 | 23.78 |
| Julio | 0.190 | 24.47 | 5.07 | 18.90 |
| Agosto | -1.700 | 14.44 | 8.10 | 11.85 |
| Setiembre | 0.706 | 13.83 | 23.17 | 27.81 |
| Octubre | -0.774 | 26.73 | 57.87 | 45.01 |
| Noviembre | 0.257 | 43.22 | 61.42 | 54.42 |
| Diciembre | 1.565 | 64.35 | 76.19 | 72.00 |

Fuente: Elaboración propia

Para obtener los valores de Q_m utilizamos la expresión siguiente:

$$Q_m = 9.454 + 0.248 Q_{t-1} + 0.544 P E_t + 3.289 z$$

z : números aleatorios para 12 meses (un año) con media cero y desviación estándar uno, distribución normal.

La generación de los caudales medios mensuales para los 11 periodos (desde 1964-2016 agrupados en periodos de 5 años y uno de 3 años) se hizo aplicando la ecuación integral obtenida de la ecuación (94)

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

- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes.
- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo.
- Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el ultimo valor como Q_0 .

En este caso utilizamos las dos primeras metodologías descritas anteriormente.

Para aplicar la ecuación integral para generación de caudales primero generamos una tabla de precipitación efectiva y una tabla de números aleatorios (observar tablas N°46 y N°47 del anexo A6 y A7).

Los valores de los caudales medios mensuales se muestran en la tabla N°48, N°49, N°50, N°51 del anexo A.7.

Aforo de caudales en la cuenca del río Chonta

Los aforos se realizaron tomando un punto emisor ubicado 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica el Chicche. La metodología empleada fue descrita en el capítulo anterior de la presente investigación.

El modelo de planillas empleadas para calcular los caudales aforados se encuentra en el anexo A.4. y el resumen de los caudales aforados se muestra en la tabla N° 19.

Tabla 19: resumen de aforo de caudales en la cuenca del río Chonta tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”.

| CUADRO DE RESUMÉN DE AFOROS | | |
|------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| AFORO N° | FECHAS | CAUDAL (m³/s) |
| 1 | 30/08/2017 | 0.518 |
| 2 | 2/09/2017 | 0.685 |
| 3 | 9/09/2017 | 0.689 |
| 3 | 16/09/2017 | 0.689 |
| 4 | 23/09/2017 | 0.733 |
| 5 | 30/09/2017 | 0.809 |
| 6 | 7/10/2017 | 0.936 |
| 7 | 14/10/2017 | 0.981 |
| 8 | 21/10/2017 | 0.696 |
| 9 | 28/10/2017 | 0.928 |
| 10 | 4/11/2017 | 0.701 |
| 11 | 11/11/2017 | 0.631 |
| 12 | 18/11/2017 | 0.516 |
| 13 | 25/11/2017 | 0.746 |
| 14 | 6/01/2018 | 2.855 |
| 15 | 13/01/2018 | 3.745 |
| 16 | 20/01/2018 | 4.867 |
| 17 | 27/01/2018 | 1.945 |
| 18 | 3/02/2018 | 1.712 |
| 19 | 10/02/2018 | 1.658 |
| 20 | 17/02/2018 | 4.813 |
| 21 | 24/02/2018 | 2.925 |

Fuente: Elaboración propia

4.4 Oferta hídrica en la cuenca del río Chonta

La oferta hídrica se obtuvo de la tabla de caudales medios mensuales generada para los 11 periodos descrita anteriormente.

El volumen de agua aprovechable para la cuenca en estudio se estimó asumiendo que en el interior de la cuenca no se está derivando el agua desde los cursos naturales y que no existe ningún almacenamiento artificial.

Tabla 20: Agua aprovechable (mm/mes), producida por la cuenca del río Chonta, tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”.

| Uso | Persist. | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Agr. Pecuario | 0.75 | 49.33 | 57.30 | 65.98 | 51.69 | 31.59 | 19.83 | 14.13 | 15.22 | 21.10 | 40.63 | 47.61 | 57.81 |
| Consumo HH | 0.80 | 47.40 | 55.71 | 64.53 | 50.63 | 30.42 | 19.13 | 13.50 | 14.46 | 20.19 | 39.18 | 46.53 | 56.50 |
| Industrial | 0.90 | 43.55 | 52.53 | 61.61 | 48.52 | 28.09 | 17.74 | 12.23 | 12.93 | 18.37 | 36.29 | 44.38 | 53.87 |
| Hidroenergía | 0.95 | 41.62 | 50.94 | 60.15 | 47.46 | 26.92 | 17.05 | 11.60 | 12.16 | 17.45 | 34.84 | 43.31 | 52.56 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Volumen de agua aprovechable (MMC), producida por la cuenca del río Chonta, tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”.

| Uso | Persist. | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Agr. Pecuario | 0.75 | 13.59 | 15.78 | 18.17 | 14.24 | 8.70 | 5.46 | 3.89 | 4.19 | 5.81 | 11.19 | 13.11 | 15.92 |
| Consumo HH | 0.80 | 13.06 | 15.34 | 17.77 | 13.95 | 8.38 | 5.27 | 3.72 | 3.98 | 5.56 | 10.79 | 12.82 | 15.56 |
| Industrial | 0.90 | 12.00 | 14.47 | 16.97 | 13.36 | 7.74 | 4.89 | 3.37 | 3.56 | 5.06 | 10.00 | 12.23 | 14.84 |
| Hidroenergía | 0.95 | 11.46 | 14.03 | 16.57 | 13.07 | 7.42 | 4.70 | 3.19 | 3.35 | 4.81 | 9.60 | 11.93 | 14.48 |

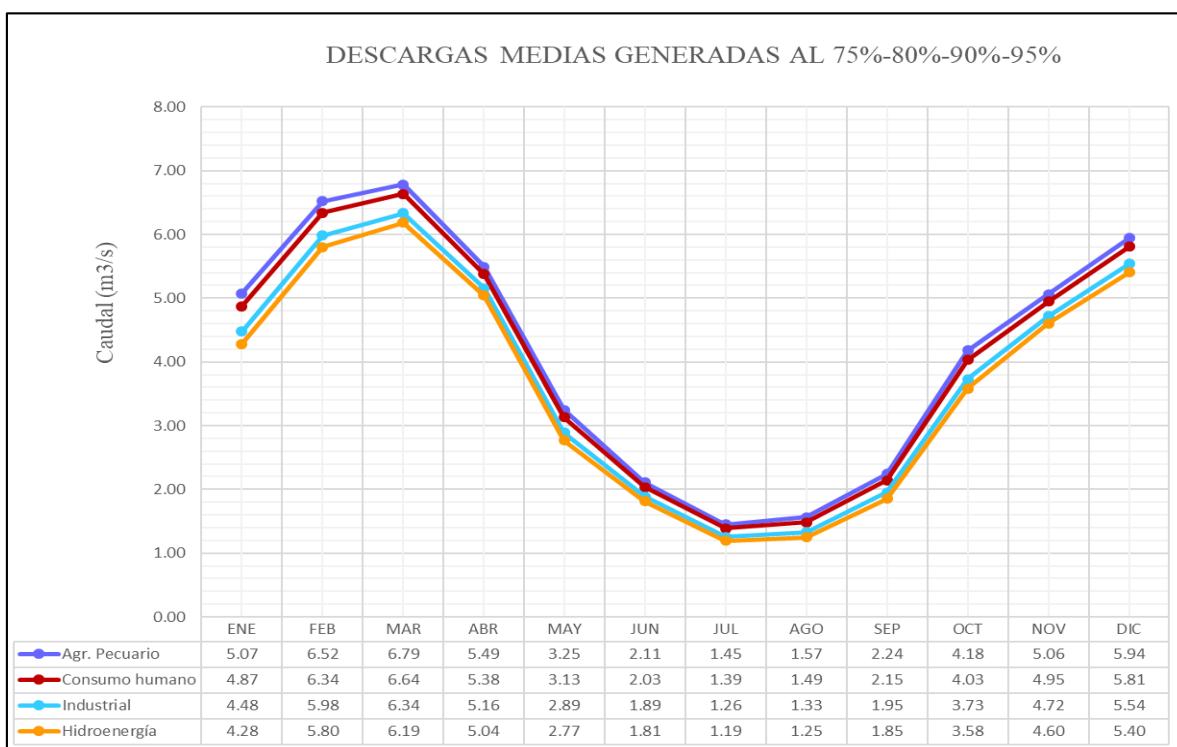
Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Volumen de agua aprovechable (m³/s), producida por la cuenca del río Chonta, tomando como punto emisor una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”.

| Uso | Persist. | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Agr. Pecuario | 0.75 | 5.07 | 6.52 | 6.79 | 5.49 | 3.25 | 2.11 | 1.45 | 1.57 | 2.24 | 4.18 | 5.06 | 5.94 |
| Consumo HH | 0.80 | 4.87 | 6.34 | 6.64 | 5.38 | 3.13 | 2.03 | 1.39 | 1.49 | 2.15 | 4.03 | 4.95 | 5.81 |
| Industrial | 0.90 | 4.48 | 5.98 | 6.34 | 5.16 | 2.89 | 1.89 | 1.26 | 1.33 | 1.95 | 3.73 | 4.72 | 5.54 |
| Hidroenergía | 0.95 | 4.28 | 5.80 | 6.19 | 5.04 | 2.77 | 1.81 | 1.19 | 1.25 | 1.85 | 3.58 | 4.60 | 5.40 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Descargas medias generadas de la cuenca del río Chonta con punto de descarga una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica el Chiche para diferentes usos.



Fuente: Elaboración propia

g. Impacto de los canales de derivación sobre la cuenca.

La cuenca del río Chonta, aguas arriba del punto emisor aporta agua principalmente para uso agrícola y pecuario; esta demanda de agua se da principalmente en los meses de estiaje; en la presente investigación se muestra un inventario de canales de derivación los cuales se pueden observar en la tabla N° 53 del Anexo 9.

La suma de los caudales de los canales de derivación es de 1.12 m³/s, estos caudales son destinados para uso agrícola y pecuario, por lo tanto, si adicionamos este caudal a los caudales aforados en los meses de estiaje obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 23. Oferta hídrica de la cuenca del río Chonta obtenida mediante aforos realizados en el punto emisor.

| Meses | ENE | FEB | AGO | SEP | OCT | NOV |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Aforos en el P. emisor Q (m ³ /s) | 3.353 | 2.777 | 0.518 | 0.721 | 0.885 | 0.649 |
| Canales de Derivación. Q (m ³ /s) | - | - | 1.12 | 1.12 | - | - |
| Oferta Hídrica Q (m ³ /s) | 3.353 | 3.353 | 1.637 | 1.840 | 0.885 | 0.885 |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior podemos hacer el siguiente análisis:

- Considerando que en los meses de lluvia (octubre- febrero) la cuenca no aporta agua para uso agrícola tendremos en cuenta que los valores aforados para estos meses no son afectados por los canales de derivación.
- Los valores de la oferta hídrica de la cuenca para uso agrícola y pecuario en los meses de estiaje (agosto-septiembre) están afectados por los canales de derivación, por lo tanto, sumaremos el caudal de derivación ($1.12 \text{ m}^3/\text{s}$) a los valores de los caudales aforados en los meses de estiaje (ver tabla N° 32); obteniendo así la tabla N° 23. Considerando que en estos meses hay demanda de agua para uso agrícola y pecuario.
- Los valores de la tabla N° 23, no tienen relación con los valores reales (caudales aforados) puesto que la data de aforos se ha realizado en un periodo corto; sin embargo, podemos decir que si realizamos un estudio más profundo de los impactos que tiene la cuenca debido a la derivación de agua, podríamos obtener valores más acertados. Como podemos observar para los meses de agosto y septiembre, los cuales se acercan más a los valores de la oferta hídrica para uso agrícola y pecuario generados a partir del modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz.

CAPÍTULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- a) La cuenca del río Chonta, tiene un área de 275.44 Km², por lo cual es considerada una cuenca grande, altitud media 3599.83 m.s.n.m. y pendiente de ladera de 25.03% e índice de Gravelius 1.359, por ser este parámetro mayor a la unidad podemos decir que la cuenca es poco susceptible a inundaciones. El cauce principal tiene una pendiente de 2.94%, donde se ha observado que el agua es derivada para uso energético, uso agrícola y pecuario fundamentalmente.
- b) La precipitación pluvial, muestra un régimen característico de los meses lluviosos y meses con escasa precipitación pluvial, siendo el mes más lluvioso el mes de marzo con 160.05 mm, el mes con menor pluviosidad es julio con 9.42 mm. La precipitación efectiva se obtuvo al afectar a la precipitación media de la cuenca por el coeficiente de escorrentía medio anual (0.538); esta precipitación da origen a la escorrentía directa y al flujo base.
- c) Con la estimación de los parámetros físicos y meteorológicos de la cuenca y aplicando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz, se logró determinar los caudales medios mensuales generados por la cuenca del río Chonta tomando como punto de descarga una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica el “Chicche”. Estos caudales varían en relación al régimen de precipitación pluvial de la cuenca; de tal forma que en los meses lluviosos varía de 7.54 m³/s a 4.92 m³/s y en los meses de estiaje de 3.85 m³/s a 1.78 m³/s.; estos caudales incluyen la escorrentía directa y el flujo base.
- d) El volumen de agua disponible (MMC) para diferentes usos, producida por la cuenca del río Chonta, tomando como punto de descarga una sección ubicada 100m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”, varía en función a las estación lluviosa y estación de estiaje. Para uso agrícola y pecuario el mayor volumen es de 18.17 MMC (marzo) y el menor es de 3.89 MMC (Julio); para el consumo humano el mayor volumen es de 17.77 MMC (marzo) y el menor es de 3.72 MMC (Julio); para uso industrial el mayor volumen es de 16.97 MMC (marzo) y el menor

es de 3.37 MMC (Julio); para Hidroenergía el mayor volumen es de 16.57 MMC (marzo) y el menor es de 3.19 MMC (Julio).

- e) La oferta hídrica de la cuenca del río Chonta generada por el modelo no muestra relación con los caudales aforados (agosto – febrero) debido a que los caudales aforados se realizaron en un periodo de tiempo corto; además la cuenca en estudio está impactada principalmente por canales de irrigación los cuales derivan un caudal de $1.12 \text{ m}^3/\text{s}$. ; por lo tanto, si sumamos este caudal a los caudales aforados en los meses de estiaje (agosto y septiembre) se logra obtener la tabla N° 23, en la cual podemos observar que los valores para dichos meses se aproximan más a los valores calculados por el modelo. En consecuencia, si se hiciera un estudio complementario el cual comprenda todos los impactos de la cuenca aguas arriba del punto emisor podríamos obtener caudales que se acerquen más a la oferta generada a partir del modelo, logrando así hacer más confiable el modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz.

5.2 RECOMENDACIONES

- La cuenca del río Chonta es una de las cuencas más importantes de nuestro ámbito geográfico, además sus aguas son destinadas para diferentes usos principalmente agrícola, pecuario, energético, etc., sin embargo, no se cuenta con información hidrológica suficiente que nos permita hacer una investigación más profunda. Por tal motivo es necesario que las autoridades concernientes al manejo del agua hagan la instalación de estaciones pluviométricas e hidrométricas con el objetivo de obtener datos más precisos y confiables que favorezcan la investigación.
- Se recomienda hacer estudios de tipo de suelo, infiltración, evaporación, etc., con la finalidad de obtener más parámetros característicos de la cuenca logrando así optimizar el modelo propuesto por Lutz Scholz.
- Se recomienda hacer un estudio complementario a este trabajo que disponga de información hidrométrica de por lo menos un año; además hacer un estudio de la demanda actual de la cuenca, con la finalidad de calibrar y validar el modelo.

CAPÍTULO VI

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIBLIOGRAFIA

1. APARICIO MIJARES, Francisco. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. MÉXICO: Editorial Limusa, 1992. 47-48 pp.
2. AGUIRRE NÚÑEZ, Mario. *Modelos Matemáticos En Hidrología*. LIMA: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2006.
3. CAHUANA ANDÍA, Agustín y YUGAR MORALES, Weimar. *Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Hidrología*. COCHABAMBA, 2009.
4. CHÁVARRI VELARDE, Eduardo. *Hidrología Aplicada: Análisis Probabilístico de las Variables Precipitación Total Anual y Caudal Medio Anual*. LIMA: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2004, 60-68 pp.
5. CHEREQUE MORÁN, Wendor. *Hidrología*. LIMA: Pontífice Universidad Católica Del Perú. 1991, 103 pp.
6. ORDOÑEZ GÁLVEZ, Juan Julio. *Cartilla técnica: aguas subterráneas – acuíferos*. LIMA: SENAMHI. 2011.
7. GÁMEZ MORALES, William. *Texto Básico de Hidrología: Cuenca Hidrográfica*. MANAGUA: Universidad Nacional Agraria. 2010, 26-29 pp.
8. MONSALVE SÁENZ, Germán. *Hidrología En La Ingeniería*. COLOMBIA: Edit. Escuela Colombiana de Ingeniería. 1999.
9. FATTORELLI, Sergio y FERNANDEZ, Pedro. *Diseño Hidrológico*. ZARAGOZA: Associazione Italiana Di Idronomia. 2011, 33 pp.
10. SÁNCHEZ SAN ROMÁN, Javier. *Hidrología*. ESPAÑA: Universidad de Salamanca. Departamento de Geología. 2004.
11. VILLÓN BÉJAR, Máximo. *Hidrología*. LIMA: Edit. Villón. 2002.
12. VILLÓN BÉJAR, Máximo. *Hidrología Estadística*. LIMA: Edit. Villón. 2016.

- OTROS

1. ALLEN, Richard. *Evapotranspiración del cultivo*. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. FAO. 2011
2. CORPONARIÑO, *Plan De Ordenamiento Del Recurso Hídrico Quebrada Miraflores*. COLOMBIA. 2011.

3. GONZÁLES IGUALDA, Ricardo. *Instrumentación Y Control-Módulo De Abastecimiento Y Saneamiento*. MADRID: Escuela De Organización Industrial. Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua. 2008.
4. HUAMÁN VIDAURRE, Francisco y RODRÍGUEZ CRUZADO, Reynaldo. *Generación de caudales medios mensuales en la cuenca Grande (Mashcon) impactada por actividad minera*. CAJAMARCA: Universidad Nacional de Cajamarca. 2017.
5. INFORME MUNDIAL DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO. 2015.
6. JULCAMORO ISPILCO, Frank. *Evaluación De La Disponibilidad Del Recurso Hídrico En La Microcuenca Del Río El Tuyo En El Distrito De Catilluc, Provincia De San Miguel-Cajamarca, 2017*. CAJAMARCA: Universidad Nacional de Cajamarca. 2017.
7. MAMANI CÁCERES, Walter. *Generación De Descargas Medias Mensuales De La Cuenca Del Río Coata Mediante El Método Determinístico-Estocástico Lutz Scholz*. PUNO: Universidad Nacional Del Altiplano. 2015.
8. NAJARRO SOTO, David. *Calibración del modelo Lutz Scholz y generación de caudales extendidos aplicado a la cuenca del río chacco*. AYACUCHO: Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga. 2015.
9. ORTIZ VERA, Oswaldo. *Hidrología De Superficie*. CAJAMARCA: Universidad Nacional de Cajamarca. 1995, pp. 1-97.
10. SCHOLZ, Lutz. *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana*. Recuperado de <https://sites.google.com/site/mehepgirhunalm/clase-7>. Plan Meris II, Cusco. 1980.
11. TARAZONA SANTOS, Edilberto. *Generación De Descargas Mensuales En Subcuencas De La Cuenca Del Río Santa Utilizando El Método De Lutz Scholz*. LIMA: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2005.
12. TERÁN GUEVARA, Nixon. *Volumen aprovechable en la microcuenca del río Tres Ríos, usando el modelo determinístico-estocástico Lutz Scholz, validado para los años hidrológicos 2008-2012*. CAJAMARCA: Universidad Nacional de Cajamarca. 2014.

Tabla 31: Precipitación mensual (mm)-Estación LLICA.

| Precipitación Mensual - CELENDÍN | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------|--------|-----------|----------|------------|-------|---------|---------------|----------|--------|--------|
| Departamento | CAJAMARCA | | | Provincia | CELENDÍN | | | | Distrito | CELENDÍN | | |
| ESTE | | 815563.05 | | NORTE | | 9241556.56 | | Altitud | 2470 m.s.n.m. | | | |
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| 1,964 | 77.00 | 86.20 | 168.37 | 98.44 | 41.14 | 11.34 | 5.70 | 8.28 | 38.27 | 127.21 | 159.59 | 123.21 |
| 1,965 | 96.23 | 101.17 | 143.03 | 93.26 | 22.61 | 2.37 | 7.36 | 2.53 | 62.41 | 132.49 | 131.76 | 108.43 |
| 1,966 | 83.72 | 91.59 | 95.32 | 80.54 | 47.20 | 2.50 | 4.03 | 1.68 | 35.77 | 128.52 | 120.11 | 56.07 |
| 1,967 | 151.63 | 185.10 | 206.08 | 56.49 | 47.24 | 6.18 | 18.64 | 4.99 | 17.64 | 177.63 | 56.92 | 90.88 |
| 1,968 | 75.89 | 109.87 | 149.74 | 51.62 | 18.34 | 2.09 | 5.34 | 8.62 | 57.04 | 125.25 | 82.06 | 145.49 |
| 1,969 | 57.07 | 118.40 | 166.97 | 111.32 | 12.28 | 27.82 | 2.28 | 5.57 | 22.18 | 106.63 | 147.62 | 181.16 |
| 1,970 | 89.41 | 73.89 | 150.75 | 81.25 | 49.64 | 17.17 | 7.42 | 3.24 | 27.29 | 174.80 | 108.24 | 90.37 |
| 1,971 | 96.84 | 123.74 | 431.26 | 91.31 | 43.53 | 23.39 | 24.15 | 8.63 | 31.62 | 162.07 | 87.37 | 137.48 |
| 1,972 | 79.48 | 104.86 | 224.53 | 99.51 | 28.43 | 6.46 | 1.93 | 9.83 | 43.31 | 48.57 | 120.64 | 87.88 |
| 1,973 | 130.24 | 93.42 | 199.48 | 140.88 | 36.28 | 29.43 | 10.85 | 16.03 | 78.87 | 67.70 | 122.52 | 119.60 |
| 1,974 | 85.29 | 135.18 | 165.89 | 109.66 | 19.79 | 21.74 | 8.05 | 12.51 | 29.83 | 102.26 | 71.40 | 114.38 |
| 1,975 | 94.65 | 126.86 | 225.70 | 122.20 | 57.41 | 11.13 | 4.31 | 10.31 | 23.86 | 108.48 | 90.78 | 25.41 |
| 1,976 | 148.69 | 93.06 | 163.66 | 65.52 | 49.69 | 17.47 | 1.55 | 2.89 | 12.27 | 58.65 | 65.47 | 72.94 |
| 1,977 | 150.03 | 159.67 | 195.37 | 65.50 | 27.94 | 7.55 | 6.39 | 0.87 | 28.05 | 96.98 | 115.52 | 104.59 |
| 1,978 | 32.58 | 62.53 | 77.52 | 60.09 | 64.11 | 3.60 | 9.19 | 1.54 | 30.24 | 54.07 | 118.85 | 106.62 |
| 1,979 | 94.85 | 110.92 | 303.52 | 63.80 | 31.08 | 4.40 | 12.41 | 8.36 | 50.89 | 40.29 | 45.64 | 94.96 |
| 1,980 | 52.65 | 48.48 | 152.76 | 45.98 | 32.97 | 8.70 | 2.18 | 3.05 | 5.97 | 246.08 | 171.80 | 130.33 |
| 1,981 | 85.10 | 200.86 | 181.64 | 81.05 | 30.35 | 3.19 | 3.66 | 4.51 | 13.26 | 180.36 | 55.90 | 122.47 |
| 1,982 | 85.40 | 149.46 | 153.38 | 115.81 | 39.56 | 9.17 | 5.73 | 3.81 | 62.08 | 175.53 | 152.90 | 148.85 |
| 1,983 | 150.26 | 92.94 | 256.86 | 132.85 | 39.02 | 10.89 | 9.11 | 2.35 | 39.34 | 135.51 | 96.89 | 126.76 |
| 1,984 | 48.43 | 248.92 | 208.56 | 101.81 | 66.30 | 20.97 | 12.43 | 7.63 | 36.46 | 164.43 | 170.82 | 140.57 |
| 1,985 | 38.45 | 58.13 | 78.38 | 57.22 | 63.90 | 9.68 | 12.60 | 7.42 | 41.38 | 84.85 | 95.45 | 95.13 |
| 1,986 | 100.33 | 58.07 | 109.36 | 118.02 | 46.97 | 5.27 | 3.57 | 9.07 | 5.38 | 65.18 | 86.62 | 103.59 |
| 1,987 | 168.92 | 106.45 | 115.78 | 67.16 | 29.48 | 3.69 | 10.11 | 4.45 | 36.17 | 81.33 | 122.20 | 88.17 |
| 1,988 | 161.94 | 129.29 | 97.67 | 119.62 | 14.33 | 6.16 | 2.30 | 7.59 | 37.82 | 108.48 | 101.90 | 121.74 |
| 1,989 | 115.94 | 169.71 | 103.13 | 102.09 | 18.33 | 8.53 | 2.37 | 3.04 | 38.70 | 133.92 | 64.03 | 14.86 |
| 1,990 | 73.04 | 79.61 | 111.86 | 61.61 | 33.14 | 20.17 | 2.62 | 2.67 | 50.96 | 200.51 | 166.78 | 103.89 |
| 1,991 | 60.21 | 155.35 | 339.12 | 110.83 | 84.98 | 3.68 | 0.65 | 1.14 | 31.10 | 91.55 | 122.58 | 159.04 |
| 1,992 | 99.39 | 55.51 | 139.68 | 74.93 | 38.15 | 27.99 | 3.04 | 5.79 | 58.21 | 134.93 | 63.10 | 114.90 |
| 1,993 | 92.55 | 136.00 | 346.66 | 181.09 | 42.83 | 6.99 | 3.69 | 2.62 | 47.96 | 141.85 | 122.69 | 227.15 |
| 1,994 | 206.69 | 189.26 | 331.36 | 178.40 | 106.66 | 11.31 | 3.96 | 4.37 | 45.88 | 151.14 | 123.29 | 117.02 |
| 1,995 | 57.36 | 138.14 | 171.72 | 79.04 | 48.52 | 5.14 | 13.83 | 6.41 | 17.73 | 83.61 | 102.51 | 149.72 |
| 1,996 | 97.51 | 187.49 | 239.58 | 74.50 | 28.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 24.40 | 176.30 | 62.60 | 17.20 |
| 1,997 | 51.90 | 109.20 | 74.20 | 168.10 | 15.90 | 11.20 | 0.00 | 0.00 | 33.50 | 89.20 | 119.40 | 154.10 |
| 1,998 | 74.40 | 156.10 | 242.40 | 169.50 | 49.30 | 0.00 | 0.70 | 0.00 | 18.30 | 174.30 | 91.80 | 44.80 |
| 1,999 | 177.50 | 319.10 | 100.40 | 13.00 | 54.10 | 49.20 | 5.80 | 6.60 | 107.80 | 53.60 | 130.20 | 241.90 |
| 2,000 | 107.70 | 224.00 | 220.60 | 112.40 | 45.00 | 54.80 | 1.90 | 9.80 | 60.70 | 5.70 | 53.40 | 160.40 |
| 2,001 | 249.50 | 134.90 | 445.00 | 50.60 | 39.60 | 1.30 | 5.40 | 0.00 | 32.20 | 104.30 | 162.20 | 97.00 |
| 2,002 | 57.90 | 90.50 | 289.10 | 172.60 | 27.90 | 1.90 | 29.30 | 0.00 | 2.00 | 208.60 | 122.00 | 151.80 |
| 2,003 | 48.70 | 71.10 | 158.60 | 92.70 | 27.30 | 21.20 | 1.70 | 0.90 | 39.50 | 80.90 | 95.80 | 116.40 |
| 2,004 | 51.30 | 63.50 | 101.70 | 106.60 | 32.90 | 0.00 | 20.50 | 2.50 | 50.30 | 94.40 | 225.40 | 143.20 |
| 2,005 | 79.30 | 103.40 | 236.50 | 69.30 | 16.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 39.00 | 250.30 | 26.60 | 166.70 |
| 2,006 | 98.50 | 136.10 | 349.80 | 62.40 | 3.40 | 11.80 | 9.10 | 3.90 | 66.30 | 118.30 | 123.10 | 144.60 |
| 2,007 | 91.60 | 17.60 | 275.80 | 122.20 | 27.60 | 3.00 | 6.00 | 9.90 | 20.00 | 215.30 | 152.90 | 123.20 |
| 2,008 | 98.50 | 180.20 | 98.80 | 98.70 | 48.50 | 28.00 | 11.00 | 21.00 | 21.00 | 132.00 | 142.50 | 38.80 |
| 2,009 | 212.10 | 75.90 | 223.50 | 150.90 | 71.40 | 5.80 | 6.10 | 0.00 | 38.20 | 98.70 | 139.50 | 116.00 |
| 2,010 | 84.70 | 200.40 | 176.30 | 61.80 | 69.90 | 2.80 | 18.70 | 3.90 | 39.00 | 60.40 | 123.00 | 135.10 |
| 2,011 | 71.11 | 84.43 | 176.94 | 137.55 | 24.22 | 8.59 | 11.14 | 2.88 | 30.42 | 69.08 | 81.39 | 170.22 |
| 2,012 | 229.63 | 198.61 | 170.52 | 97.98 | 42.38 | 4.31 | 0.12 | 4.90 | 13.45 | 141.45 | 208.10 | 79.70 |
| 2,013 | 76.60 | 58.90 | 167.10 | 66.70 | 63.00 | 21.10 | 16.50 | 33.20 | 4.70 | 166.50 | 35.30 | 116.80 |
| 2,014 | 78.10 | 136.70 | 166.60 | 84.00 | 126.80 | 1.30 | 0.30 | 4.40 | 33.20 | 70.00 | 62.20 | 79.20 |
| 2,015 | 179.20 | 25.20 | 235.60 | 114.80 | 77.30 | 5.50 | 3.10 | 0.00 | 0.60 | 35.70 | 96.90 | 44.30 |
| 2,016 | 100.30 | 178.30 | 131.50 | 42.90 | 6.70 | 2.10 | 1.80 | 2.00 | 30.60 | 140.50 | 19.40 | 213.60 |
| PROM | 102.95 | 123.48 | 193.31 | 96.00 | 42.07 | 11.13 | 7.00 | 5.43 | 35.15 | 120.31 | 108.26 | 116.58 |
| D. EST. | 49.82 | 58.47 | 86.55 | 37.81 | 23.53 | 11.65 | 6.51 | 5.79 | 20.06 | 54.30 | 43.57 | 47.59 |
| MÍN | 32.58 | 17.60 | 74.20 | 13.00 | 3.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.60 | 5.70 | 19.40 | 14.86 |
| MÁX | 249.50 | 319.10 | 445.00 | 181.09 | 126.80 | 54.80 | 29.30 | 33.20 | 107.80 | 250.30 | 225.40 | 241.90 |

Para la completación de datos faltantes se tomó como estaciones base a las estaciones:

A. Weberbawer, Granja Porcón y Maqui Maqui.

El método que se utilizó para la completación de datos faltantes es el método de regresión normalizada.

A.2. Análisis de consistencia

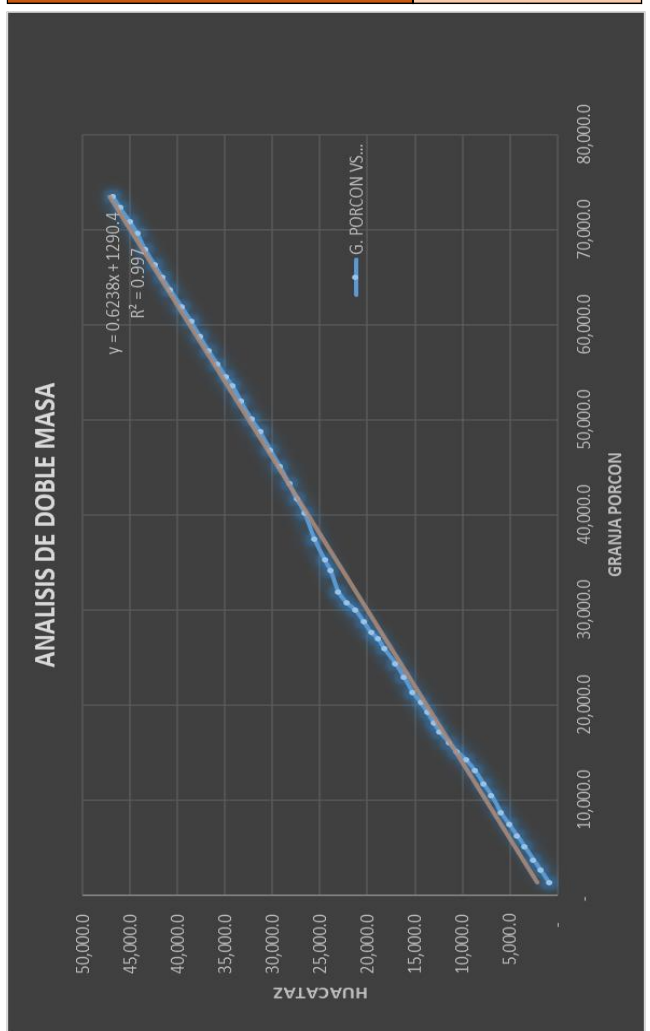
Análisis de consistencia- estación en estudio Huacatáz

| AÑO | ESTACION WEBERBAUER | | ESTACION HUACATAZ | |
|-------|---------------------|-------------|-------------------|------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULA |
| 1,964 | 666.9 | 666.9 | 916.8 | 916.8 |
| 1,965 | 608.0 | 1,274.9 | 885.3 | 1,802.1 |
| 1,966 | 423.0 | 1,697.9 | 746.5 | 2,548.6 |
| 1,967 | 670.8 | 2,368.7 | 900.0 | 3,448.6 |
| 1,968 | 509.4 | 2,878.1 | 792.2 | 4,240.8 |
| 1,969 | 661.7 | 3,539.8 | 880.4 | 5,121.2 |
| 1,970 | 533.3 | 4,073.1 | 831.9 | 5,953.1 |
| 1,971 | 771.8 | 4,844.9 | 999.4 | 6,952.5 |
| 1,972 | 536.7 | 5,381.6 | 824.9 | 7,777.4 |
| 1,973 | 732.6 | 6,114.2 | 935.6 | 8,713.0 |
| 1,974 | 637.5 | 6,751.7 | 927.2 | 9,640.2 |
| 1,975 | 814.4 | 7,566.1 | 984.9 | 10,625.1 |
| 1,976 | 560.8 | 8,126.9 | 763.5 | 11,388.6 |
| 1,977 | 694.4 | 8,821.3 | 1,010.7 | 12,399.3 |
| 1,978 | 357.3 | 9,178.6 | 612.7 | 13,012.0 |
| 1,979 | 534.7 | 9,713.3 | 686.4 | 13,698.4 |
| 1,980 | 552.8 | 10,266.1 | 721.9 | 14,420.3 |
| 1,981 | 736.1 | 11,002.2 | 826.3 | 15,246.6 |
| 1,982 | 717.1 | 11,719.3 | 905.2 | 16,151.8 |
| 1,983 | 755.4 | 12,474.7 | 922.1 | 17,073.9 |
| 1,984 | 905.8 | 13,380.5 | 1,189.0 | 18,262.9 |
| 1,985 | 374.1 | 13,754.6 | 629.0 | 18,891.9 |
| 1,986 | 544.5 | 14,299.1 | 757.0 | 19,648.9 |
| 1,987 | 534.5 | 14,833.6 | 787.7 | 20,436.6 |
| 1,988 | 676.1 | 15,509.7 | 840.5 | 21,277.1 |
| 1,989 | 629.2 | 16,138.9 | 886.8 | 22,163.9 |
| 1,990 | 607.4 | 16,746.3 | 900.9 | 23,064.8 |
| 1,991 | 507.4 | 17,253.7 | 816.2 | 23,881.0 |
| 1,992 | 423.1 | 17,676.8 | 647.6 | 24,528.6 |
| 1,993 | 872.0 | 18,548.8 | 1,058.7 | 25,587.3 |
| 1,994 | 819.5 | 19,368.3 | 1,028.8 | 26,616.1 |
| 1,995 | 514.9 | 19,883.2 | 840.5 | 27,456.6 |
| 1,996 | 584.4 | 20,467.6 | 796.3 | 28,252.9 |
| 1,997 | 635.7 | 21,103.3 | 936.1 | 29,189.0 |
| 1,998 | 767.2 | 21,870.5 | 1,024.5 | 30,213.5 |
| 1,999 | 819.8 | 22,690.3 | 1,087.4 | 31,300.9 |
| 2,000 | 715.6 | 23,405.9 | 938.1 | 32,239.0 |
| 2,001 | 908.6 | 24,314.5 | 1,064.5 | 33,303.5 |
| 2,002 | 634.9 | 24,949.4 | 884.1 | 34,187.6 |
| 2,003 | 528.9 | 25,478.3 | 734.2 | 34,921.8 |
| 2,004 | 630.9 | 26,109.2 | 868.7 | 35,790.5 |
| 2,005 | 651.3 | 26,760.5 | 921.6 | 36,712.1 |
| 2,006 | 689.6 | 27,450.1 | 915.4 | 37,627.5 |
| 2,007 | 746.2 | 28,196.3 | 918.3 | 38,545.8 |
| 2,008 | 720.9 | 28,917.2 | 995.4 | 39,541.2 |
| 2,009 | 794.3 | 29,711.5 | 1,213.8 | 40,755.0 |
| 2,010 | 544.0 | 30,255.5 | 868.1 | 41,623.1 |
| 2,011 | 325.9 | 30,581.4 | 771.6 | 42,394.7 |
| 2,012 | 523.7 | 31,105.1 | 994.3 | 43,389.0 |
| 2,013 | 402.7 | 31,507.8 | 832.1 | 44,221.1 |
| 2,014 | 483.0 | 31,990.8 | 775.2 | 44,996.3 |
| 2,015 | 806.0 | 32,796.8 | 1,029.0 | 46,025.3 |
| 2,016 | 536.3 | 33,333.1 | 750.7 | 46,776.0 |

| Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Huacataz tomando como estación Base La Estación Augusto Weberbauer | | | |
|--|------------------------|-------------|-----------------|
| Parametro Estadísticos | Periodo 1 | (1964-2008) | |
| | Periodo 2 | (2009-2016) | |
| Tamaño | n1 | 45 | |
| | n2 | 8 | |
| | n | 53 | |
| Media | X1 | 878.7 | |
| | X2 | 904.3 | |
| Desv. Estan. | S1 | 124.46 | |
| | S2 | 162.05 | |
| Varianza | S1^2 | 15490.1 | |
| | S2^2 | 26259.53 | |
| Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| | Desv. Estan. Pond. | Sp | 130.26 |
| | Desv. Estan. Promedios | Sd | 49.98 |
| | "T" Calculado | Tc | 0.51 |
| | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| Criterio de Desición | | | NO SALTO |
| Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | NO | |
| | G.L. Numerador | G.L.N. | 7 |
| | G.L. Denominador | G.L.D. | 44 |
| | "F" Tabulado | Fc | 1.70 |
| | "F" Calculado | Ft | 2.234 |
| Criterio de Desición | | | NO SALTO |
| Ecuación de Corrección | | | |

| AÑO | ESTACION GRANJA PORCON | | ESTACION HUACATAZ | |
|-------|------------------------|----------------|-------------------|---------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULA |
| 1,964 | 1,274.3 | 1,274.3 | 916.8 | 916.8 |
| 1,965 | 1,320.0 | 2,594.3 | 885.3 | 1,802.1 |
| 1,966 | 1,091.7 | 3,686.0 | 746.5 | 2,548.6 |
| 1,967 | 1,337.5 | 5,023.5 | 900.0 | 3,448.6 |
| 1,968 | 1,154.0 | 6,177.5 | 792.2 | 4,240.8 |
| 1,969 | 1,247.0 | 7,424.5 | 880.4 | 5,121.2 |
| 1,970 | 1,191.0 | 8,615.5 | 831.9 | 5,953.1 |
| 1,971 | 1,818.0 | 10,433.5 | 999.4 | 6,952.5 |
| 1,972 | 1,207.8 | 11,641.3 | 824.9 | 7,777.4 |
| 1,973 | 1,438.1 | 13,079.4 | 935.6 | 8,713.0 |
| 1,974 | 1,104.7 | 14,184.1 | 927.2 | 9,640.2 |
| 1,975 | 926.2 | 15,110.3 | 984.9 | 10,625.1 |
| 1,976 | 864.0 | 15,974.3 | 763.5 | 11,388.6 |
| 1,977 | 1,153.5 | 17,127.8 | 1,010.7 | 12,399.3 |
| 1,978 | 917.3 | 18,045.1 | 612.7 | 13,012.0 |
| 1,979 | 1,125.5 | 19,170.6 | 686.4 | 13,698.4 |
| 1,980 | 1,066.4 | 20,237.0 | 721.9 | 14,420.3 |
| 1,981 | 1,078.3 | 21,315.3 | 826.3 | 15,246.6 |
| 1,982 | 1,581.8 | 22,897.1 | 905.2 | 16,151.8 |
| 1,983 | 1,457.7 | 24,354.8 | 922.1 | 17,073.9 |
| 1,984 | 1,575.1 | 25,929.9 | 1,189.0 | 18,262.9 |
| 1,985 | 1,016.7 | 26,946.6 | 629.0 | 18,891.9 |
| 1,986 | 683.1 | 27,629.7 | 757.0 | 19,648.9 |
| 1,987 | 1,160.9 | 28,790.6 | 787.7 | 20,436.6 |
| 1,988 | 1,165.7 | 29,956.3 | 840.5 | 21,277.1 |
| 1,989 | 773.9 | 30,730.2 | 886.8 | 22,163.9 |
| 1,990 | 1,156.6 | 31,886.8 | 900.9 | 23,064.8 |
| 1,991 | 2,209.6 | 34,096.4 | 816.2 | 23,881.0 |
| 1,992 | 1,199.0 | 35,295.4 | 647.6 | 24,528.6 |
| 1,993 | 2,170.1 | 37,465.5 | 1,058.7 | 25,587.3 |
| 1,994 | 2,730.0 | 40,195.5 | 1,028.8 | 26,616.1 |
| 1,995 | 1,461.2 | 41,656.7 | 840.5 | 27,456.6 |
| 1,996 | 1,610.6 | 43,267.3 | 796.3 | 28,252.9 |
| 1,997 | 1,765.2 | 45,032.5 | 936.1 | 29,189.0 |
| 1,998 | 1,751.2 | 46,783.7 | 1,024.5 | 30,213.5 |
| 1,999 | 1,930.1 | 48,713.8 | 1,087.4 | 31,300.9 |
| 2,000 | 1,362.6 | 50,076.4 | 938.1 | 32,239.0 |
| 2,001 | 1,845.1 | 51,921.5 | 1,064.5 | 33,303.5 |
| 2,002 | 1,622.6 | 53,544.1 | 884.1 | 34,187.6 |
| 2,003 | 980.7 | 54,524.8 | 734.2 | 34,921.8 |
| 2,004 | 1,339.2 | 55,864.0 | 868.7 | 35,790.5 |
| 2,005 | 1,378.4 | 57,242.4 | 921.6 | 36,712.1 |
| 2,006 | 1,507.7 | 58,750.1 | 915.4 | 37,627.5 |
| 2,007 | 1,572.1 | 60,322.2 | 918.3 | 38,545.8 |
| 2,008 | 1,548.0 | 61,870.2 | 995.4 | 39,541.2 |
| 2,009 | 1,817.7 | 63,687.9 | 1,213.8 | 40,755.0 |
| 2,010 | 1,310.3 | 64,998.2 | 868.1 | 41,623.1 |
| 2,011 | 1,318.9 | 66,317.1 | 771.6 | 42,394.7 |
| 2,012 | 1,582.9 | 67,899.9 | 994.3 | 43,389.0 |
| 2,013 | 1,723.8 | 69,623.7 | 832.1 | 44,221.1 |
| 2,014 | 1,225.3 | 70,849.0 | 775.2 | 44,996.3 |
| 2,015 | 1,441.2 | 72,290.2 | 1,029.0 | 46,025.3 |
| 2,016 | 1,202.0 | 73,492.2 | 750.7 | 46,776.0 |

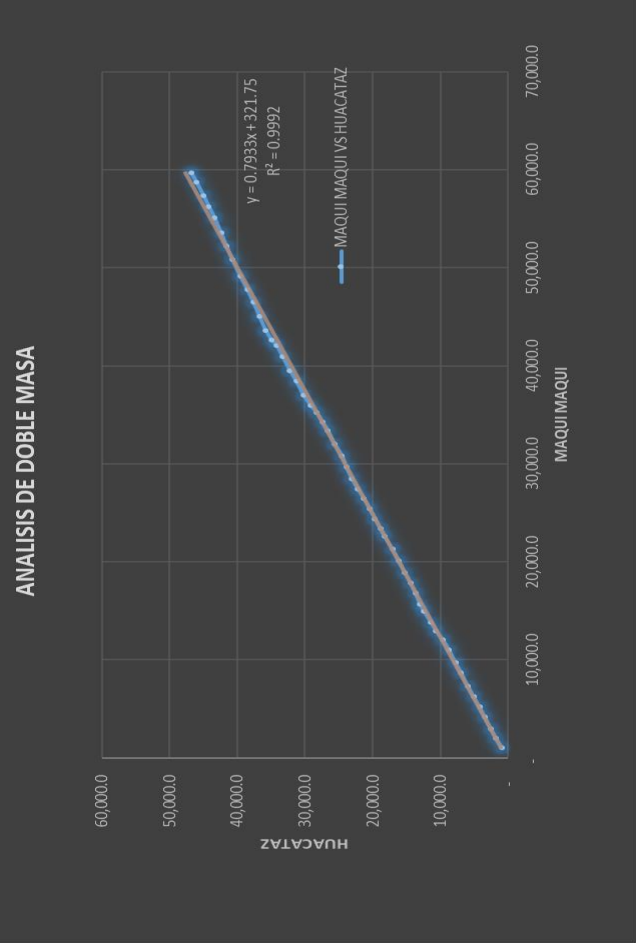
| Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Huacataz tomando como estación Base La Estación Granja Porcon. | | | |
|--|------------------------|------------------------|-----------------|
| Parametro Estadísticos | Periodo 1 | (1964-1970; 1996-2016) | |
| | Periodo 2 | (1971-1995) | |
| | Tamaño | n1 | 28 |
| | | n2 | 25 |
| | | n | 53 |
| | Media | X1 | 902.6 |
| | | X2 | 854.9 |
| | Desv. Estan. | S1 | 114.59 |
| | | S2 | 143.11 |
| | Varianza | S1^2 | 13131.0 |
| S2^2 | | 20479.83 | |
| Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| | Desv. Estan. Pond. | Sp | 128.80 |
| | Desv. Estan. Promedios | Sd | 35.44 |
| | "T" Calculado | Tc | 1.34 |
| | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| | Criterio de Desición | | NO SALTO |
| Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | NO | |
| | G.L. Numerador | G.L.N. | 24 |
| | G.L. Denominador | G.L.D. | 27 |
| | "F" Tabulado | Fc | 1.56 |
| | "F" Calculado | Ft | 1.932 |
| | Criterio de Desición | | NO SALTO |
| Ecuación de Corrección | | | |



| AÑO | ESTACION MAQUI MAQU | | ESTACION HUACATAZ | |
|-------|---------------------|-------------|-------------------|------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULA |
| 1,964 | 1,035.8 | 1,035.8 | 916.8 | 916.8 |
| 1,965 | 962.2 | 1,998.0 | 885.3 | 1,802.1 |
| 1,966 | 941.7 | 2,939.7 | 746.5 | 2,548.6 |
| 1,967 | 1,203.1 | 4,142.8 | 900.0 | 3,448.6 |
| 1,968 | 1,034.0 | 5,176.8 | 792.2 | 4,240.8 |
| 1,969 | 1,069.8 | 6,246.6 | 880.4 | 5,121.2 |
| 1,970 | 1,051.4 | 7,298.0 | 831.9 | 5,953.1 |
| 1,971 | 1,372.0 | 8,670.0 | 999.4 | 6,952.5 |
| 1,972 | 1,015.0 | 9,685.0 | 824.9 | 7,777.4 |
| 1,973 | 1,289.8 | 10,974.8 | 935.6 | 8,713.0 |
| 1,974 | 1,060.4 | 12,035.2 | 927.2 | 9,640.2 |
| 1,975 | 907.5 | 12,942.7 | 984.9 | 10,625.1 |
| 1,976 | 869.4 | 13,812.1 | 763.5 | 11,388.6 |
| 1,977 | 1,108.3 | 14,920.4 | 1,010.7 | 12,399.3 |
| 1,978 | 775.2 | 15,695.6 | 612.7 | 13,012.0 |
| 1,979 | 1,083.6 | 16,779.2 | 686.4 | 13,698.4 |
| 1,980 | 1,063.4 | 17,842.6 | 721.9 | 14,420.3 |
| 1,981 | 1,049.3 | 18,891.9 | 826.3 | 15,246.6 |
| 1,982 | 1,221.4 | 20,113.3 | 905.2 | 16,151.8 |
| 1,983 | 1,147.5 | 21,260.8 | 922.1 | 17,073.9 |
| 1,984 | 1,344.7 | 22,605.5 | 1,189.0 | 18,262.9 |
| 1,985 | 806.9 | 23,412.4 | 629.0 | 18,891.9 |
| 1,986 | 969.9 | 24,382.3 | 757.0 | 19,648.9 |
| 1,987 | 1,013.8 | 25,396.1 | 787.7 | 20,436.6 |
| 1,988 | 1,033.4 | 26,429.5 | 840.5 | 21,277.1 |
| 1,989 | 947.0 | 27,376.5 | 886.8 | 22,163.9 |
| 1,990 | 1,073.4 | 28,449.9 | 900.9 | 23,064.8 |
| 1,991 | 1,188.3 | 29,638.2 | 816.2 | 23,881.0 |
| 1,992 | 1,148.8 | 30,787.0 | 647.6 | 24,528.6 |
| 1,993 | 1,211.4 | 31,998.4 | 1,058.7 | 25,587.3 |
| 1,994 | 1,369.1 | 33,367.5 | 1,028.8 | 26,616.1 |
| 1,995 | 916.6 | 34,284.1 | 840.5 | 27,456.6 |
| 1,996 | 922.2 | 35,206.3 | 796.3 | 28,252.9 |
| 1,997 | 771.3 | 35,977.6 | 936.1 | 29,189.0 |
| 1,998 | 1,013.1 | 36,990.7 | 1,024.5 | 30,213.5 |
| 1,999 | 1,433.2 | 38,423.9 | 1,087.4 | 31,300.9 |
| 2,000 | 1,091.0 | 39,514.9 | 938.1 | 32,239.0 |
| 2,001 | 1,398.0 | 40,912.9 | 1,064.5 | 33,303.5 |
| 2,002 | 1,171.5 | 42,084.4 | 884.1 | 34,187.6 |
| 2,003 | 537.3 | 42,621.7 | 734.2 | 34,921.8 |
| 2,004 | 965.3 | 43,587.0 | 868.7 | 35,790.5 |
| 2,005 | 1,414.8 | 45,001.8 | 921.6 | 36,712.1 |
| 2,006 | 1,473.0 | 46,474.8 | 915.4 | 37,627.5 |
| 2,007 | 1,298.0 | 47,772.8 | 918.3 | 38,545.8 |
| 2,008 | 1,321.0 | 49,093.8 | 995.4 | 39,541.2 |
| 2,009 | 1,761.3 | 50,855.1 | 1,213.8 | 40,755.0 |
| 2,010 | 1,367.0 | 52,222.1 | 868.1 | 41,623.1 |
| 2,011 | 1,295.9 | 53,518.0 | 771.6 | 42,394.7 |
| 2,012 | 1,588.7 | 55,106.7 | 994.3 | 43,389.0 |
| 2,013 | 1,135.4 | 56,242.1 | 832.1 | 44,221.1 |
| 2,014 | 1,113.5 | 57,355.6 | 775.2 | 44,996.3 |
| 2,015 | 1,344.4 | 58,700.0 | 1,029.0 | 46,025.3 |
| 2,016 | 950.5 | 59,650.5 | 750.7 | 46,776.0 |

Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Huacataz tomando como estación Base La Estación Maqui Mqui.

| Parametro Estadísticos | Periodo 1 | (1964-1972; 1982-2016) | |
|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | Periodo 2 | (1973-1981) | |
| | Tamaño | n1 | 44 |
| | | n2 | 9 |
| | | n | 53 |
| | Media | X1 | 893.3 |
| | | X2 | 829.9 |
| | Desv. Estan. | S1 | 125.62 |
| | | S2 | 141.95 |
| | Varianza | S1^2 | 15781.1 |
| S2^2 | | 20150.93 | |
| Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| | Desv. Estan. Pond. | Sp | 128.32 |
| | Desv. Estan. Promedios | Sd | 46.95 |
| | "T" Calculado | Tc | 1.35 |
| | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| Criterio de Decisión | | | NO SALTO |
| Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | NO | |
| | G.L. Numerador | G.L.N. | 8 |
| | G.L. Denominador | G.L.D. | 43 |
| | "F" Tabulado | Fc | 1.28 |
| | "F" Calculado | Ft | 3.0355 |
| Criterio de Decisión | | | NO SALTO |
| Ecuación de Corrección | | | |



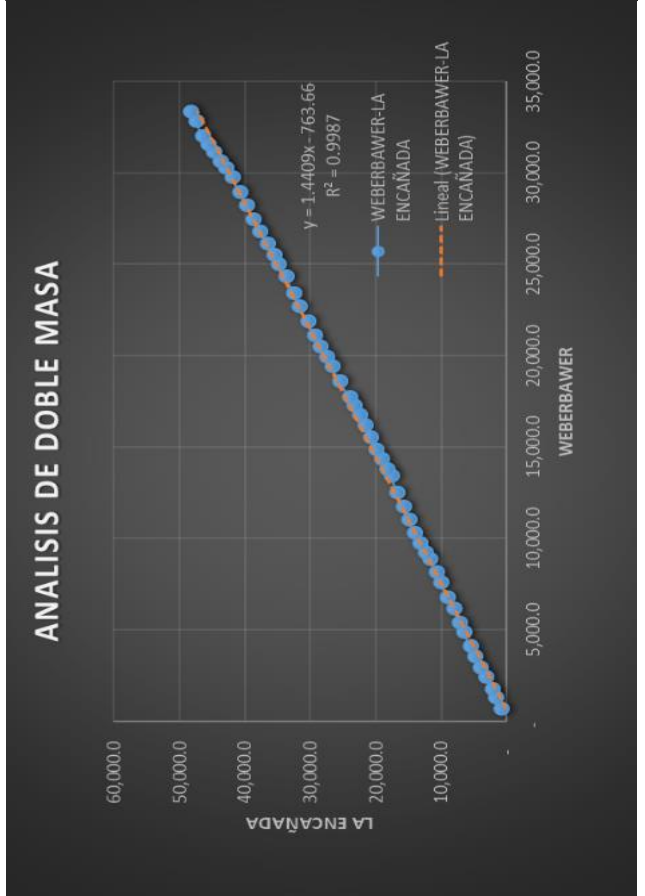
Análisis de consistencia- estación en estudio la Encañada.

| AÑO | ESTACION WEBERBAWER | | ESTACION LA ENCAÑADA | |
|-------|---------------------|-------------|----------------------|--------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA |
| 1,964 | 666.9 | 666.9 | 872.3 | 872.3 |
| 1,965 | 608.0 | 1,274.9 | 827.5 | 1,699.8 |
| 1,966 | 423.0 | 1,697.9 | 598.2 | 2,298.0 |
| 1,967 | 670.8 | 2,368.7 | 993.7 | 3,291.7 |
| 1,968 | 509.4 | 2,878.1 | 740.6 | 4,032.3 |
| 1,969 | 661.7 | 3,539.8 | 830.7 | 4,863.0 |
| 1,970 | 533.3 | 4,073.1 | 791.2 | 5,654.2 |
| 1,971 | 771.8 | 4,844.9 | 976.2 | 6,630.4 |
| 1,972 | 536.7 | 5,381.6 | 649.0 | 7,279.4 |
| 1,973 | 732.6 | 6,114.2 | 898.8 | 8,178.2 |
| 1,974 | 637.5 | 6,751.7 | 890.0 | 9,068.2 |
| 1,975 | 814.4 | 7,566.1 | 1,110.2 | 10,178.4 |
| 1,976 | 560.8 | 8,126.9 | 704.1 | 10,882.5 |
| 1,977 | 694.4 | 8,821.3 | 935.6 | 11,818.1 |
| 1,978 | 357.3 | 9,178.6 | 676.9 | 12,495.0 |
| 1,979 | 534.7 | 9,713.3 | 824.4 | 13,319.4 |
| 1,980 | 552.8 | 10,266.1 | 826.9 | 14,146.3 |
| 1,981 | 736.1 | 11,002.2 | 842.0 | 14,988.3 |
| 1,982 | 717.1 | 11,719.3 | 854.6 | 15,842.9 |
| 1,983 | 755.4 | 12,474.7 | 962.5 | 16,805.4 |
| 1,984 | 905.8 | 13,380.5 | 923.8 | 17,729.2 |
| 1,985 | 374.1 | 13,754.6 | 593.6 | 18,322.8 |
| 1,986 | 544.5 | 14,299.1 | 805.8 | 19,128.6 |
| 1,987 | 534.5 | 14,833.6 | 961.3 | 20,089.9 |
| 1,988 | 676.1 | 15,509.7 | 790.9 | 20,880.8 |
| 1,989 | 629.2 | 16,138.9 | 866.4 | 21,747.2 |
| 1,990 | 607.4 | 16,746.3 | 852.3 | 22,599.5 |
| 1,991 | 507.4 | 17,253.7 | 833.5 | 23,433.0 |
| 1,992 | 423.1 | 17,676.8 | 672.9 | 24,105.9 |
| 1,993 | 872.0 | 18,548.8 | 1,385.5 | 25,491.4 |
| 1,994 | 819.5 | 19,368.3 | 1,285.6 | 26,777.0 |
| 1,995 | 514.9 | 19,883.2 | 806.3 | 27,583.3 |
| 1,996 | 584.4 | 20,467.6 | 1,066.0 | 28,649.3 |
| 1,997 | 635.7 | 21,103.3 | 775.4 | 29,424.7 |
| 1,998 | 767.2 | 21,870.5 | 1,069.2 | 30,493.9 |
| 1,999 | 819.8 | 22,690.3 | 1,230.3 | 31,724.2 |
| 2,000 | 715.6 | 23,405.9 | 914.8 | 32,639.0 |
| 2,001 | 908.6 | 24,314.5 | 1,165.0 | 33,804.0 |
| 2,002 | 634.9 | 24,949.4 | 1,089.2 | 34,893.2 |
| 2,003 | 528.9 | 25,478.3 | 792.1 | 35,685.3 |
| 2,004 | 630.9 | 26,109.2 | 924.6 | 36,609.9 |
| 2,005 | 651.3 | 26,760.5 | 1,098.9 | 37,708.8 |
| 2,006 | 689.6 | 27,450.1 | 1,066.9 | 38,775.7 |
| 2,007 | 746.2 | 28,196.3 | 1,006.0 | 39,781.7 |
| 2,008 | 720.9 | 28,917.2 | 1,026.4 | 40,808.1 |
| 2,009 | 794.3 | 29,711.5 | 1,241.8 | 42,049.9 |
| 2,010 | 544.0 | 30,255.5 | 905.7 | 42,955.6 |
| 2,011 | 325.9 | 30,581.4 | 813.4 | 43,768.9 |
| 2,012 | 523.7 | 31,105.1 | 1,015.3 | 44,784.2 |
| 2,013 | 402.7 | 31,507.8 | 802.2 | 45,586.4 |
| 2,014 | 483.0 | 31,990.8 | 950.6 | 46,537.0 |
| 2,015 | 806.0 | 32,796.8 | 929.5 | 47,466.5 |
| 2,016 | 536.3 | 33,333.1 | 817.8 | 48,284.3 |

Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación la Encañada tomando como estación Base La Estación Augusto Weberbauer

| Parametro Estadísticos | Periodo 1 | (1964-2010) | |
|--------------------------|------------------------|-------------|-----------------|
| | Periodo 2 | (2011-2016) | |
| Tamaño | n1 | 47 | |
| | n2 | 6 | |
| | n | 53 | |
| Media | X1 | 913.9 | |
| | X2 | 888.1 | |
| Desv. Estan. | S1 | 177.18 | |
| | S2 | 89.11 | |
| Varianza | S1^2 | 31392.1 | |
| | S2^2 | 7940.17 | |
| Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| | Desv. Estan. Pond. | Sp | 170.57 |
| | Desv. Estan. Promedios | Sd | 73.94 |
| | "T" Calculado | Tc | 0.35 |
| | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| Criterio de Decisión | | | NO SALTO |
| Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| | G.L. Numerador | G.L.N. | 46 |
| | G.L. Denominador | G.L.D. | 5 |
| | "F" Tabulado | Fc | 3.95 |
| | "F" Calculado | Ft | 4.451 |
| Criterio de Decisión | | | NO SALTO |

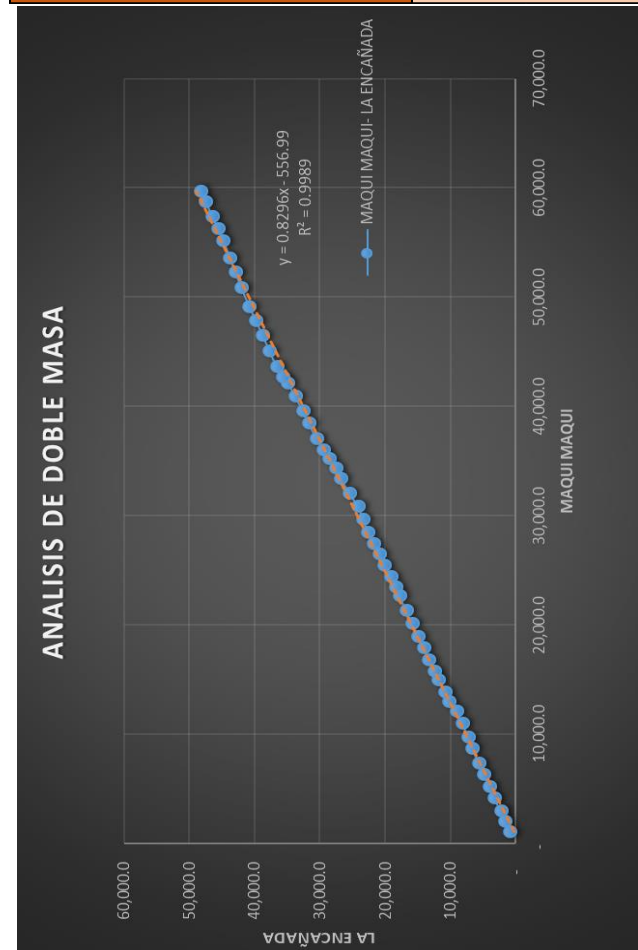
Ecuación de Corrección



| AÑO | STACION GRANJA PORCON | | ESTACION LA ENCAÑADA | | Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Encañada tomando como estación Base La Estación Granja Porcon | | | |
|-------|-----------------------|-------------|----------------------|--------------|---|--------------------------|-----------------|---------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA | Periodo 1 (1964-1976;1994-2016) | Periodo 2 (1973-1993) | | |
| 1,964 | 1,274.3 | 1,274.3 | 872.3 | 872.3 | Parametro Estadísticos | Tamaño | n1 | 32 |
| 1,965 | 1,320.0 | 2,594.3 | 827.5 | 1,699.8 | | n2 | 21 | |
| 1,966 | 1,091.7 | 3,686.0 | 598.2 | 2,298.0 | | n | 53 | |
| 1,967 | 1,337.5 | 5,023.5 | 993.7 | 3,291.7 | | Media | X1 | 939.8 |
| 1,968 | 1,154.0 | 6,177.5 | 740.6 | 4,032.3 | | X2 | 867.2 | |
| 1,969 | 1,247.0 | 7,424.5 | 830.7 | 4,863.0 | | Desv. Estan. | S1 | 168.00 |
| 1,970 | 1,191.0 | 8,615.5 | 791.2 | 5,654.2 | | S2 | 165.17 | |
| 1,971 | 1,818.0 | 10,433.5 | 976.2 | 6,630.4 | | Varianza | S1^2 | 28224.4 |
| 1,972 | 1,207.8 | 11,641.3 | 649.0 | 7,279.4 | | S2^2 | 27282.31 | |
| 1,973 | 1,438.1 | 13,079.4 | 898.8 | 8,178.2 | | Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. |
| 1,974 | 1,104.7 | 14,184.1 | 890.0 | 9,068.2 | Desv. Estan. Pond. | | Sp | 166.90 |
| 1,975 | 926.2 | 15,110.3 | 1,110.2 | 10,178.4 | Desv. Estan. Promedios | | Sd | 46.87 |
| 1,976 | 864.0 | 15,974.3 | 704.1 | 10,882.5 | "T" Calculado | | Tc | 1.55 |
| 1,977 | 1,153.5 | 17,127.8 | 935.6 | 11,818.1 | "T" Tabulado | | Tt | 1.645 |
| 1,978 | 917.3 | 18,045.1 | 676.9 | 12,495.0 | Criterio de Decisión | | NO SALTO | |
| 1,979 | 1,125.5 | 19,170.6 | 824.4 | 13,319.4 | Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| 1,980 | 1,066.4 | 20,237.0 | 826.9 | 14,146.3 | | G.L. Numerador | G.L.N. | 31 |
| 1,981 | 1,078.3 | 21,315.3 | 842.0 | 14,988.3 | | G.L. Denominador | G.L.D. | 20 |
| 1,982 | 1,581.8 | 22,897.1 | 854.6 | 15,842.9 | | "F" Tabulado | Fc | 1.03 |
| 1,983 | 1,457.7 | 24,354.8 | 962.5 | 16,805.4 | | "F" Calculado | Ft | 2.035 |
| 1,984 | 1,575.1 | 25,929.9 | 923.8 | 17,729.2 | Criterio de Decisión | | NO SALTO | |
| 1,985 | 1,016.7 | 26,946.6 | 593.6 | 18,322.8 | Ecuación de Corrección | | | |
| 1,986 | 683.1 | 27,629.7 | 805.8 | 19,128.6 | | | | |
| 1,987 | 1,160.9 | 28,790.6 | 961.3 | 20,089.9 | | | | |
| 1,988 | 1,165.7 | 29,956.3 | 790.9 | 20,880.8 | | | | |
| 1,989 | 773.9 | 30,730.2 | 866.4 | 21,747.2 | | | | |
| 1,990 | 1,156.6 | 31,886.8 | 852.3 | 22,599.5 | | | | |
| 1,991 | 2,209.6 | 34,096.4 | 833.5 | 23,433.0 | | | | |
| 1,992 | 1,199.0 | 35,295.4 | 672.9 | 24,105.9 | | | | |
| 1,993 | 2,170.1 | 37,465.5 | 1,385.5 | 25,491.4 | | | | |
| 1,994 | 2,730.0 | 40,195.5 | 1,285.6 | 26,777.0 | | | | |
| 1,995 | 1,461.2 | 41,656.7 | 806.3 | 27,583.3 | | | | |
| 1,996 | 1,610.6 | 43,267.3 | 1,066.0 | 28,649.3 | | | | |
| 1,997 | 1,765.2 | 45,032.5 | 775.4 | 29,424.7 | | | | |
| 1,998 | 1,751.2 | 46,783.7 | 1,069.2 | 30,493.9 | | | | |
| 1,999 | 1,930.1 | 48,713.8 | 1,230.3 | 31,724.2 | | | | |
| 2,000 | 1,362.6 | 50,076.4 | 914.8 | 32,639.0 | | | | |
| 2,001 | 1,845.1 | 51,921.5 | 1,165.0 | 33,804.0 | | | | |
| 2,002 | 1,622.6 | 53,544.1 | 1,089.2 | 34,893.2 | | | | |
| 2,003 | 980.7 | 54,524.8 | 792.1 | 35,685.3 | | | | |
| 2,004 | 1,339.2 | 55,864.0 | 924.6 | 36,609.9 | | | | |
| 2,005 | 1,378.4 | 57,242.4 | 1,098.9 | 37,708.8 | | | | |
| 2,006 | 1,507.7 | 58,750.1 | 1,066.9 | 38,775.7 | | | | |
| 2,007 | 1,572.1 | 60,322.2 | 1,006.0 | 39,781.7 | | | | |
| 2,008 | 1,548.0 | 61,870.2 | 1,026.4 | 40,808.1 | | | | |
| 2,009 | 1,817.7 | 63,687.9 | 1,241.8 | 42,049.9 | | | | |
| 2,010 | 1,310.3 | 64,998.2 | 905.7 | 42,955.6 | | | | |
| 2,011 | 1,318.9 | 66,317.1 | 813.4 | 43,768.9 | | | | |
| 2,012 | 1,582.9 | 67,899.9 | 1,015.3 | 44,784.2 | | | | |
| 2,013 | 1,723.8 | 69,623.7 | 802.2 | 45,586.4 | | | | |
| 2,014 | 1,225.3 | 70,849.0 | 950.6 | 46,537.0 | | | | |
| 2,015 | 1,441.2 | 72,290.2 | 929.5 | 47,466.5 | | | | |
| 2,016 | 1,202.0 | 73,492.2 | 817.8 | 48,284.3 | | | | |

| AÑO | ESTACION MAQUI MAQUI | | ESTACION LA ENCAÑADA | |
|-------|----------------------|-------------|----------------------|--------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA |
| 1,964 | 1,035.8 | 1,035.8 | 872.3 | 872.3 |
| 1,965 | 962.2 | 1,998.0 | 827.5 | 1,699.8 |
| 1,966 | 941.7 | 2,939.7 | 598.2 | 2,298.0 |
| 1,967 | 1,203.1 | 4,142.8 | 993.7 | 3,291.7 |
| 1,968 | 1,034.0 | 5,176.8 | 740.6 | 4,032.3 |
| 1,969 | 1,069.8 | 6,246.6 | 830.7 | 4,863.0 |
| 1,970 | 1,051.4 | 7,298.0 | 791.2 | 5,654.2 |
| 1,971 | 1,372.0 | 8,670.0 | 976.2 | 6,630.4 |
| 1,972 | 1,015.0 | 9,685.0 | 649.0 | 7,279.4 |
| 1,973 | 1,289.8 | 10,974.8 | 898.8 | 8,178.2 |
| 1,974 | 1,060.4 | 12,035.2 | 890.0 | 9,068.2 |
| 1,975 | 907.5 | 12,942.7 | 1,110.2 | 10,178.4 |
| 1,976 | 869.4 | 13,812.1 | 704.1 | 10,882.5 |
| 1,977 | 1,108.3 | 14,920.4 | 935.6 | 11,818.1 |
| 1,978 | 775.2 | 15,695.6 | 676.9 | 12,495.0 |
| 1,979 | 1,083.6 | 16,779.2 | 824.4 | 13,319.4 |
| 1,980 | 1,063.4 | 17,842.6 | 826.9 | 14,146.3 |
| 1,981 | 1,049.3 | 18,891.9 | 842.0 | 14,988.3 |
| 1,982 | 1,221.4 | 20,113.3 | 854.6 | 15,842.9 |
| 1,983 | 1,147.5 | 21,260.8 | 962.5 | 16,805.4 |
| 1,984 | 1,344.7 | 22,605.5 | 923.8 | 17,729.2 |
| 1,985 | 806.9 | 23,412.4 | 593.6 | 18,322.8 |
| 1,986 | 969.9 | 24,382.3 | 805.8 | 19,128.6 |
| 1,987 | 1,013.8 | 25,396.1 | 961.3 | 20,089.9 |
| 1,988 | 1,033.4 | 26,429.5 | 790.9 | 20,880.8 |
| 1,989 | 947.0 | 27,376.5 | 866.4 | 21,747.2 |
| 1,990 | 1,073.4 | 28,449.9 | 852.3 | 22,599.5 |
| 1,991 | 1,188.3 | 29,638.2 | 833.5 | 23,433.0 |
| 1,992 | 1,148.8 | 30,787.0 | 672.9 | 24,105.9 |
| 1,993 | 1,211.4 | 31,998.4 | 1,385.5 | 25,491.4 |
| 1,994 | 1,369.1 | 33,367.5 | 1,285.6 | 26,777.0 |
| 1,995 | 916.6 | 34,284.1 | 806.3 | 27,583.3 |
| 1,996 | 922.2 | 35,206.3 | 1,066.0 | 28,649.3 |
| 1,997 | 771.3 | 35,977.6 | 775.4 | 29,424.7 |
| 1,998 | 1,013.1 | 36,990.7 | 1,069.2 | 30,493.9 |
| 1,999 | 1,433.2 | 38,423.9 | 1,230.3 | 31,724.2 |
| 2,000 | 1,091.0 | 39,514.9 | 914.8 | 32,639.0 |
| 2,001 | 1,398.0 | 40,912.9 | 1,165.0 | 33,804.0 |
| 2,002 | 1,171.5 | 42,084.4 | 1,089.2 | 34,893.2 |
| 2,003 | 537.3 | 42,621.7 | 792.1 | 35,685.3 |
| 2,004 | 965.3 | 43,587.0 | 924.6 | 36,609.9 |
| 2,005 | 1,414.8 | 45,001.8 | 1,098.9 | 37,708.8 |
| 2,006 | 1,473.0 | 46,474.8 | 1,066.9 | 38,775.7 |
| 2,007 | 1,298.0 | 47,772.8 | 1,006.0 | 39,781.7 |
| 2,008 | 1,321.0 | 49,093.8 | 1,026.4 | 40,808.1 |
| 2,009 | 1,761.3 | 50,855.1 | 1,241.8 | 42,049.9 |
| 2,010 | 1,367.0 | 52,222.1 | 905.7 | 42,955.6 |
| 2,011 | 1,295.9 | 53,518.0 | 813.4 | 43,768.9 |
| 2,012 | 1,588.7 | 55,106.7 | 1,015.3 | 44,784.2 |
| 2,013 | 1,135.4 | 56,242.1 | 802.2 | 45,586.4 |
| 2,014 | 1,113.5 | 57,355.6 | 950.6 | 46,537.0 |
| 2,015 | 1,344.4 | 58,700.0 | 929.5 | 47,466.5 |
| 2,016 | 950.5 | 59,650.5 | 817.8 | 48,284.3 |

| Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación La Encañada tomando como estación Base La Estación Maqui | | | |
|--|------------------------|------------------------|-----------------|
| Parametro Estadísticos | Periodo 1 | (1964-2001; 2009-2016) | |
| | Periodo 2 | (2002-2008) | |
| Tamaño | n1 | 46 | |
| | n2 | 7 | |
| | n | 53 | |
| Media | X1 | 897.4 | |
| | X2 | 1000.6 | |
| Desv. Estan. | S1 | 173.25 | |
| | S2 | 109.43 | |
| Varianza | S1^2 | 30016.8 | |
| | S2^2 | 11974.86 | |
| Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| | Desv. Estan. Pond. | Sp | 167.02 |
| | Desv. Estan. Promedios | Sd | 67.76 |
| | "T" Calculado | Tc | 1.52 |
| | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| Criterio de Desición | | | NO SALTO |
| Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| | G.L. Numerador | G.L.N. | 45 |
| | G.L. Denominador | G.L.D. | 6 |
| | "F" Tabulado | Fc | 2.51 |
| | "F" Calculado | Ft | 3.76 |
| Criterio de Desición | | | NO SALTO |
| Ecuación de Corrección | | | |



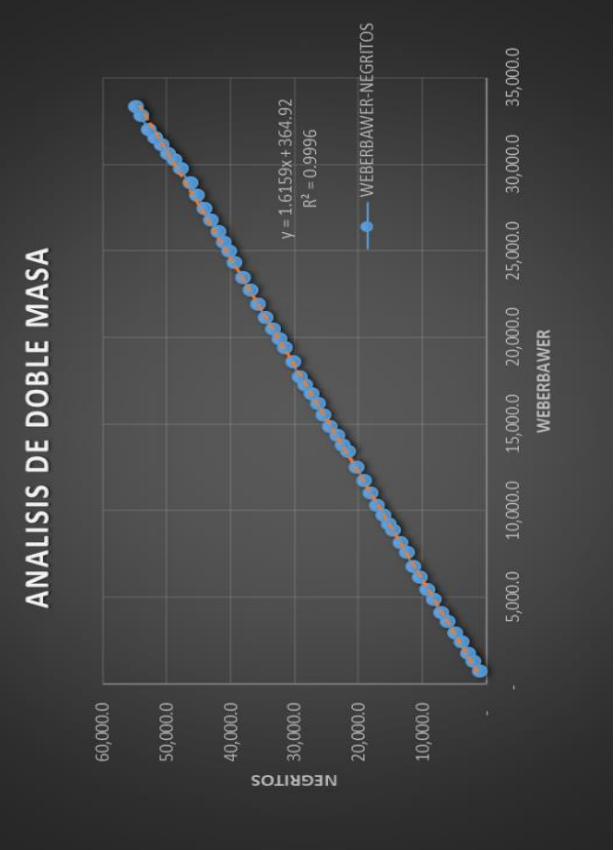
Análisis de consistencia- estación en estudio Negritos.

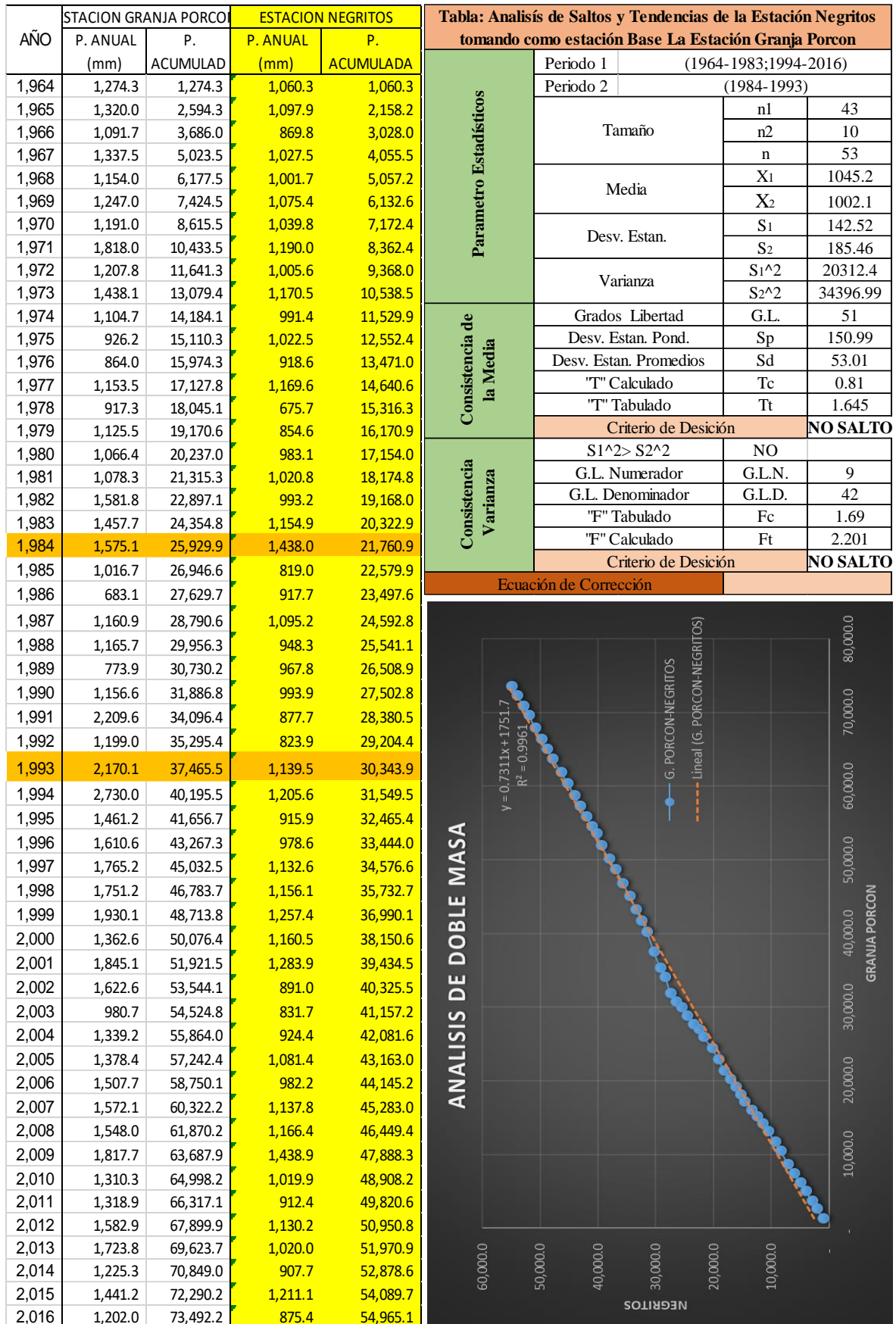
| AÑO | ESTACION WEBERBAWER | | ESTACION NEGRITOS | |
|-------|---------------------|-------------|-------------------|--------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA |
| 1,964 | 666.9 | 666.9 | 1,060.3 | 1,060.3 |
| 1,965 | 608.0 | 1,274.9 | 1,097.9 | 2,158.2 |
| 1,966 | 423.0 | 1,697.9 | 869.8 | 3,028.0 |
| 1,967 | 670.8 | 2,368.7 | 1,027.5 | 4,055.5 |
| 1,968 | 509.4 | 2,878.1 | 1,001.7 | 5,057.2 |
| 1,969 | 661.7 | 3,539.8 | 1,075.4 | 6,132.6 |
| 1,970 | 533.3 | 4,073.1 | 1,039.8 | 7,172.4 |
| 1,971 | 771.8 | 4,844.9 | 1,190.0 | 8,362.4 |
| 1,972 | 536.7 | 5,381.6 | 1,005.6 | 9,368.0 |
| 1,973 | 732.6 | 6,114.2 | 1,170.5 | 10,538.5 |
| 1,974 | 637.5 | 6,751.7 | 991.4 | 11,529.9 |
| 1,975 | 814.4 | 7,566.1 | 1,022.5 | 12,552.4 |
| 1,976 | 560.8 | 8,126.9 | 918.6 | 13,471.0 |
| 1,977 | 694.4 | 8,821.3 | 1,169.6 | 14,640.6 |
| 1,978 | 357.3 | 9,178.6 | 675.7 | 15,316.3 |
| 1,979 | 534.7 | 9,713.3 | 854.6 | 16,170.9 |
| 1,980 | 552.8 | 10,266.1 | 983.1 | 17,154.0 |
| 1,981 | 736.1 | 11,002.2 | 1,020.8 | 18,174.8 |
| 1,982 | 717.1 | 11,719.3 | 993.2 | 19,168.0 |
| 1,983 | 755.4 | 12,474.7 | 1,154.9 | 20,322.9 |
| 1,984 | 905.8 | 13,380.5 | 1,438.0 | 21,760.9 |
| 1,985 | 374.1 | 13,754.6 | 819.0 | 22,579.9 |
| 1,986 | 544.5 | 14,299.1 | 917.7 | 23,497.6 |
| 1,987 | 534.5 | 14,833.6 | 1,095.2 | 24,592.8 |
| 1,988 | 676.1 | 15,509.7 | 948.3 | 25,541.1 |
| 1,989 | 629.2 | 16,138.9 | 967.8 | 26,508.9 |
| 1,990 | 607.4 | 16,746.3 | 993.9 | 27,502.8 |
| 1,991 | 507.4 | 17,253.7 | 877.7 | 28,380.5 |
| 1,992 | 423.1 | 17,676.8 | 823.9 | 29,204.4 |
| 1,993 | 872.0 | 18,548.8 | 1,139.5 | 30,343.9 |
| 1,994 | 819.5 | 19,368.3 | 1,205.6 | 31,549.5 |
| 1,995 | 514.9 | 19,883.2 | 915.9 | 32,465.4 |
| 1,996 | 584.4 | 20,467.6 | 978.6 | 33,444.0 |
| 1,997 | 635.7 | 21,103.3 | 1,132.6 | 34,576.6 |
| 1,998 | 767.2 | 21,870.5 | 1,156.1 | 35,732.7 |
| 1,999 | 819.8 | 22,690.3 | 1,257.4 | 36,990.1 |
| 2,000 | 715.6 | 23,405.9 | 1,160.5 | 38,150.6 |
| 2,001 | 908.6 | 24,314.5 | 1,283.9 | 39,434.5 |
| 2,002 | 634.9 | 24,949.4 | 891.0 | 40,325.5 |
| 2,003 | 528.9 | 25,478.3 | 831.7 | 41,157.2 |
| 2,004 | 630.9 | 26,109.2 | 924.4 | 42,081.6 |
| 2,005 | 651.3 | 26,760.5 | 1,081.4 | 43,163.0 |
| 2,006 | 689.6 | 27,450.1 | 982.2 | 44,145.2 |
| 2,007 | 746.2 | 28,196.3 | 1,137.8 | 45,283.0 |
| 2,008 | 720.9 | 28,917.2 | 1,166.4 | 46,449.4 |
| 2,009 | 794.3 | 29,711.5 | 1,438.9 | 47,888.3 |
| 2,010 | 544.0 | 30,255.5 | 1,019.9 | 48,908.2 |
| 2,011 | 325.9 | 30,581.4 | 912.4 | 49,820.6 |
| 2,012 | 523.7 | 31,105.1 | 1,130.2 | 50,950.8 |
| 2,013 | 402.7 | 31,507.8 | 1,020.0 | 51,970.9 |
| 2,014 | 483.0 | 31,990.8 | 907.7 | 52,878.6 |
| 2,015 | 806.0 | 32,796.8 | 1,211.1 | 54,089.7 |
| 2,016 | 536.3 | 33,333.1 | 875.4 | 54,965.1 |

Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Negritos tomando como estación Base La Estación Augusto Weberbauer

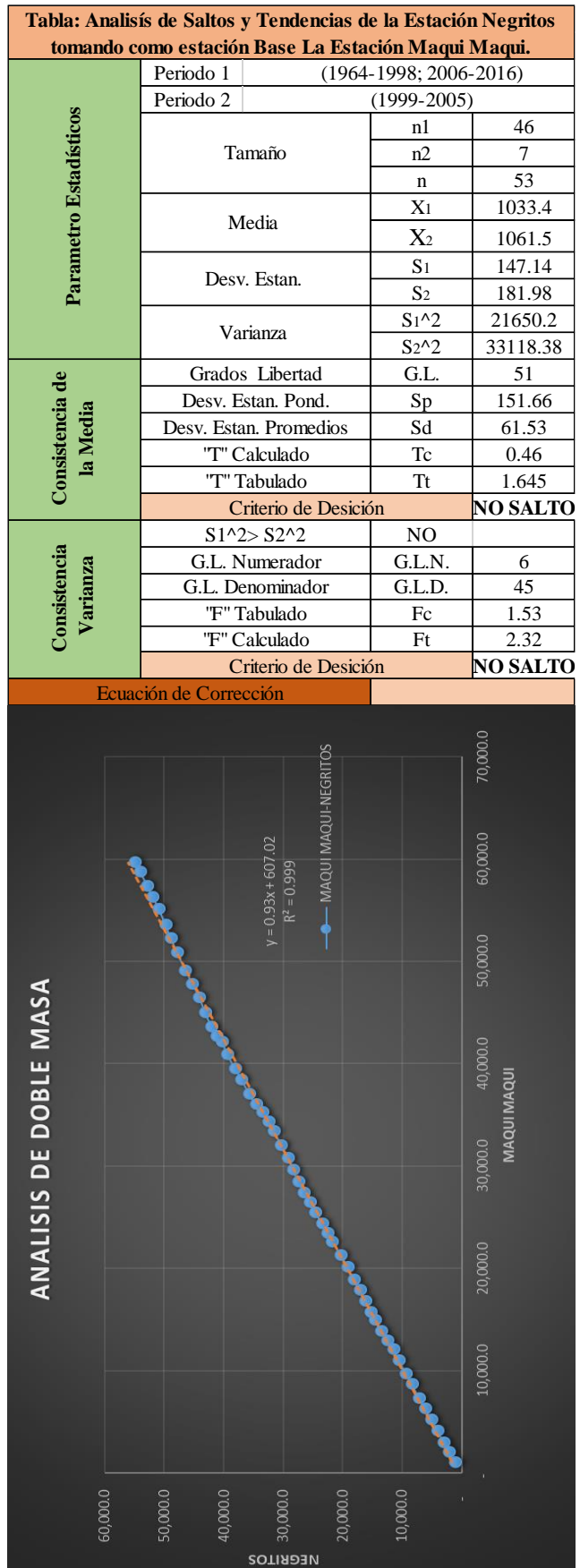
| Parametro Estadísticos | Periodo 1 | (1964-2011) | |
|--------------------------|------------------------|-------------|-----------------|
| | Periodo 2 | (2012-2016) | |
| Tamaño | n1 | 48 | |
| | n2 | 5 | |
| | n | 53 | |
| Media | X1 | 1037.9 | |
| | X2 | 1028.9 | |
| Desv. Estan. | S1 | 152.68 | |
| | S2 | 142.98 | |
| Varianza | S1^2 | 23311.1 | |
| | S2^2 | 20444.23 | |
| Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| | Desv. Estan. Pond. | Sp | 151.94 |
| | Desv. Estan. Promedios | Sd | 71.40 |
| | "T" Calculado | Tc | 0.13 |
| | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| Criterio de Decisión | | | NO SALTO |
| Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| | G.L. Numerador | G.L.N. | 47 |
| | G.L. Denominador | G.L.D. | 4 |
| | "F" Tabulado | Fc | 1.14 |
| | "F" Calculado | Ft | 3.7595 |
| Criterio de Decisión | | | NO SALTO |

Ecuación de Corrección





| AÑO | ESTACION MAQUI MAQUI | | ESTACION NEGRITOS | |
|-------|----------------------|----------------|-------------------|-----------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA |
| 1,964 | 1,035.8 | 1,035.8 | 1,060.3 | 1,060.3 |
| 1,965 | 962.2 | 1,998.0 | 1,097.9 | 2,158.2 |
| 1,966 | 941.7 | 2,939.7 | 869.8 | 3,028.0 |
| 1,967 | 1,203.1 | 4,142.8 | 1,027.5 | 4,055.5 |
| 1,968 | 1,034.0 | 5,176.8 | 1,001.7 | 5,057.2 |
| 1,969 | 1,069.8 | 6,246.6 | 1,075.4 | 6,132.6 |
| 1,970 | 1,051.4 | 7,298.0 | 1,039.8 | 7,172.4 |
| 1,971 | 1,372.0 | 8,670.0 | 1,190.0 | 8,362.4 |
| 1,972 | 1,015.0 | 9,685.0 | 1,005.6 | 9,368.0 |
| 1,973 | 1,289.8 | 10,974.8 | 1,170.5 | 10,538.5 |
| 1,974 | 1,060.4 | 12,035.2 | 991.4 | 11,529.9 |
| 1,975 | 907.5 | 12,942.7 | 1,022.5 | 12,552.4 |
| 1,976 | 869.4 | 13,812.1 | 918.6 | 13,471.0 |
| 1,977 | 1,108.3 | 14,920.4 | 1,169.6 | 14,640.6 |
| 1,978 | 775.2 | 15,695.6 | 675.7 | 15,316.3 |
| 1,979 | 1,083.6 | 16,779.2 | 854.6 | 16,170.9 |
| 1,980 | 1,063.4 | 17,842.6 | 983.1 | 17,154.0 |
| 1,981 | 1,049.3 | 18,891.9 | 1,020.8 | 18,174.8 |
| 1,982 | 1,221.4 | 20,113.3 | 993.2 | 19,168.0 |
| 1,983 | 1,147.5 | 21,260.8 | 1,154.9 | 20,322.9 |
| 1,984 | 1,344.7 | 22,605.5 | 1,438.0 | 21,760.9 |
| 1,985 | 806.9 | 23,412.4 | 819.0 | 22,579.9 |
| 1,986 | 969.9 | 24,382.3 | 917.7 | 23,497.6 |
| 1,987 | 1,013.8 | 25,396.1 | 1,095.2 | 24,592.8 |
| 1,988 | 1,033.4 | 26,429.5 | 948.3 | 25,541.1 |
| 1,989 | 947.0 | 27,376.5 | 967.8 | 26,508.9 |
| 1,990 | 1,073.4 | 28,449.9 | 993.9 | 27,502.8 |
| 1,991 | 1,188.3 | 29,638.2 | 877.7 | 28,380.5 |
| 1,992 | 1,148.8 | 30,787.0 | 823.9 | 29,204.4 |
| 1,993 | 1,211.4 | 31,998.4 | 1,139.5 | 30,343.9 |
| 1,994 | 1,369.1 | 33,367.5 | 1,205.6 | 31,549.5 |
| 1,995 | 916.6 | 34,284.1 | 915.9 | 32,465.4 |
| 1,996 | 922.2 | 35,206.3 | 978.6 | 33,444.0 |
| 1,997 | 771.3 | 35,977.6 | 1,132.6 | 34,576.6 |
| 1,998 | 1,013.1 | 36,990.7 | 1,156.1 | 35,732.7 |
| 1,999 | 1,433.2 | 38,423.9 | 1,257.4 | 36,990.1 |
| 2,000 | 1,091.0 | 39,514.9 | 1,160.5 | 38,150.6 |
| 2,001 | 1,398.0 | 40,912.9 | 1,283.9 | 39,434.5 |
| 2,002 | 1,171.5 | 42,084.4 | 891.0 | 40,325.5 |
| 2,003 | 537.3 | 42,621.7 | 831.7 | 41,157.2 |
| 2,004 | 965.3 | 43,587.0 | 924.4 | 42,081.6 |
| 2,005 | 1,414.8 | 45,001.8 | 1,081.4 | 43,163.0 |
| 2,006 | 1,473.0 | 46,474.8 | 982.2 | 44,145.2 |
| 2,007 | 1,298.0 | 47,772.8 | 1,137.8 | 45,283.0 |
| 2,008 | 1,321.0 | 49,093.8 | 1,166.4 | 46,449.4 |
| 2,009 | 1,761.3 | 50,855.1 | 1,438.9 | 47,888.3 |
| 2,010 | 1,367.0 | 52,222.1 | 1,019.9 | 48,908.2 |
| 2,011 | 1,295.9 | 53,518.0 | 912.4 | 49,820.6 |
| 2,012 | 1,588.7 | 55,106.7 | 1,130.2 | 50,950.8 |
| 2,013 | 1,135.4 | 56,242.1 | 1,020.0 | 51,970.9 |
| 2,014 | 1,113.5 | 57,355.6 | 907.7 | 52,878.6 |
| 2,015 | 1,344.4 | 58,700.0 | 1,211.1 | 54,089.7 |
| 2,016 | 950.5 | 59,650.5 | 875.4 | 54,965.1 |

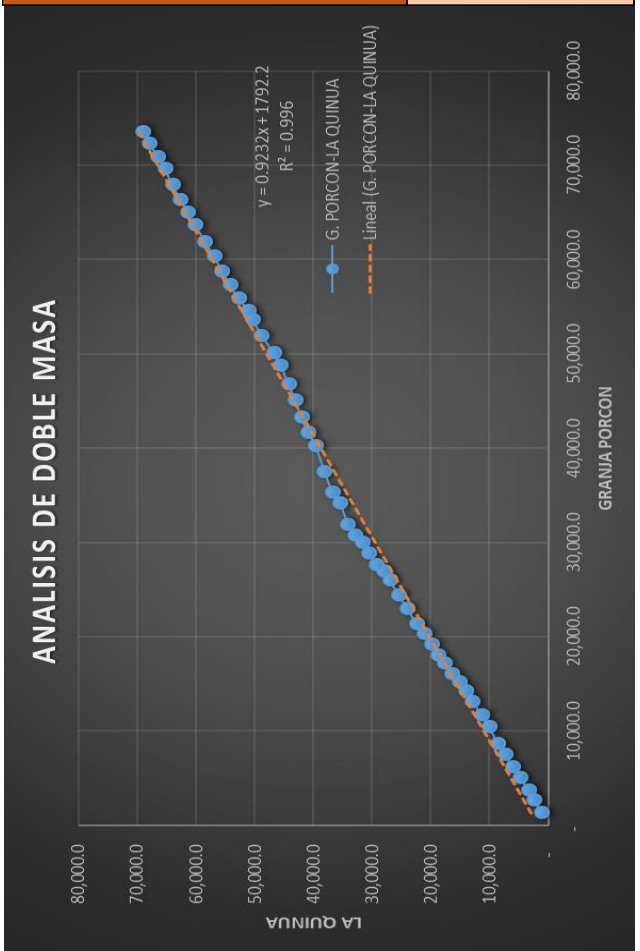


Análisis de consistencia- estación en estudio la Quinua.

| AÑO | ESTACION WEBERBAWER | | ESTACION LA QUINUA | | Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación La Quinua tomando como estación Base La Estación Augusto Weberbauer | | | |
|-------|---------------------|-------------|--------------------|--------------|---|------------------------|----------|-----------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA | Periodo 1 | (1964-2012) | | |
| 1,964 | 666.9 | 666.9 | 1,200.5 | 1,200.5 | Periodo 2 | (2013-2016) | | |
| 1,965 | 608.0 | 1,274.9 | 1,214.0 | 2,414.5 | Tamaño | n1 | 49 | |
| 1,966 | 423.0 | 1,697.9 | 1,042.5 | 3,457.0 | | n2 | 4 | |
| 1,967 | 670.8 | 2,368.7 | 1,437.7 | 4,894.7 | | n | 53 | |
| 1,968 | 509.4 | 2,878.1 | 1,226.9 | 6,121.6 | Media | X1 | 1307.7 | |
| 1,969 | 661.7 | 3,539.8 | 1,268.8 | 7,390.4 | | X2 | 1242.9 | |
| 1,970 | 533.3 | 4,073.1 | 1,244.6 | 8,635.0 | Desv. Estan. | S1 | 213.57 | |
| 1,971 | 771.8 | 4,844.9 | 1,534.3 | 10,169.3 | | S2 | 179.86 | |
| 1,972 | 536.7 | 5,381.6 | 1,248.3 | 11,417.6 | Varianza | S1^2 | 45610.3 | |
| 1,973 | 732.6 | 6,114.2 | 1,484.3 | 12,901.9 | | S2^2 | 32350.23 | |
| 1,974 | 637.5 | 6,751.7 | 1,139.6 | 14,041.5 | Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| 1,975 | 814.4 | 7,566.1 | 1,169.9 | 15,211.4 | | Desv. Estan. Pond. | Sp | 211.73 |
| 1,976 | 560.8 | 8,126.9 | 1,155.6 | 16,367.0 | | Desv. Estan. Promedios | Sd | 110.10 |
| 1,977 | 694.4 | 8,821.3 | 1,399.8 | 17,766.8 | | "T" Calculado | Tc | 0.59 |
| 1,978 | 357.3 | 9,178.6 | 1,016.8 | 18,783.6 | | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| 1,979 | 534.7 | 9,713.3 | 1,188.7 | 19,972.3 | | Criterio de Desición | | NO SALTO |
| 1,980 | 552.8 | 10,266.1 | 1,269.3 | 21,241.6 | Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| 1,981 | 736.1 | 11,002.2 | 1,256.6 | 22,498.2 | | G.L. Numerador | G.L.N. | 48 |
| 1,982 | 717.1 | 11,719.3 | 1,495.3 | 23,993.5 | | G.L. Denominador | G.L.D. | 3 |
| 1,983 | 755.4 | 12,474.7 | 1,496.9 | 25,490.4 | | "F" Tabulado | Fc | 1.41 |
| 1,984 | 905.8 | 13,380.5 | 1,548.3 | 27,038.7 | | "F" Calculado | Ft | 8.584 |
| 1,985 | 374.1 | 13,754.6 | 1,033.2 | 28,071.9 | | Criterio de Desición | | NO SALTO |
| 1,986 | 544.5 | 14,299.1 | 1,225.9 | 29,297.8 | Ecuación de Corrección | | | |
| 1,987 | 534.5 | 14,833.6 | 1,268.7 | 30,566.5 | | | | |
| 1,988 | 676.1 | 15,509.7 | 1,201.5 | 31,768.0 | | | | |
| 1,989 | 629.2 | 16,138.9 | 1,125.8 | 32,893.8 | | | | |
| 1,990 | 607.4 | 16,746.3 | 1,242.8 | 34,136.6 | | | | |
| 1,991 | 507.4 | 17,253.7 | 1,328.4 | 35,465.0 | | | | |
| 1,992 | 423.1 | 17,676.8 | 1,321.6 | 36,786.6 | | | | |
| 1,993 | 872.0 | 18,548.8 | 1,347.6 | 38,134.2 | | | | |
| 1,994 | 819.5 | 19,368.3 | 1,500.2 | 39,634.4 | | | | |
| 1,995 | 514.9 | 19,883.2 | 1,352.2 | 40,986.6 | | | | |
| 1,996 | 584.4 | 20,467.6 | 1,101.7 | 42,088.3 | | | | |
| 1,997 | 635.7 | 21,103.3 | 1,068.7 | 43,157.0 | | | | |
| 1,998 | 767.2 | 21,870.5 | 1,102.5 | 44,259.5 | | | | |
| 1,999 | 819.8 | 22,690.3 | 1,372.9 | 45,632.4 | | | | |
| 2,000 | 715.6 | 23,405.9 | 1,191.9 | 46,824.3 | | | | |
| 2,001 | 908.6 | 24,314.5 | 2,017.0 | 48,841.3 | | | | |
| 2,002 | 634.9 | 24,949.4 | 1,461.7 | 50,303.0 | | | | |
| 2,003 | 528.9 | 25,478.3 | 756.1 | 51,059.1 | | | | |
| 2,004 | 630.9 | 26,109.2 | 1,754.6 | 52,813.7 | | | | |
| 2,005 | 651.3 | 26,760.5 | 1,380.4 | 54,194.1 | | | | |
| 2,006 | 689.6 | 27,450.1 | 1,380.1 | 55,574.2 | | | | |
| 2,007 | 746.2 | 28,196.3 | 1,421.0 | 56,995.2 | | | | |
| 2,008 | 720.9 | 28,917.2 | 1,473.0 | 58,468.2 | | | | |
| 2,009 | 794.3 | 29,711.5 | 1,773.9 | 60,242.1 | | | | |
| 2,010 | 544.0 | 30,255.5 | 1,278.2 | 61,520.3 | | | | |
| 2,011 | 325.9 | 30,581.4 | 1,138.2 | 62,658.5 | | | | |
| 2,012 | 523.7 | 31,105.1 | 1,417.0 | 64,075.4 | | | | |
| 2,013 | 402.7 | 31,507.8 | 1,237.1 | 65,312.6 | | | | |
| 2,014 | 483.0 | 31,990.8 | 1,151.6 | 66,464.2 | | | | |
| 2,015 | 806.0 | 32,796.8 | 1,496.3 | 67,960.6 | | | | |
| 2,016 | 536.3 | 33,333.1 | 1,086.5 | 69,047.0 | | | | |

| AÑO | STACION GRANJA PORCON | | ESTACION LA QUINUA | |
|-------|-----------------------|-------------|--------------------|--------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA |
| 1,964 | 1,274.3 | 1,274.3 | 1,200.5 | 1,200.5 |
| 1,965 | 1,320.0 | 2,594.3 | 1,214.0 | 2,414.5 |
| 1,966 | 1,091.7 | 3,686.0 | 1,042.5 | 3,457.0 |
| 1,967 | 1,337.5 | 5,023.5 | 1,437.7 | 4,894.7 |
| 1,968 | 1,154.0 | 6,177.5 | 1,226.9 | 6,121.6 |
| 1,969 | 1,247.0 | 7,424.5 | 1,268.8 | 7,390.4 |
| 1,970 | 1,191.0 | 8,615.5 | 1,244.6 | 8,635.0 |
| 1,971 | 1,818.0 | 10,433.5 | 1,534.3 | 10,169.3 |
| 1,972 | 1,207.8 | 11,641.3 | 1,248.3 | 11,417.6 |
| 1,973 | 1,438.1 | 13,079.4 | 1,484.3 | 12,901.9 |
| 1,974 | 1,104.7 | 14,184.1 | 1,139.6 | 14,041.5 |
| 1,975 | 926.2 | 15,110.3 | 1,169.9 | 15,211.4 |
| 1,976 | 864.0 | 15,974.3 | 1,155.6 | 16,367.0 |
| 1,977 | 1,153.5 | 17,127.8 | 1,399.8 | 17,766.8 |
| 1,978 | 917.3 | 18,045.1 | 1,016.8 | 18,783.6 |
| 1,979 | 1,125.5 | 19,170.6 | 1,188.7 | 19,972.3 |
| 1,980 | 1,066.4 | 20,237.0 | 1,269.3 | 21,241.6 |
| 1,981 | 1,078.3 | 21,315.3 | 1,256.6 | 22,498.2 |
| 1,982 | 1,581.8 | 22,897.1 | 1,495.3 | 23,993.5 |
| 1,983 | 1,457.7 | 24,354.8 | 1,496.9 | 25,490.4 |
| 1,984 | 1,575.1 | 25,929.9 | 1,548.3 | 27,038.7 |
| 1,985 | 1,016.7 | 26,946.6 | 1,033.2 | 28,071.9 |
| 1,986 | 683.1 | 27,629.7 | 1,225.9 | 29,297.8 |
| 1,987 | 1,160.9 | 28,790.6 | 1,268.7 | 30,566.5 |
| 1,988 | 1,165.7 | 29,956.3 | 1,201.5 | 31,768.0 |
| 1,989 | 773.9 | 30,730.2 | 1,125.8 | 32,893.8 |
| 1,990 | 1,156.6 | 31,886.8 | 1,242.8 | 34,136.6 |
| 1,991 | 2,209.6 | 34,096.4 | 1,328.4 | 35,465.0 |
| 1,992 | 1,199.0 | 35,295.4 | 1,321.6 | 36,786.6 |
| 1,993 | 2,170.1 | 37,465.5 | 1,347.6 | 38,134.2 |
| 1,994 | 2,730.0 | 40,195.5 | 1,500.2 | 39,634.4 |
| 1,995 | 1,461.2 | 41,656.7 | 1,352.2 | 40,986.6 |
| 1,996 | 1,610.6 | 43,267.3 | 1,101.7 | 42,088.3 |
| 1,997 | 1,765.2 | 45,032.5 | 1,068.7 | 43,157.0 |
| 1,998 | 1,751.2 | 46,783.7 | 1,102.5 | 44,259.5 |
| 1,999 | 1,930.1 | 48,713.8 | 1,372.9 | 45,632.4 |
| 2,000 | 1,362.6 | 50,076.4 | 1,191.9 | 46,824.3 |
| 2,001 | 1,845.1 | 51,921.5 | 2,017.0 | 48,841.3 |
| 2,002 | 1,622.6 | 53,544.1 | 1,461.7 | 50,303.0 |
| 2,003 | 980.7 | 54,524.8 | 756.1 | 51,059.1 |
| 2,004 | 1,339.2 | 55,864.0 | 1,754.6 | 52,813.7 |
| 2,005 | 1,378.4 | 57,242.4 | 1,380.4 | 54,194.1 |
| 2,006 | 1,507.7 | 58,750.1 | 1,380.1 | 55,574.2 |
| 2,007 | 1,572.1 | 60,322.2 | 1,421.0 | 56,995.2 |
| 2,008 | 1,548.0 | 61,870.2 | 1,473.0 | 58,468.2 |
| 2,009 | 1,817.7 | 63,687.9 | 1,773.9 | 60,242.1 |
| 2,010 | 1,310.3 | 64,998.2 | 1,278.2 | 61,520.3 |
| 2,011 | 1,318.9 | 66,317.1 | 1,138.2 | 62,658.5 |
| 2,012 | 1,582.9 | 67,899.9 | 1,417.0 | 64,075.4 |
| 2,013 | 1,723.8 | 69,623.7 | 1,237.1 | 65,312.6 |
| 2,014 | 1,225.3 | 70,849.0 | 1,151.6 | 66,464.2 |
| 2,015 | 1,441.2 | 72,290.2 | 1,496.3 | 67,960.6 |
| 2,016 | 1,202.0 | 73,492.2 | 1,086.5 | 69,047.0 |

| Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación La Quinua tomando como estación Base La Estación Granja Porcon | | | | |
|--|------------------------|-----------------------|-----------------|--|
| Parametro Estadísticos | Periodo 1 | (1964-1981;1996-2016) | | |
| | Periodo 2 | (1982-1995) | | |
| | Tamaño | n1 | 39 | |
| | | n2 | 14 | |
| | | n | 53 | |
| | Media | X1 | 1296.4 | |
| | | X2 | 1320.6 | |
| | Desv. Estan. | S1 | 229.18 | |
| | | S2 | 151.90 | |
| | Varianza | S1^2 | 52522.9 | |
| S2^2 | | 23072.29 | | |
| Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 | |
| | Desv. Estan. Pond. | Sp | 212.17 | |
| | Desv. Estan. Promedios | Sd | 66.10 | |
| | "T" Calculado | Tc | 0.37 | |
| | "T" Tabulado | Tt | 1.645 | |
| Criterio de Desición | | | NO SALTO | |
| Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | | |
| | G.L. Numerador | G.L.N. | 38 | |
| | G.L. Denominador | G.L.D. | 13 | |
| | "F" Tabulado | Fc | 2.28 | |
| | "F" Calculado | Ft | 2.348 | |
| Criterio de Desición | | | NO SALTO | |
| Ecuación de Corrección | | | | |



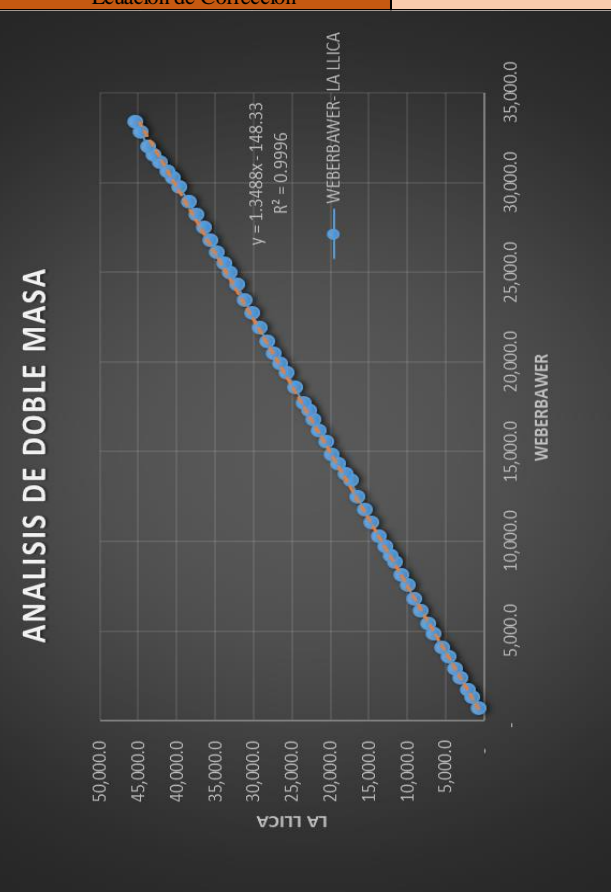
| AÑO | ESTACION MAQUI MAQUI | | ESTACION LA QUINUA | | Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación La Quinua tomando como estación Base La Estación Maqui Maqui. | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------------------|--------------|---|------------------------|-----------------|--------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA | Periodo 1 | (1964-2011) | | |
| 1,964 | 1,035.8 | 1,035.8 | 1,200.5 | 1,200.5 | Periodo 2 | (2012-2016) | | |
| 1,965 | 962.2 | 1,998.0 | 1,214.0 | 2,414.5 | Tamaño | n1 | 48 | |
| 1,966 | 941.7 | 2,939.7 | 1,042.5 | 3,457.0 | | n2 | 5 | |
| 1,967 | 1,203.1 | 4,142.8 | 1,437.7 | 4,894.7 | | n | 53 | |
| 1,968 | 1,034.0 | 5,176.8 | 1,226.9 | 6,121.6 | Media | X1 | 1305.4 | |
| 1,969 | 1,069.8 | 6,246.6 | 1,268.8 | 7,390.4 | | X2 | 1277.7 | |
| 1,970 | 1,051.4 | 7,298.0 | 1,244.6 | 8,635.0 | Desv. Estan. | S1 | 215.22 | |
| 1,971 | 1,372.0 | 8,670.0 | 1,534.3 | 10,169.3 | | S2 | 174.13 | |
| 1,972 | 1,015.0 | 9,685.0 | 1,248.3 | 11,417.6 | Varianza | S1^2 | 46321.3 | |
| 1,973 | 1,289.8 | 10,974.8 | 1,484.3 | 12,901.9 | | S2^2 | 30321.79 | |
| 1,974 | 1,060.4 | 12,035.2 | 1,139.6 | 14,041.5 | Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| 1,975 | 907.5 | 12,942.7 | 1,169.9 | 15,211.4 | | Desv. Estan. Pond. | Sp | 212.29 |
| 1,976 | 869.4 | 13,812.1 | 1,155.6 | 16,367.0 | | Desv. Estan. Promedios | Sd | 99.76 |
| 1,977 | 1,108.3 | 14,920.4 | 1,399.8 | 17,766.8 | | "T" Calculado | Tc | 0.28 |
| 1,978 | 775.2 | 15,695.6 | 1,016.8 | 18,783.6 | | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| 1,979 | 1,083.6 | 16,779.2 | 1,188.7 | 19,972.3 | Criterio de Decisión | | NO SALTO | |
| 1,980 | 1,063.4 | 17,842.6 | 1,269.3 | 21,241.6 | Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| 1,981 | 1,049.3 | 18,891.9 | 1,256.6 | 22,498.2 | | G.L. Numerador | G.L.N. | 47 |
| 1,982 | 1,221.4 | 20,113.3 | 1,495.3 | 23,993.5 | | G.L. Denominador | G.L.D. | 4 |
| 1,983 | 1,147.5 | 21,260.8 | 1,496.9 | 25,490.4 | | "F" Tabulado | Fc | 1.53 |
| 1,984 | 1,344.7 | 22,605.5 | 1,548.3 | 27,038.7 | | "F" Calculado | Ft | 5.71 |
| 1,985 | 806.9 | 23,412.4 | 1,033.2 | 28,071.9 | Criterio de Decisión | | NO SALTO | |
| 1,986 | 969.9 | 24,382.3 | 1,225.9 | 29,297.8 | Ecuación de Corrección | | | |
| 1,987 | 1,013.8 | 25,396.1 | 1,268.7 | 30,566.5 | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 10px;">ANÁLISIS DE DOBLE MASA</div> </div> | | | |
| 1,988 | 1,033.4 | 26,429.5 | 1,201.5 | 31,768.0 | | | | |
| 1,989 | 947.0 | 27,376.5 | 1,125.8 | 32,893.8 | | | | |
| 1,990 | 1,073.4 | 28,449.9 | 1,242.8 | 34,136.6 | | | | |
| 1,991 | 1,188.3 | 29,638.2 | 1,328.4 | 35,465.0 | | | | |
| 1,992 | 1,148.8 | 30,787.0 | 1,321.6 | 36,786.6 | | | | |
| 1,993 | 1,211.4 | 31,998.4 | 1,347.6 | 38,134.2 | | | | |
| 1,994 | 1,369.1 | 33,367.5 | 1,500.2 | 39,634.4 | | | | |
| 1,995 | 916.6 | 34,284.1 | 1,352.2 | 40,986.6 | | | | |
| 1,996 | 922.2 | 35,206.3 | 1,101.7 | 42,088.3 | | | | |
| 1,997 | 771.3 | 35,977.6 | 1,068.7 | 43,157.0 | | | | |
| 1,998 | 1,013.1 | 36,990.7 | 1,102.5 | 44,259.5 | | | | |
| 1,999 | 1,433.2 | 38,423.9 | 1,372.9 | 45,632.4 | | | | |
| 2,000 | 1,091.0 | 39,514.9 | 1,191.9 | 46,824.3 | | | | |
| 2,001 | 1,398.0 | 40,912.9 | 2,017.0 | 48,841.3 | | | | |
| 2,002 | 1,171.5 | 42,084.4 | 1,461.7 | 50,303.0 | | | | |
| 2,003 | 537.3 | 42,621.7 | 756.1 | 51,059.1 | | | | |
| 2,004 | 965.3 | 43,587.0 | 1,754.6 | 52,813.7 | | | | |
| 2,005 | 1,414.8 | 45,001.8 | 1,380.4 | 54,194.1 | | | | |
| 2,006 | 1,473.0 | 46,474.8 | 1,380.1 | 55,574.2 | | | | |
| 2,007 | 1,298.0 | 47,772.8 | 1,421.0 | 56,995.2 | | | | |
| 2,008 | 1,321.0 | 49,093.8 | 1,473.0 | 58,468.2 | | | | |
| 2,009 | 1,761.3 | 50,855.1 | 1,773.9 | 60,242.1 | | | | |
| 2,010 | 1,367.0 | 52,222.1 | 1,278.2 | 61,520.3 | | | | |
| 2,011 | 1,295.9 | 53,518.0 | 1,138.2 | 62,658.5 | | | | |
| 2,012 | 1,588.7 | 55,106.7 | 1,417.0 | 64,075.4 | | | | |
| 2,013 | 1,135.4 | 56,242.1 | 1,237.1 | 65,312.6 | | | | |
| 2,014 | 1,113.5 | 57,355.6 | 1,151.6 | 66,464.2 | | | | |
| 2,015 | 1,344.4 | 58,700.0 | 1,496.3 | 67,960.6 | | | | |
| 2,016 | 950.5 | 59,650.5 | 1,086.5 | 69,047.0 | | | | |

Análisis de consistencia- estación en estudio la Llica.

| AÑO | ESTACION WEBERBAWER | | ESTACION LA LLICA | |
|-------|---------------------|-------------|-------------------|------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULA |
| 1,964 | 666.9 | 666.9 | 849.5 | 849.5 |
| 1,965 | 608.0 | 1,274.9 | 776.2 | 1,625.7 |
| 1,966 | 423.0 | 1,697.9 | 591.0 | 2,216.7 |
| 1,967 | 670.8 | 2,368.7 | 917.3 | 3,134.0 |
| 1,968 | 509.4 | 2,878.1 | 722.7 | 3,856.7 |
| 1,969 | 661.7 | 3,539.8 | 900.1 | 4,756.8 |
| 1,970 | 533.3 | 4,073.1 | 823.1 | 5,579.9 |
| 1,971 | 771.8 | 4,844.9 | 1,035.0 | 6,614.9 |
| 1,972 | 536.7 | 5,381.6 | 774.6 | 7,389.5 |
| 1,973 | 732.6 | 6,114.2 | 939.5 | 8,329.0 |
| 1,974 | 637.5 | 6,751.7 | 862.7 | 9,191.7 |
| 1,975 | 814.4 | 7,566.1 | 882.1 | 10,073.8 |
| 1,976 | 560.8 | 8,126.9 | 716.3 | 10,790.1 |
| 1,977 | 694.4 | 8,821.3 | 902.4 | 11,692.5 |
| 1,978 | 357.3 | 9,178.6 | 591.2 | 12,283.7 |
| 1,979 | 534.7 | 9,713.3 | 725.5 | 13,009.2 |
| 1,980 | 552.8 | 10,266.1 | 768.5 | 13,777.7 |
| 1,981 | 736.1 | 11,002.2 | 992.3 | 14,770.0 |
| 1,982 | 717.1 | 11,719.3 | 880.8 | 15,650.8 |
| 1,983 | 755.4 | 12,474.7 | 888.8 | 16,539.6 |
| 1,984 | 905.8 | 13,380.5 | 907.0 | 17,446.6 |
| 1,985 | 374.1 | 13,754.6 | 623.2 | 18,069.8 |
| 1,986 | 544.5 | 14,299.1 | 955.5 | 19,025.3 |
| 1,987 | 534.5 | 14,833.6 | 861.9 | 19,887.2 |
| 1,988 | 676.1 | 15,509.7 | 784.7 | 20,671.9 |
| 1,989 | 629.2 | 16,138.9 | 891.1 | 21,563.0 |
| 1,990 | 607.4 | 16,746.3 | 739.3 | 22,302.3 |
| 1,991 | 507.4 | 17,253.7 | 605.3 | 22,907.6 |
| 1,992 | 423.1 | 17,676.8 | 628.1 | 23,535.7 |
| 1,993 | 872.0 | 18,548.8 | 1,185.9 | 24,721.6 |
| 1,994 | 819.5 | 19,368.3 | 1,036.6 | 25,758.2 |
| 1,995 | 514.9 | 19,883.2 | 829.6 | 26,587.8 |
| 1,996 | 584.4 | 20,467.6 | 928.4 | 27,516.2 |
| 1,997 | 635.7 | 21,103.3 | 768.2 | 28,284.4 |
| 1,998 | 767.2 | 21,870.5 | 1,040.4 | 29,324.8 |
| 1,999 | 819.8 | 22,690.3 | 961.7 | 30,286.5 |
| 2,000 | 715.6 | 23,405.9 | 905.3 | 31,191.8 |
| 2,001 | 908.6 | 24,314.5 | 1,082.0 | 32,273.8 |
| 2,002 | 634.9 | 24,949.4 | 877.5 | 33,151.3 |
| 2,003 | 528.9 | 25,478.3 | 757.5 | 33,908.8 |
| 2,004 | 630.9 | 26,109.2 | 904.0 | 34,812.8 |
| 2,005 | 651.3 | 26,760.5 | 834.2 | 35,647.0 |
| 2,006 | 689.6 | 27,450.1 | 935.6 | 36,582.6 |
| 2,007 | 746.2 | 28,196.3 | 950.8 | 37,533.4 |
| 2,008 | 720.9 | 28,917.2 | 989.8 | 38,523.2 |
| 2,009 | 794.3 | 29,711.5 | 1,175.6 | 39,698.8 |
| 2,010 | 544.0 | 30,255.5 | 838.1 | 40,536.8 |
| 2,011 | 325.9 | 30,581.4 | 759.5 | 41,296.3 |
| 2,012 | 523.7 | 31,105.1 | 935.1 | 42,231.4 |
| 2,013 | 402.7 | 31,507.8 | 811.7 | 43,043.1 |
| 2,014 | 483.0 | 31,990.8 | 741.6 | 43,784.7 |
| 2,015 | 806.0 | 32,796.8 | 972.1 | 44,756.8 |
| 2,016 | 536.3 | 33,333.1 | 734.2 | 45,491.0 |

Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación La Llica tomando como estación Base La Estación Augusto Weberbauer

| Parametro Estadísticos | Periodo 1 | (1964-2012) | |
|--------------------------|------------------------|-------------|-----------------|
| | Periodo 2 | (2013-2016) | |
| Tamaño | n1 | 49 | |
| | n2 | 4 | |
| | n | 53 | |
| Media | X1 | 861.9 | |
| | X2 | 814.9 | |
| Desv. Estan. | S1 | 137.09 | |
| | S2 | 110.47 | |
| Varianza | S1^2 | 18792.6 | |
| | S2^2 | 12203.35 | |
| Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| | Desv. Estan. Pond. | Sp | 135.67 |
| | Desv. Estan. Promedios | Sd | 70.55 |
| | "T" Calculado | Tc | 0.67 |
| | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| Criterio de Decisión | | | NO SALTO |
| Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| | G.L. Numerador | G.L.N. | 48 |
| | G.L. Denominador | G.L.D. | 3 |
| | "F" Tabulado | Fc | 1.54 |
| | "F" Calculado | Ft | 8.582 |
| Criterio de Decisión | | | NO SALTO |
| Ecuación de Corrección | | | |



| AÑO | STACION GRANJA PORCO | | ESTACION LA LLICA | | Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación La Llica tomando como estación Base La Estación Granja Porcon | | | |
|-------|----------------------|-------------|-------------------|------------|---|--------------------------|-----------------|----------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULA | Periodo 1 | (1964-1979;1994-2016) | | |
| 1,964 | 1,274.3 | 1,274.3 | 849.5 | 849.5 | Periodo 2 | (1980-1993) | | |
| 1,965 | 1,320.0 | 2,594.3 | 776.2 | 1,625.7 | Parametro Estadísticos | Tamaño | n1 | 39 |
| 1,966 | 1,091.7 | 3,686.0 | 591.0 | 2,216.7 | | | n2 | 14 |
| 1,967 | 1,337.5 | 5,023.5 | 917.3 | 3,134.0 | | | n | 53 |
| 1,968 | 1,154.0 | 6,177.5 | 722.7 | 3,856.7 | | Media | X1 | 866.1 |
| 1,969 | 1,247.0 | 7,424.5 | 900.1 | 4,756.8 | | | X2 | 836.6 |
| 1,970 | 1,191.0 | 8,615.5 | 823.1 | 5,579.9 | | Desv. Estan. | S1 | 126.17 |
| 1,971 | 1,818.0 | 10,433.5 | 1,035.0 | 6,614.9 | | | S2 | 160.03 |
| 1,972 | 1,207.8 | 11,641.3 | 774.6 | 7,389.5 | | Varianza | S1^2 | 15918.0 |
| 1,973 | 1,438.1 | 13,079.4 | 939.5 | 8,329.0 | | | S2^2 | 25611.17 |
| 1,974 | 1,104.7 | 14,184.1 | 862.7 | 9,191.7 | | Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. |
| 1,975 | 926.2 | 15,110.3 | 882.1 | 10,073.8 | Desv. Estan. Pond. | | Sp | 135.61 |
| 1,976 | 864.0 | 15,974.3 | 716.3 | 10,790.1 | Desv. Estan. Promedios | | Sd | 42.25 |
| 1,977 | 1,153.5 | 17,127.8 | 902.4 | 11,692.5 | "T" Calculado | | Tc | 0.70 |
| 1,978 | 917.3 | 18,045.1 | 591.2 | 12,283.7 | "T" Tabulado | | Tt | 1.645 |
| 1,979 | 1,125.5 | 19,170.6 | 725.5 | 13,009.2 | Criterio de Decisión | | NO SALTO | |
| 1,980 | 1,066.4 | 20,237.0 | 768.5 | 13,777.7 | Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | NO | |
| 1,981 | 1,078.3 | 21,315.3 | 992.3 | 14,770.0 | | G.L. Numerador | G.L.N. | 13 |
| 1,982 | 1,581.8 | 22,897.1 | 880.8 | 15,650.8 | | G.L. Denominador | G.L.D. | 38 |
| 1,983 | 1,457.7 | 24,354.8 | 888.8 | 16,539.6 | | "F" Tabulado | Fc | 1.61 |
| 1,984 | 1,575.1 | 25,929.9 | 907.0 | 17,446.6 | | "F" Calculado | Ft | 1.92 |
| 1,985 | 1,016.7 | 26,946.6 | 623.2 | 18,069.8 | | Criterio de Decisión | | NO SALTO |
| 1,986 | 683.1 | 27,629.7 | 955.5 | 19,025.3 | Ecuación de Corrección | | | |
| 1,987 | 1,160.9 | 28,790.6 | 861.9 | 19,887.2 | | | | |
| 1,988 | 1,165.7 | 29,956.3 | 784.7 | 20,671.9 | | | | |
| 1,989 | 773.9 | 30,730.2 | 891.1 | 21,563.0 | | | | |
| 1,990 | 1,156.6 | 31,886.8 | 739.3 | 22,302.3 | | | | |
| 1,991 | 2,209.6 | 34,096.4 | 605.3 | 22,907.6 | | | | |
| 1,992 | 1,199.0 | 35,295.4 | 628.1 | 23,535.7 | | | | |
| 1,993 | 2,170.1 | 37,465.5 | 1,185.9 | 24,721.6 | | | | |
| 1,994 | 2,730.0 | 40,195.5 | 1,036.6 | 25,758.2 | | | | |
| 1,995 | 1,461.2 | 41,656.7 | 829.6 | 26,587.8 | | | | |
| 1,996 | 1,610.6 | 43,267.3 | 928.4 | 27,516.2 | | | | |
| 1,997 | 1,765.2 | 45,032.5 | 768.2 | 28,284.4 | | | | |
| 1,998 | 1,751.2 | 46,783.7 | 1,040.4 | 29,324.8 | | | | |
| 1,999 | 1,930.1 | 48,713.8 | 961.7 | 30,286.5 | | | | |
| 2,000 | 1,362.6 | 50,076.4 | 905.3 | 31,191.8 | | | | |
| 2,001 | 1,845.1 | 51,921.5 | 1,082.0 | 32,273.8 | | | | |
| 2,002 | 1,622.6 | 53,544.1 | 877.5 | 33,151.3 | | | | |
| 2,003 | 980.7 | 54,524.8 | 757.5 | 33,908.8 | | | | |
| 2,004 | 1,339.2 | 55,864.0 | 904.0 | 34,812.8 | | | | |
| 2,005 | 1,378.4 | 57,242.4 | 834.2 | 35,647.0 | | | | |
| 2,006 | 1,507.7 | 58,750.1 | 935.6 | 36,582.6 | | | | |
| 2,007 | 1,572.1 | 60,322.2 | 950.8 | 37,533.4 | | | | |
| 2,008 | 1,548.0 | 61,870.2 | 989.8 | 38,523.2 | | | | |
| 2,009 | 1,817.7 | 63,687.9 | 1,175.6 | 39,698.8 | | | | |
| 2,010 | 1,310.3 | 64,998.2 | 838.1 | 40,536.8 | | | | |
| 2,011 | 1,318.9 | 66,317.1 | 759.5 | 41,296.3 | | | | |
| 2,012 | 1,582.9 | 67,899.9 | 935.1 | 42,231.4 | | | | |
| 2,013 | 1,723.8 | 69,623.7 | 811.7 | 43,043.1 | | | | |
| 2,014 | 1,225.3 | 70,849.0 | 741.6 | 43,784.7 | | | | |
| 2,015 | 1,441.2 | 72,290.2 | 972.1 | 44,756.8 | | | | |
| 2,016 | 1,202.0 | 73,492.2 | 734.2 | 45,491.0 | | | | |

| AÑO | ESTACION MAQUI MAQUI | | ESTACION LA LLICA | | Tabla: Analisis de Saltos y Tendencias de la Estación La Llica tomando como estación Base La Estación Maqui Maqui. | | | |
|-------|----------------------|-------------|-------------------|------------|--|--------------------------|-----------------|----------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULA | Periodo 1 (1964-2011) | Periodo 2 (2012-2016) | | |
| 1,964 | 1,035.8 | 1,035.8 | 849.5 | 849.5 | Parametro Estadísticos | Tamaño | n1 | 48 |
| 1,965 | 962.2 | 1,998.0 | 776.2 | 1,625.7 | | n2 | 5 | |
| 1,966 | 941.7 | 2,939.7 | 591.0 | 2,216.7 | | n | 53 | |
| 1,967 | 1,203.1 | 4,142.8 | 917.3 | 3,134.0 | | Media | X1 | 860.3 |
| 1,968 | 1,034.0 | 5,176.8 | 722.7 | 3,856.7 | | | X2 | 839.0 |
| 1,969 | 1,069.8 | 6,246.6 | 900.1 | 4,756.8 | | Desv. Estan. | S1 | 138.12 |
| 1,970 | 1,051.4 | 7,298.0 | 823.1 | 5,579.9 | | | S2 | 109.73 |
| 1,971 | 1,372.0 | 8,670.0 | 1,035.0 | 6,614.9 | | Varianza | S1^2 | 19076.0 |
| 1,972 | 1,015.0 | 9,685.0 | 774.6 | 7,389.5 | | | S2^2 | 12041.17 |
| 1,973 | 1,289.8 | 10,974.8 | 939.5 | 8,329.0 | | Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. |
| 1,974 | 1,060.4 | 12,035.2 | 862.7 | 9,191.7 | Desv. Estan. Pond. | | Sp | 136.10 |
| 1,975 | 907.5 | 12,942.7 | 882.1 | 10,073.8 | Desv. Estan. Promedios | | Sd | 63.96 |
| 1,976 | 869.4 | 13,812.1 | 716.3 | 10,790.1 | "T" Calculado | | Tc | 0.33 |
| 1,977 | 1,108.3 | 14,920.4 | 902.4 | 11,692.5 | "T" Tabulado | | Tt | 1.645 |
| 1,978 | 775.2 | 15,695.6 | 591.2 | 12,283.7 | Criterio de Decisión | | NO SALTO | |
| 1,979 | 1,083.6 | 16,779.2 | 725.5 | 13,009.2 | Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| 1,980 | 1,063.4 | 17,842.6 | 768.5 | 13,777.7 | | G.L. Numerador | G.L.N. | 47 |
| 1,981 | 1,049.3 | 18,891.9 | 992.3 | 14,770.0 | | G.L. Denominador | G.L.D. | 4 |
| 1,982 | 1,221.4 | 20,113.3 | 880.8 | 15,650.8 | | "F" Tabulado | Fc | 1.58 |
| 1,983 | 1,147.5 | 21,260.8 | 888.8 | 16,539.6 | | "F" Calculado | Ft | 5.71 |
| 1,984 | 1,344.7 | 22,605.5 | 907.0 | 17,446.6 | Criterio de Decisión | | NO SALTO | |
| 1,985 | 806.9 | 23,412.4 | 623.2 | 18,069.8 | Ecuación de Corrección | | | |
| 1,986 | 969.9 | 24,382.3 | 955.5 | 19,025.3 | | | | |
| 1,987 | 1,013.8 | 25,396.1 | 861.9 | 19,887.2 | | | | |
| 1,988 | 1,033.4 | 26,429.5 | 784.7 | 20,671.9 | | | | |
| 1,989 | 947.0 | 27,376.5 | 891.1 | 21,563.0 | | | | |
| 1,990 | 1,073.4 | 28,449.9 | 739.3 | 22,302.3 | | | | |
| 1,991 | 1,188.3 | 29,638.2 | 605.3 | 22,907.6 | | | | |
| 1,992 | 1,148.8 | 30,787.0 | 628.1 | 23,535.7 | | | | |
| 1,993 | 1,211.4 | 31,998.4 | 1,185.9 | 24,721.6 | | | | |
| 1,994 | 1,369.1 | 33,367.5 | 1,036.6 | 25,758.2 | | | | |
| 1,995 | 916.6 | 34,284.1 | 829.6 | 26,587.8 | | | | |
| 1,996 | 922.2 | 35,206.3 | 928.4 | 27,516.2 | | | | |
| 1,997 | 771.3 | 35,977.6 | 768.2 | 28,284.4 | | | | |
| 1,998 | 1,013.1 | 36,990.7 | 1,040.4 | 29,324.8 | | | | |
| 1,999 | 1,433.2 | 38,423.9 | 961.7 | 30,286.5 | | | | |
| 2,000 | 1,091.0 | 39,514.9 | 905.3 | 31,191.8 | | | | |
| 2,001 | 1,398.0 | 40,912.9 | 1,082.0 | 32,273.8 | | | | |
| 2,002 | 1,171.5 | 42,084.4 | 877.5 | 33,151.3 | | | | |
| 2,003 | 537.3 | 42,621.7 | 757.5 | 33,908.8 | | | | |
| 2,004 | 965.3 | 43,587.0 | 904.0 | 34,812.8 | | | | |
| 2,005 | 1,414.8 | 45,001.8 | 834.2 | 35,647.0 | | | | |
| 2,006 | 1,473.0 | 46,474.8 | 935.6 | 36,582.6 | | | | |
| 2,007 | 1,298.0 | 47,772.8 | 950.8 | 37,533.4 | | | | |
| 2,008 | 1,321.0 | 49,093.8 | 989.8 | 38,523.2 | | | | |
| 2,009 | 1,761.3 | 50,855.1 | 1,175.6 | 39,698.8 | | | | |
| 2,010 | 1,367.0 | 52,222.1 | 838.1 | 40,536.8 | | | | |
| 2,011 | 1,295.9 | 53,518.0 | 759.5 | 41,296.3 | | | | |
| 2,012 | 1,588.7 | 55,106.7 | 935.1 | 42,231.4 | | | | |
| 2,013 | 1,135.4 | 56,242.1 | 811.7 | 43,043.1 | | | | |
| 2,014 | 1,113.5 | 57,355.6 | 741.6 | 43,784.7 | | | | |
| 2,015 | 1,344.4 | 58,700.0 | 972.1 | 44,756.8 | | | | |
| 2,016 | 950.5 | 59,650.5 | 734.2 | 45,491.0 | | | | |

Análisis de consistencia- estación en estudio Celendín.

| AÑO | ESTACION WEBERBAWER | | ESTACION LA CELENDIN | | Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Celendín tomando como estación Base La Estación Augusto Weberbauer | | | |
|-------|---------------------|----------------|----------------------|---------------|---|--------------------------|-----------------|-----------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULA | Periodo 1 (1964-2011) | Periodo 2 (2012-2016) | | |
| 1,964 | 666.9 | 666.9 | 944.75 | 944.7 | Parametro Estadísticos | Tamaño | n1 | 48 |
| 1,965 | 608.0 | 1,274.9 | 903.66 | 1848.4 | | | n2 | 5 |
| 1,966 | 423.0 | 1,697.9 | 747.06 | 2595.5 | | | n | 53 |
| 1,967 | 670.8 | 2,368.7 | 1019.42 | 3614.9 | | Media | X1 | 967.1 |
| 1,968 | 509.4 | 2,878.1 | 831.35 | 4446.2 | | | X2 | 909.6 |
| 1,969 | 661.7 | 3,539.8 | 959.31 | 5405.5 | | Desv. Estan. | S1 | 184.17 |
| 1,970 | 533.3 | 4,073.1 | 873.48 | 6279.0 | | | S2 | 158.59 |
| 1,971 | 771.8 | 4,844.9 | 1261.39 | 7540.4 | | Varianza | S1^2 | 33918.3 |
| 1,972 | 536.7 | 5,381.6 | 855.44 | 8395.9 | | | S2^2 | 25149.81 |
| 1,973 | 732.6 | 6,114.2 | 1045.29 | 9441.2 | | Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. |
| 1,974 | 637.5 | 6,751.7 | 875.97 | 10317.1 | Desv. Estan. Pond. | | Sp | 182.29 |
| 1,975 | 814.4 | 7,566.1 | 901.10 | 11218.2 | Desv. Estan. Promedios | | Sd | 85.66 |
| 1,976 | 560.8 | 8,126.9 | 751.86 | 11970.1 | "T" Calculado | | Tc | 0.67 |
| 1,977 | 694.4 | 8,821.3 | 958.47 | 12928.5 | "T" Tabulado | | Tt | 1.645 |
| 1,978 | 357.3 | 9,178.6 | 620.93 | 13549.5 | Criterio de Decisión | | NO SALTO | |
| 1,979 | 534.7 | 9,713.3 | 861.13 | 14410.6 | Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| 1,980 | 552.8 | 10,266.1 | 900.95 | 15311.6 | | G.L. Numerador | G.L.N. | 47 |
| 1,981 | 736.1 | 11,002.2 | 962.36 | 16273.9 | | G.L. Denominador | G.L.D. | 4 |
| 1,982 | 717.1 | 11,719.3 | 1101.68 | 17375.6 | | "F" Tabulado | Fc | 1.35 |
| 1,983 | 755.4 | 12,474.7 | 1092.78 | 18468.4 | | "F" Calculado | Ft | 5.7095 |
| 1,984 | 905.8 | 13,380.5 | 1227.32 | 19695.7 | | Criterio de Decisión | | NO SALTO |
| 1,985 | 374.1 | 13,754.6 | 642.58 | 20338.3 | Ecuación de Corrección | | | |
| 1,986 | 544.5 | 14,299.1 | 711.42 | 21049.7 | | | | |
| 1,987 | 534.5 | 14,833.6 | 833.91 | 21883.6 | | | | |
| 1,988 | 676.1 | 15,509.7 | 908.84 | 22792.5 | | | | |
| 1,989 | 629.2 | 16,138.9 | 774.65 | 23567.1 | | | | |
| 1,990 | 607.4 | 16,746.3 | 906.86 | 24474.0 | | | | |
| 1,991 | 507.4 | 17,253.7 | 1160.22 | 25634.2 | | | | |
| 1,992 | 423.1 | 17,676.8 | 815.63 | 26449.8 | | | | |
| 1,993 | 872.0 | 18,548.8 | 1352.08 | 27801.9 | | | | |
| 1,994 | 819.5 | 19,368.3 | 1469.33 | 29271.2 | | | | |
| 1,995 | 514.9 | 19,883.2 | 873.73 | 30145.0 | | | | |
| 1,996 | 584.4 | 20,467.6 | 908.08 | 31053.0 | | | | |
| 1,997 | 635.7 | 21,103.3 | 826.70 | 31879.7 | | | | |
| 1,998 | 767.2 | 21,870.5 | 1021.60 | 32901.3 | | | | |
| 1,999 | 819.8 | 22,690.3 | 1259.20 | 34160.5 | | | | |
| 2,000 | 715.6 | 23,405.9 | 1056.40 | 35216.9 | | | | |
| 2,001 | 908.6 | 24,314.5 | 1322.00 | 36538.9 | | | | |
| 2,002 | 634.9 | 24,949.4 | 1153.60 | 37692.5 | | | | |
| 2,003 | 528.9 | 25,478.3 | 754.80 | 38447.3 | | | | |
| 2,004 | 630.9 | 26,109.2 | 892.30 | 39339.6 | | | | |
| 2,005 | 651.3 | 26,760.5 | 987.60 | 40327.2 | | | | |
| 2,006 | 689.6 | 27,450.1 | 1127.30 | 41454.5 | | | | |
| 2,007 | 746.2 | 28,196.3 | 1065.10 | 42519.6 | | | | |
| 2,008 | 720.9 | 28,917.2 | 919.00 | 43438.6 | | | | |
| 2,009 | 794.3 | 29,711.5 | 1138.10 | 44576.7 | | | | |
| 2,010 | 544.0 | 30,255.5 | 976.00 | 45552.7 | | | | |
| 2,011 | 325.9 | 30,581.4 | 867.96 | 46420.7 | | | | |
| 2,012 | 523.7 | 31,105.1 | 1191.15 | 47611.8 | | | | |
| 2,013 | 402.7 | 31,507.8 | 826.40 | 48438.2 | | | | |
| 2,014 | 483.0 | 31,990.8 | 842.80 | 49281.0 | | | | |
| 2,015 | 806.0 | 32,796.8 | 818.20 | 50099.2 | | | | |
| 2,016 | 536.3 | 33,333.1 | 869.70 | 50968.9 | | | | |

| AÑO | STACION GRANJA PORCO | | ESTACION LA CELENDIN | | Tabla: Analisis de Saltos y Tendencias de la Estación Celendin tomando como estación Base La Estación Granja Porcon | | | |
|-------|----------------------|----------------|----------------------|-----------------|--|------------------------|-----------------|-----------------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA | Periodo 1 | (1964-1969;1981-1994) | | |
| 1,964 | 1,274.3 | 1,274.3 | 944.7 | 944.7 | Periodo 2 | (1970-1980;1995-2016) | | |
| 1,965 | 1,320.0 | 2,594.3 | 903.7 | 1,848.4 | Tamaño | n1 | 20 | |
| 1,966 | 1,091.7 | 3,686.0 | 747.1 | 2,595.5 | | n2 | 33 | |
| 1,967 | 1,337.5 | 5,023.5 | 1,019.4 | 3,614.9 | | n | 53 | |
| 1,968 | 1,154.0 | 6,177.5 | 831.4 | 4,446.2 | Media | X1 | 968.3 | |
| 1,969 | 1,247.0 | 7,424.5 | 959.3 | 5,405.5 | | X2 | 957.7 | |
| 1,970 | 1,191.0 | 8,615.5 | 873.5 | 6,279.0 | Desv. Estan. | S1 | 213.86 | |
| 1,971 | 1,818.0 | 10,433.5 | 1,261.4 | 7,540.4 | | S2 | 161.96 | |
| 1,972 | 1,207.8 | 11,641.3 | 855.4 | 8,395.9 | Varianza | S1^2 | 45734.0 | |
| 1,973 | 1,438.1 | 13,079.4 | 1,045.3 | 9,441.2 | | S2^2 | 26230.15 | |
| 1,974 | 1,104.7 | 14,184.1 | 876.0 | 10,317.1 | Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| 1,975 | 926.2 | 15,110.3 | 901.1 | 11,218.2 | | Desv. Estan. Pond. | Sp | 183.02 |
| 1,976 | 864.0 | 15,974.3 | 751.9 | 11,970.1 | | Desv. Estan. Promedios | Sd | 51.86 |
| 1,977 | 1,153.5 | 17,127.8 | 958.5 | 12,928.5 | | "T" Calculado | Tc | 0.20 |
| 1,978 | 917.3 | 18,045.1 | 620.9 | 13,549.5 | | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| 1,979 | 1,125.5 | 19,170.6 | 861.1 | 14,410.6 | | Criterio de Desición | | NO SALTO |
| 1,980 | 1,066.4 | 20,237.0 | 900.9 | 15,311.6 | Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| 1,981 | 1,078.3 | 21,315.3 | 962.4 | 16,273.9 | | G.L. Numerador | G.L.N. | 19 |
| 1,982 | 1,581.8 | 22,897.1 | 1,101.7 | 17,375.6 | | G.L. Denominador | G.L.D. | 32 |
| 1,983 | 1,457.4 | 24,354.8 | 1,092.8 | 18,468.4 | | "F" Tabulado | Fc | 1.74 |
| 1,984 | 1,575.1 | 25,929.9 | 1,227.3 | 19,695.7 | | "F" Calculado | Ft | 1.93 |
| 1,985 | 1,016.7 | 26,946.6 | 642.6 | 20,338.3 | Criterio de Desición | | NO SALTO | |
| 1,986 | 683.1 | 27,629.7 | 711.4 | 21,049.7 | Ecuación de Corrección | | | |
| 1,987 | 1,160.9 | 28,790.6 | 833.9 | 21,883.6 | | | | |
| 1,988 | 1,165.7 | 29,956.3 | 908.8 | 22,792.5 | | | | |
| 1,989 | 773.9 | 30,730.2 | 774.7 | 23,567.1 | | | | |
| 1,990 | 1,156.6 | 31,886.8 | 906.9 | 24,474.0 | | | | |
| 1,991 | 2,209.6 | 34,096.4 | 1,160.2 | 25,634.2 | | | | |
| 1,992 | 1,199.0 | 35,295.4 | 815.6 | 26,449.8 | | | | |
| 1,993 | 2,170.1 | 37,465.5 | 1,352.1 | 27,801.9 | | | | |
| 1,994 | 2,730.0 | 40,195.5 | 1,469.3 | 29,271.2 | | | | |
| 1,995 | 1,461.2 | 41,656.7 | 873.7 | 30,145.0 | | | | |
| 1,996 | 1,610.6 | 43,267.3 | 908.1 | 31,053.0 | | | | |
| 1,997 | 1,765.2 | 45,032.5 | 826.7 | 31,879.7 | | | | |
| 1,998 | 1,751.2 | 46,783.7 | 1,021.6 | 32,901.3 | | | | |
| 1,999 | 1,930.1 | 48,713.8 | 1,259.2 | 34,160.5 | | | | |
| 2,000 | 1,362.6 | 50,076.4 | 1,056.4 | 35,216.9 | | | | |
| 2,001 | 1,845.1 | 51,921.5 | 1,322.0 | 36,538.9 | | | | |
| 2,002 | 1,622.6 | 53,544.1 | 1,153.6 | 37,692.5 | | | | |
| 2,003 | 980.7 | 54,524.8 | 754.8 | 38,447.3 | | | | |
| 2,004 | 1,339.2 | 55,864.0 | 892.3 | 39,339.6 | | | | |
| 2,005 | 1,378.4 | 57,242.4 | 987.6 | 40,327.2 | | | | |
| 2,006 | 1,507.7 | 58,750.1 | 1,127.3 | 41,454.5 | | | | |
| 2,007 | 1,572.1 | 60,322.2 | 1,065.1 | 42,519.6 | | | | |
| 2,008 | 1,548.0 | 61,870.2 | 919.0 | 43,438.6 | | | | |
| 2,009 | 1,817.7 | 63,687.9 | 1,138.1 | 44,576.7 | | | | |
| 2,010 | 1,310.3 | 64,998.2 | 976.0 | 45,552.7 | | | | |
| 2,011 | 1,318.9 | 66,317.1 | 868.0 | 46,420.7 | | | | |
| 2,012 | 1,582.9 | 67,899.9 | 1,191.1 | 47,611.8 | | | | |
| 2,013 | 1,723.8 | 69,623.7 | 826.4 | 48,438.2 | | | | |
| 2,014 | 1,225.3 | 70,849.0 | 842.8 | 49,281.0 | | | | |
| 2,015 | 1,441.2 | 72,290.2 | 818.2 | 50,099.2 | | | | |
| 2,016 | 1,202.0 | 73,492.2 | 869.7 | 50,968.9 | | | | |

| AÑO | ESTACION MAQUI MAQUI | | ESTACION LA CELENDIN | | Tabla: Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Celendín tomando como estación Base La Estación Maqui Maqui. | | | |
|-------|----------------------|-------------|----------------------|--------------|--|------------------------|-----------------|--------|
| | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULAD | P. ANUAL (mm) | P. ACUMULADA | Periodo 1 | (1964-2000;2008-2012) | | |
| 1,964 | 1,035.8 | 1,035.8 | 944.7 | 944.7 | Periodo 2 | (2001-2007;2013-2016) | | |
| 1,965 | 962.2 | 1,998.0 | 903.7 | 1,848.4 | Parametro Estadísticos | Tamaño | n1 | 42 |
| 1,966 | 941.7 | 2,939.7 | 747.1 | 2,595.5 | | | n2 | 11 |
| 1,967 | 1,203.1 | 4,142.8 | 1,019.4 | 3,614.9 | | | n | 53 |
| 1,968 | 1,034.0 | 5,176.8 | 831.4 | 4,446.2 | | Media | X1 | 959.7 |
| 1,969 | 1,069.8 | 6,246.6 | 959.3 | 5,405.5 | | | X2 | 969.1 |
| 1,970 | 1,051.4 | 7,298.0 | 873.5 | 6,279.0 | | Desv. Estan. | S1 | 184.46 |
| 1,971 | 1,372.0 | 8,670.0 | 1,261.4 | 7,540.4 | S2 | | 177.19 | |
| 1,972 | 1,015.0 | 9,685.0 | 855.4 | 8,395.9 | Varianza | S1^2 | 34024.2 | |
| 1,973 | 1,289.8 | 10,974.8 | 1,045.3 | 9,441.2 | | S2^2 | 31395.30 | |
| 1,974 | 1,060.4 | 12,035.2 | 876.0 | 10,317.1 | Consistencia de la Media | Grados Libertad | G.L. | 51 |
| 1,975 | 907.5 | 12,942.7 | 901.1 | 11,218.2 | | Desv. Estan. Pond. | Sp | 183.05 |
| 1,976 | 869.4 | 13,812.1 | 751.9 | 11,970.1 | | Desv. Estan. Promedios | Sd | 62.00 |
| 1,977 | 1,108.3 | 14,920.4 | 958.5 | 12,928.5 | | "T" Calculado | Tc | 0.15 |
| 1,978 | 775.2 | 15,695.6 | 620.9 | 13,549.5 | | "T" Tabulado | Tt | 1.645 |
| 1,979 | 1,083.6 | 16,779.2 | 861.1 | 14,410.6 | | Criterio de Desición | NO SALTO | |
| 1,980 | 1,063.4 | 17,842.6 | 900.9 | 15,311.6 | Consistencia Varianza | S1^2 > S2^2 | SI | |
| 1,981 | 1,049.3 | 18,891.9 | 962.4 | 16,273.9 | | G.L. Numerador | G.L.N. | 41 |
| 1,982 | 1,221.4 | 20,113.3 | 1,101.7 | 17,375.6 | | G.L. Denominador | G.L.D. | 10 |
| 1,983 | 1,147.5 | 21,260.8 | 1,092.8 | 18,468.4 | | "F" Tabulado | Fc | 1.08 |
| 1,984 | 1,344.7 | 22,605.5 | 1,227.3 | 19,695.7 | | "F" Calculado | Ft | 2.66 |
| 1,985 | 806.9 | 23,412.4 | 642.6 | 20,338.3 | | Criterio de Desición | NO SALTO | |
| 1,986 | 969.9 | 24,382.3 | 711.4 | 21,049.7 | Ecuación de Corrección | | | |
| 1,987 | 1,013.8 | 25,396.1 | 833.9 | 21,883.6 | | | | |
| 1,988 | 1,033.4 | 26,429.5 | 908.8 | 22,792.5 | | | | |
| 1,989 | 947.0 | 27,376.5 | 774.7 | 23,567.1 | | | | |
| 1,990 | 1,073.4 | 28,449.9 | 906.9 | 24,474.0 | | | | |
| 1,991 | 1,188.3 | 29,638.2 | 1,160.2 | 25,634.2 | | | | |
| 1,992 | 1,148.8 | 30,787.0 | 815.6 | 26,449.8 | | | | |
| 1,993 | 1,211.4 | 31,998.4 | 1,352.1 | 27,801.9 | | | | |
| 1,994 | 1,369.1 | 33,367.5 | 1,469.3 | 29,271.2 | | | | |
| 1,995 | 916.6 | 34,284.1 | 873.7 | 30,145.0 | | | | |
| 1,996 | 922.2 | 35,206.3 | 908.1 | 31,053.0 | | | | |
| 1,997 | 771.3 | 35,977.6 | 826.7 | 31,879.7 | | | | |
| 1,998 | 1,013.1 | 36,990.7 | 1,021.6 | 32,901.3 | | | | |
| 1,999 | 1,433.2 | 38,423.9 | 1,259.2 | 34,160.5 | | | | |
| 2,000 | 1,091.0 | 39,514.9 | 1,056.4 | 35,216.9 | | | | |
| 2,001 | 1,398.0 | 40,912.9 | 1,322.0 | 36,538.9 | | | | |
| 2,002 | 1,171.5 | 42,084.4 | 1,153.6 | 37,692.5 | | | | |
| 2,003 | 537.3 | 42,621.7 | 754.8 | 38,447.3 | | | | |
| 2,004 | 965.3 | 43,587.0 | 892.3 | 39,339.6 | | | | |
| 2,005 | 1,414.8 | 45,001.8 | 987.6 | 40,327.2 | | | | |
| 2,006 | 1,473.0 | 46,474.8 | 1,127.3 | 41,454.5 | | | | |
| 2,007 | 1,298.0 | 47,772.8 | 1,065.1 | 42,519.6 | | | | |
| 2,008 | 1,321.0 | 49,093.8 | 919.0 | 43,438.6 | | | | |
| 2,009 | 1,761.3 | 50,855.1 | 1,138.1 | 44,576.7 | | | | |
| 2,010 | 1,367.0 | 52,222.1 | 976.0 | 45,552.7 | | | | |
| 2,011 | 1,295.9 | 53,518.0 | 868.0 | 46,420.7 | | | | |
| 2,012 | 1,588.7 | 55,106.7 | 1,191.1 | 47,611.8 | | | | |
| 2,013 | 1,135.4 | 56,242.1 | 826.4 | 48,438.2 | | | | |
| 2,014 | 1,113.5 | 57,355.6 | 842.8 | 49,281.0 | | | | |
| 2,015 | 1,344.4 | 58,700.0 | 818.2 | 50,099.2 | | | | |
| 2,016 | 950.5 | 59,650.5 | 869.7 | 50,968.9 | | | | |

A.3. REGISTRO DE AFOROS REALIZADOS

Aforos del río Chonta tomando una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación “El Chicche”

CÁLCULO DEL CAUDAL MEDIANTE EL AFORO CON EL CORRENTÓMETRO EN EL “RÍO CHONTA”

Lugar: Río Chonta
 Ubicación: aguas arriba de la bocatoma el chicche 100 m aproximadamente
 ESTE 787240 m
 NORTE 9215990 m
 ALTITUD 2909 m.s.n.m.
 Fecha de aforo: C/06/01/18
 Hora del aforo: 11:00:00
 Clima: Soleado
 Clima al día anterior al aforo:
 Agua: Clara
 Integrante: CRISÓLOGO CARRANZA, EDISON NÉVEL

Fórmula a usar:

$$Q = V * A$$

SECCIÓN 1

| | |
|---------------------|-------|
| Distancia total (m) | 9.600 |
|---------------------|-------|

| TRAMOS | Equidistancia entre sub-tramos (m) | Distancia acumulada de sub-tramos (m) | Altura Total Yi (m) | Velocidad máx Vi (m/s) | Velocidad med Vi (m/s) | Área | | Caudal | |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | | | | | Ai (m ²) | Qi (m ³ /s) | Qi (m ³ /s) | Qi (m ³ /s) |
| Margen derecha | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | 0.4 | 0.400 | 0.285 | 0.500 | 0.400 | 0.114 | 0.057 | 0.046 | 0.046 |
| 2 | 0.4 | 0.800 | 0.290 | 0.900 | 0.800 | 0.116 | 0.104 | 0.093 | 0.093 |
| 3 | 0.4 | 1.200 | 0.240 | 0.800 | 0.700 | 0.096 | 0.077 | 0.067 | 0.067 |
| 4 | 0.4 | 1.600 | 0.330 | 1.000 | 0.800 | 0.132 | 0.132 | 0.106 | 0.106 |
| 5 | 0.4 | 2.000 | 0.375 | 1.000 | 0.900 | 0.150 | 0.150 | 0.135 | 0.135 |
| 6 | 0.4 | 2.400 | 0.435 | 0.800 | 0.700 | 0.174 | 0.139 | 0.122 | 0.122 |
| 7 | 0.4 | 2.800 | 0.445 | 0.800 | 0.600 | 0.178 | 0.142 | 0.107 | 0.107 |
| 8 | 0.4 | 3.200 | 0.595 | 1.100 | 1.000 | 0.238 | 0.262 | 0.238 | 0.238 |
| 9 | 0.4 | 3.600 | 0.555 | 1.000 | 0.800 | 0.222 | 0.222 | 0.178 | 0.178 |
| 10 | 0.4 | 4.000 | 0.610 | 1.100 | 1.000 | 0.244 | 0.268 | 0.244 | 0.244 |
| 11 | 0.4 | 4.400 | 0.590 | 0.900 | 0.800 | 0.236 | 0.212 | 0.189 | 0.189 |
| 12 | 0.4 | 4.800 | 0.575 | 1.000 | 0.800 | 0.230 | 0.230 | 0.184 | 0.184 |
| 13 | 0.4 | 5.200 | 0.585 | 1.000 | 0.900 | 0.234 | 0.234 | 0.211 | 0.211 |
| 14 | 0.4 | 5.600 | 0.605 | 0.900 | 0.700 | 0.242 | 0.218 | 0.169 | 0.169 |
| 15 | 0.4 | 6.000 | 0.600 | 0.800 | 0.700 | 0.240 | 0.192 | 0.168 | 0.168 |
| 16 | 0.4 | 6.400 | 0.515 | 0.900 | 0.800 | 0.206 | 0.185 | 0.165 | 0.165 |
| 17 | 0.4 | 6.800 | 0.480 | 0.600 | 0.400 | 0.192 | 0.115 | 0.077 | 0.077 |
| 18 | 0.4 | 7.200 | 0.405 | 0.600 | 0.500 | 0.162 | 0.097 | 0.081 | 0.081 |
| 19 | 0.4 | 7.600 | 0.380 | 0.600 | 0.500 | 0.152 | 0.091 | 0.076 | 0.076 |
| 20 | 0.4 | 8.000 | 0.380 | 0.600 | 0.500 | 0.152 | 0.091 | 0.076 | 0.076 |
| 21 | 0.4 | 8.400 | 0.345 | 0.500 | 0.400 | 0.138 | 0.069 | 0.055 | 0.055 |
| 22 | 0.4 | 8.800 | 0.330 | 0.500 | 0.400 | 0.132 | 0.066 | 0.053 | 0.053 |
| 23 | 0.4 | 9.200 | 0.215 | 0.300 | 0.200 | 0.086 | 0.026 | 0.017 | 0.017 |
| 24 | 0.4 | 9.600 | 0.000 | 0.000 | 0.200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Margen izquierda | 0 | 9.600 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Total | | 9.600 | | | Total | 4.066 | 3.381 | 2.855 | |

Formato de aforo del rio chonta- utilizando tubo de Pitot

Lugar: Río Chonta
 Ubicación: aguas arriba de la bocatoma el chicche 100 m aproximadamente
 ESTE 787240 m
 NORTE 9215990 m
 ALTITUD 2909 m.s.n.m.
 Fecha de aforo: C/18/11/17
 Hora del aforo: 11:00:00
 Clima: Soleado
 Clima al día anterior al afo No llovió el día anterior
 Agua: Clara
 Integrante: CRISÓLOGO CARRANZA, EDISON NÉVEL

Fórmula a usar:

$$Q = V * A$$

| TRAMOS | PROFUNDID AD(cm) | PROFUNDID AD.60% (cm) | H Final | Δh(cm) | v(m/s) | AREA(m2) | CAUDAL(m3/S) |
|----------|---------------------|--------------------------|---------|--------|------------|----------|--------------|
| Tramo 1 | 3.00 | 1.8 | 2 | 0.2 | 0.19809089 | 0.0075 | 0.001 |
| Tramo 2 | 6.50 | 3.9 | 4.2 | 0.3 | 0.2426108 | 0.01625 | 0.004 |
| Tramo 3 | 11.50 | 6.9 | 7.2 | 0.3 | 0.2426108 | 0.02875 | 0.007 |
| Tramo 4 | 23.50 | 14.1 | 14.5 | 0.4 | 0.28014282 | 0.05875 | 0.016 |
| Tramo 5 | 35.00 | 21 | 22.1 | 1.1 | 0.46456431 | 0.0875 | 0.041 |
| Tramo 6 | 34.00 | 20.4 | 21 | 0.6 | 0.34310348 | 0.085 | 0.029 |
| Tramo 7 | 37.50 | 22.5 | 23.1 | 0.6 | 0.34310348 | 0.09375 | 0.032 |
| Tramo 8 | 43.00 | 25.8 | 26.8 | 1 | 0.44294469 | 0.1075 | 0.048 |
| Tramo 9 | 44.00 | 26.4 | 27.1 | 0.7 | 0.37059412 | 0.11 | 0.041 |
| Tramo 10 | 43.00 | 25.8 | 26.4 | 0.6 | 0.34310348 | 0.1075 | 0.037 |
| Tramo 11 | 47.00 | 28.2 | 28.8 | 0.6 | 0.34310348 | 0.1175 | 0.040 |
| Tramo 12 | 48.00 | 28.8 | 29.6 | 0.8 | 0.39618178 | 0.12 | 0.048 |
| Tramo 13 | 35.00 | 21 | 22.1 | 1.1 | 0.46456431 | 0.0875 | 0.041 |
| Tramo 14 | 35.50 | 21.3 | 22 | 0.7 | 0.37059412 | 0.08875 | 0.033 |
| Tramo 15 | 32.00 | 19.2 | 19.8 | 0.6 | 0.34310348 | 0.08 | 0.027 |
| Tramo 16 | 19.00 | 11.4 | 12.1 | 0.7 | 0.37059412 | 0.0475 | 0.018 |
| Tramo 17 | 21.00 | 12.6 | 12.9 | 0.3 | 0.2426108 | 0.0525 | 0.013 |
| Tramo 18 | 22.50 | 13.5 | 14.2 | 0.7 | 0.37059412 | 0.05625 | 0.021 |
| Tramo 19 | 22.00 | 13.2 | 13.6 | 0.4 | 0.28014282 | 0.055 | 0.015 |
| Tramo 20 | 8.00 | 4.8 | 5 | 0.2 | 0.19809089 | 0.02 | 0.004 |
| Tramo 21 | | | | | | | |
| Tramo 22 | | | | | | | |
| | | | | | | | 0.516 |

A.4. Resumen de aforos de la cuenca Chonta

Tabla 32: Caudales promedio del río Chonta (m^3/s) aforados en una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación de la central hidroeléctrica el Chicche.

| CUADRO DE RESUMÉN DE AFOROS | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| MES | CAUDAL (m^3/s) |
| AGOSTO | 0.518 |
| SEPTIEMBRE | 0.721 |
| OCTUBRE | 0.885 |
| NOVIEMBRE | 0.649 |
| ENERO | 3.353 |
| FEBRERO | 2.777 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Aforo del río Chonta en una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación el Chicche- tubo de Pitot.



Figura 33. Aforo del río Chonta en una sección ubicada 100 m aguas arriba de la captación el Chicche- tubo de Pitot.



Tabla 34: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 1° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 105.02 | 99.06 | 142.70 | 76.02 | 42.74 | 8.94 | 10.40 | 15.60 | 40.66 | 104.58 | 106.38 | 96.06 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 64.60 | 79.36 | 110.12 | 113.34 | 38.36 | 5.10 | 6.92 | 10.88 | 41.54 | 129.10 | 91.12 | 116.02 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 124.96 | 150.64 | 157.98 | 95.08 | 71.08 | 18.38 | 9.24 | 10.94 | 85.82 | 172.82 | 165.12 | 162.26 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 91.68 | 98.52 | 108.24 | 91.78 | 29.42 | 16.46 | 12.98 | 24.60 | 59.66 | 102.40 | 62.38 | 73.22 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 96.89 | 114.78 | 152.51 | 76.07 | 35.31 | 4.90 | 8.21 | 5.22 | 42.23 | 138.22 | 110.09 | 104.82 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 80.98 | 82.24 | 88.46 | 51.44 | 28.26 | 5.42 | 8.94 | 7.92 | 32.88 | 78.42 | 59.66 | 51.00 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 146.92 | 179.30 | 140.96 | 123.02 | 54.68 | 8.76 | 15.68 | 25.96 | 92.76 | 149.14 | 176.38 | 121.94 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 90.48 | 142.30 | 145.54 | 75.64 | 42.84 | 8.06 | 11.10 | 14.04 | 70.24 | 140.22 | 120.10 | 174.80 |

Tabla 35: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 2° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 81.36 | 86.58 | 182.96 | 89.50 | 26.92 | 15.38 | 9.36 | 22.18 | 44.56 | 94.14 | 123.56 | 117.94 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 57.04 | 71.42 | 113.14 | 128.54 | 24.66 | 28.50 | 6.04 | 7.92 | 51.02 | 124.74 | 101.50 | 114.66 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 127.02 | 163.12 | 201.16 | 121.84 | 80.74 | 33.84 | 12.92 | 17.60 | 104.46 | 135.84 | 177.28 | 180.24 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 92.70 | 93.52 | 148.10 | 112.18 | 40.04 | 29.28 | 11.12 | 14.08 | 63.08 | 81.78 | 96.06 | 112.52 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 90.61 | 102.86 | 234.60 | 104.85 | 34.03 | 20.86 | 9.33 | 8.66 | 40.65 | 111.95 | 117.28 | 123.30 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 64.44 | 70.32 | 128.90 | 73.90 | 17.76 | 17.08 | 6.58 | 14.36 | 36.18 | 69.02 | 67.66 | 81.02 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 123.36 | 136.70 | 252.00 | 159.16 | 68.84 | 49.52 | 26.78 | 49.78 | 87.72 | 99.90 | 185.22 | 141.40 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 111.64 | 152.90 | 207.42 | 106.64 | 50.68 | 37.08 | 12.66 | 16.58 | 60.58 | 122.98 | 121.60 | 158.84 |

Tabla 36: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 3° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 130.30 | 139.86 | 154.00 | 75.56 | 60.96 | 12.46 | 9.68 | 16.28 | 43.02 | 72.42 | 72.82 | 72.44 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 77.20 | 121.74 | 135.56 | 124.34 | 53.52 | 13.92 | 6.34 | 9.90 | 45.74 | 99.52 | 84.12 | 91.46 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 123.32 | 146.84 | 169.20 | 121.40 | 69.82 | 22.52 | 7.82 | 11.18 | 72.54 | 121.02 | 168.32 | 142.36 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 92.52 | 121.52 | 123.24 | 81.42 | 37.98 | 26.70 | 9.70 | 23.20 | 56.44 | 66.90 | 69.08 | 82.24 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 102.25 | 115.46 | 165.63 | 84.59 | 43.79 | 12.30 | 5.90 | 5.62 | 24.85 | 84.09 | 92.40 | 84.79 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 85.74 | 106.00 | 113.26 | 52.80 | 41.10 | 12.44 | 5.14 | 10.24 | 27.20 | 52.14 | 59.88 | 46.94 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 136.18 | 122.50 | 149.28 | 135.82 | 57.72 | 27.20 | 10.66 | 25.30 | 43.48 | 85.50 | 104.00 | 95.50 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 108.58 | 152.04 | 134.50 | 91.72 | 47.00 | 18.44 | 10.72 | 14.14 | 35.12 | 81.78 | 118.68 | 131.44 |

Tabla 37: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 4° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 84.32 | 105.42 | 140.46 | 76.76 | 25.36 | 11.40 | 8.22 | 10.68 | 35.46 | 100.84 | 100.78 | 112.68 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 78.90 | 78.92 | 128.90 | 120.30 | 52.30 | 15.78 | 5.54 | 10.20 | 29.78 | 142.86 | 75.70 | 122.90 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 119.42 | 144.64 | 275.56 | 116.64 | 73.86 | 18.20 | 8.92 | 13.72 | 87.78 | 163.06 | 170.38 | 149.18 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 92.68 | 104.82 | 128.56 | 88.36 | 30.10 | 15.64 | 8.26 | 20.86 | 57.48 | 92.28 | 107.18 | 104.96 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 93.65 | 120.53 | 209.63 | 87.90 | 34.60 | 7.27 | 6.62 | 4.42 | 34.31 | 155.56 | 104.62 | 124.67 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 77.10 | 97.76 | 111.54 | 58.90 | 21.44 | 8.28 | 5.92 | 8.66 | 24.20 | 95.68 | 55.66 | 94.08 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 115.84 | 172.38 | 241.70 | 116.34 | 63.96 | 12.38 | 13.68 | 13.26 | 73.90 | 149.66 | 150.40 | 138.44 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 107.98 | 143.54 | 178.04 | 105.88 | 48.34 | 11.98 | 10.52 | 14.68 | 62.66 | 160.92 | 131.46 | 137.04 |

Tabla 38: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 5° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 107.50 | 138.28 | 99.42 | 94.84 | 43.28 | 6.70 | 8.02 | 22.64 | 43.60 | 96.52 | 82.64 | 97.20 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 103.62 | 123.42 | 97.44 | 78.88 | 37.68 | 8.82 | 11.02 | 9.02 | 31.08 | 95.94 | 102.80 | 115.36 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 141.94 | 146.90 | 166.24 | 142.78 | 79.12 | 21.62 | 8.52 | 14.78 | 74.66 | 122.94 | 175.76 | 160.26 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 92.86 | 121.40 | 98.54 | 109.26 | 41.54 | 20.96 | 11.82 | 36.10 | 52.44 | 74.74 | 88.44 | 78.36 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 103.61 | 120.17 | 121.95 | 92.76 | 44.19 | 9.15 | 8.20 | 7.23 | 31.44 | 100.85 | 115.40 | 109.84 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 68.32 | 104.88 | 68.36 | 77.98 | 32.08 | 7.10 | 8.04 | 19.36 | 36.82 | 52.92 | 65.08 | 66.06 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 175.20 | 143.88 | 98.24 | 108.80 | 76.84 | 17.80 | 18.64 | 18.10 | 52.64 | 122.80 | 169.08 | 118.28 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 111.24 | 153.82 | 131.38 | 96.36 | 55.00 | 20.38 | 10.56 | 17.88 | 41.80 | 97.22 | 134.38 | 163.72 |

Tabla 39: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 6° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|-------|--------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 94.62 | 107.28 | 151.36 | 79.48 | 30.24 | 12.38 | 7.44 | 9.22 | 47.56 | 99.62 | 116.22 | 106.62 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 63.72 | 122.34 | 149.26 | 134.52 | 40.06 | 20.84 | 2.08 | 6.58 | 47.46 | 126.90 | 92.12 | 116.24 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 102.94 | 147.24 | 182.94 | 125.86 | 73.08 | 25.72 | 5.28 | 8.02 | 102.40 | 190.44 | 155.12 | 154.20 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 89.48 | 97.48 | 133.38 | 97.28 | 38.14 | 32.34 | 8.54 | 10.88 | 63.92 | 93.24 | 72.92 | 72.34 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 88.23 | 119.24 | 208.09 | 106.11 | 43.49 | 13.47 | 2.47 | 3.05 | 45.38 | 140.55 | 107.84 | 123.97 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 69.24 | 92.26 | 109.42 | 63.48 | 25.00 | 13.02 | 2.46 | 5.24 | 35.20 | 78.54 | 60.94 | 53.02 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 126.16 | 184.48 | 238.92 | 204.52 | 109.80 | 24.82 | 0.18 | 8.60 | 96.60 | 150.66 | 161.02 | 196.08 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 94.62 | 137.90 | 179.52 | 96.04 | 45.04 | 25.62 | 7.00 | 11.78 | 77.96 | 145.86 | 122.66 | 169.78 |

Tabla 40: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 7° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 100.84 | 133.22 | 153.56 | 104.76 | 30.16 | 10.88 | 6.48 | 9.64 | 36.26 | 92.08 | 121.82 | 125.54 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 84.36 | 163.18 | 212.86 | 126.92 | 42.92 | 13.00 | 2.00 | 5.62 | 35.68 | 110.52 | 91.92 | 111.52 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 102.56 | 180.52 | 176.70 | 127.20 | 101.36 | 18.56 | 7.04 | 7.96 | 65.24 | 147.32 | 158.22 | 132.38 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 69.94 | 130.74 | 159.94 | 118.00 | 52.70 | 17.10 | 5.58 | 5.60 | 50.56 | 117.88 | 92.34 | 100.26 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 97.57 | 156.04 | 211.85 | 133.91 | 49.67 | 5.53 | 3.80 | 2.16 | 27.96 | 134.91 | 99.92 | 96.57 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 79.12 | 120.96 | 130.08 | 73.86 | 20.14 | 6.76 | 4.14 | 8.20 | 20.48 | 65.64 | 64.22 | 70.74 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 233.86 | 316.12 | 296.84 | 208.16 | 133.58 | 19.88 | 18.16 | 23.22 | 71.26 | 197.22 | 175.52 | 169.82 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 82.38 | 168.50 | 149.78 | 103.60 | 76.72 | 15.06 | 4.36 | 4.84 | 35.14 | 112.00 | 128.90 | 117.18 |

Tabla 41: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 8° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 106.06 | 145.68 | 140.60 | 90.62 | 49.14 | 12.54 | 9.42 | 9.98 | 56.60 | 82.46 | 115.30 | 123.26 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 95.42 | 138.62 | 176.76 | 150.54 | 60.72 | 26.80 | 3.80 | 8.22 | 64.50 | 83.46 | 110.80 | 118.64 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 130.56 | 174.72 | 250.74 | 133.00 | 83.10 | 28.76 | 17.22 | 9.66 | 105.06 | 103.60 | 140.60 | 182.90 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 105.16 | 122.92 | 135.08 | 97.04 | 36.04 | 32.34 | 12.54 | 16.48 | 60.80 | 71.76 | 97.82 | 128.82 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 128.26 | 167.92 | 242.74 | 88.26 | 38.78 | 25.68 | 8.82 | 3.46 | 48.44 | 90.62 | 112.72 | 153.50 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 82.02 | 125.36 | 132.54 | 63.64 | 39.20 | 14.36 | 10.12 | 5.72 | 40.36 | 42.82 | 75.72 | 89.70 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 161.24 | 256.52 | 281.68 | 125.48 | 106.04 | 38.88 | 16.24 | 8.26 | 119.42 | 111.60 | 139.32 | 183.54 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 127.48 | 179.68 | 179.56 | 92.20 | 55.96 | 31.08 | 11.52 | 10.82 | 77.24 | 81.16 | 98.44 | 181.06 |

Tabla 42: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 9° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 114.27 | 120.15 | 148.81 | 93.25 | 35.19 | 14.01 | 8.52 | 15.28 | 44.26 | 109.79 | 103.34 | 117.02 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 95.25 | 104.84 | 204.71 | 147.28 | 42.71 | 18.08 | 9.72 | 5.96 | 41.81 | 145.98 | 94.98 | 113.22 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 106.64 | 176.57 | 268.39 | 142.40 | 73.70 | 27.48 | 18.99 | 17.65 | 74.68 | 219.86 | 181.99 | 173.46 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 104.13 | 105.53 | 158.03 | 109.89 | 52.12 | 25.77 | 8.81 | 15.83 | 53.88 | 88.88 | 78.28 | 121.74 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 83.84 | 100.16 | 212.52 | 91.84 | 25.78 | 8.56 | 9.32 | 7.46 | 39.32 | 162.06 | 134.10 | 123.30 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 75.96 | 85.72 | 136.12 | 76.92 | 12.74 | 12.80 | 8.96 | 9.34 | 34.90 | 82.60 | 76.78 | 74.94 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 161.92 | 201.08 | 292.38 | 147.36 | 72.70 | 40.36 | 20.94 | 14.60 | 79.82 | 138.80 | 138.70 | 160.42 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 112.34 | 157.58 | 222.12 | 111.42 | 42.82 | 23.78 | 21.64 | 25.46 | 49.76 | 187.24 | 151.84 | 188.42 |

Tabla 43: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 10° periodo.

| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 129.85 | 123.11 | 159.13 | 102.29 | 50.22 | 11.63 | 10.36 | 14.34 | 20.40 | 94.60 | 105.98 | 114.06 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 103.21 | 111.52 | 165.25 | 128.59 | 64.60 | 15.79 | 6.22 | 9.07 | 17.59 | 118.20 | 99.37 | 116.25 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 151.64 | 163.82 | 223.94 | 147.54 | 103.06 | 23.89 | 12.82 | 12.16 | 40.21 | 152.80 | 167.79 | 169.22 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 116.77 | 114.06 | 144.51 | 118.59 | 52.28 | 24.06 | 11.94 | 18.27 | 26.97 | 87.65 | 85.93 | 102.96 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 134.83 | 123.65 | 182.87 | 102.98 | 54.18 | 8.52 | 10.51 | 8.98 | 25.15 | 107.23 | 117.46 | 123.56 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 74.22 | 78.20 | 107.94 | 59.56 | 26.80 | 6.12 | 4.56 | 1.86 | 12.36 | 51.20 | 41.04 | 54.26 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 204.97 | 214.23 | 253.31 | 180.00 | 109.02 | 32.18 | 24.10 | 29.52 | 29.98 | 137.58 | 131.64 | 204.18 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 184.26 | 184.44 | 211.14 | 144.78 | 97.32 | 25.50 | 15.46 | 20.86 | 32.64 | 148.26 | 201.76 | 163.24 |

Tabla 44: Precipitaciones promedio para los 12 meses – 11° periodo.

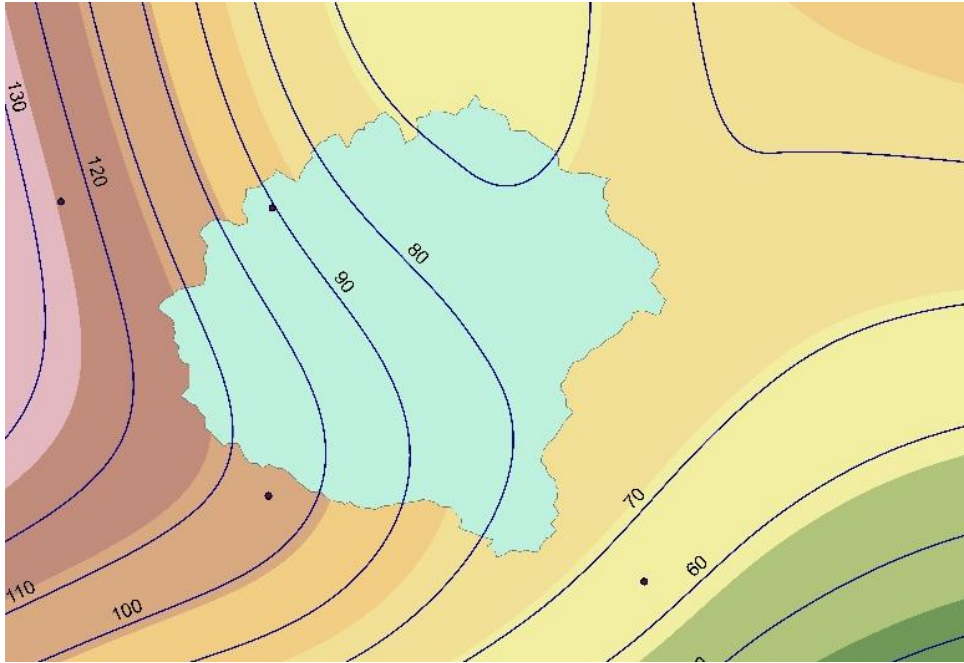
| ID | X | Y | E | F | M | A | MA | JUN | JUL | AG | SE | OC | NOV | DIC |
|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|
| HUACATAZ | 779848 | 9216276 | 144.87 | 94.15 | 164.35 | 71.99 | 47.69 | 3.14 | 3.82 | 13.14 | 42.56 | 51.84 | 98.65 | 115.43 |
| LA ENCAÑADA | 796408 | 9212494 | 138.20 | 96.67 | 191.20 | 82.13 | 62.37 | 8.80 | 2.13 | 0.83 | 36.27 | 68.27 | 91.50 | 120.93 |
| LA QUINUA | 770705 | 9229234 | 169.17 | 125.29 | 231.27 | 103.83 | 97.86 | 6.45 | 4.73 | 11.14 | 83.89 | 83.74 | 156.20 | 171.25 |
| LA LLICA | 774465 | 9249469 | 130.27 | 87.23 | 149.24 | 83.46 | 49.64 | 6.50 | 4.40 | 16.74 | 56.27 | 48.03 | 79.99 | 104.20 |
| CELENDIN | 815580 | 9241571 | 119.20 | 113.40 | 177.90 | 80.57 | 70.27 | 2.97 | 1.73 | 2.13 | 21.47 | 82.07 | 59.50 | 112.37 |
| A. WEBERBAUER | 777793 | 9207072 | 106.37 | 60.57 | 136.53 | 53.87 | 37.33 | 3.30 | 2.80 | 6.67 | 26.27 | 35.03 | 65.70 | 74.00 |
| G. PORCON | 761446 | 9221440 | 223.70 | 157.73 | 229.27 | 117.87 | 91.50 | 2.63 | 6.43 | 18.10 | 79.87 | 75.23 | 129.53 | 157.63 |
| MAQUI MAQUI | 780019 | 9228957 | 173.72 | 144.82 | 204.69 | 89.07 | 75.08 | 8.36 | 5.43 | 17.06 | 54.79 | 67.98 | 123.38 | 171.75 |

A.6. Precipitación media mensual y precipitación efectiva de la cuenca.

Se generó mapas de Isoyetas para cada mes de los 11 periodos, como se muestra para el mes de enero del 1° periodo.

Se generan el mapa de Isoyetas con las precipitaciones de las 8 estaciones en estudio en este caso para el mes de enero.

Figura 34. Mapa de Isoyetas de precipitación para el mes de enero del 1° periodo.



| MES: ENERO | | ISOYETAS DE PRECIPITACION | | P. Media | A*P. Media |
|------------|---------------|---------------------------|--------|----------|------------|
| POLIG. | A. PARC.(KM2) | | | | |
| 1.00 | 13.03 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 912.04 |
| 2.00 | 108.66 | 70.00 | 80.00 | 75.00 | 8149.20 |
| 3.00 | 64.93 | 80.00 | 90.00 | 85.00 | 5519.27 |
| 4.00 | 45.78 | 90.00 | 100.00 | 95.00 | 4349.06 |
| 5.00 | 33.79 | 100.00 | 110.00 | 105.00 | 3548.32 |
| 6.00 | 9.25 | 110.00 | 120.00 | 115.00 | 1064.17 |
| SUMA | 275.44 | | | | 23542.06 |

La precipitación media de la cuenca para el mes de enero será:

$$\frac{23542.06}{275.44} = 85.47$$

De manera similar se procede para determinar la precipitación media de la cuenca para los demás meses y para los periodos restantes, logrando obtener la tabla N° 44.

Tabla 45: Planilla de precipitación media mensual (mm) generada en la cuenca del río Chonta.

| PERIODO | ENE | FEB | MAR | ABRIL | MAYO | JUNIO | JUNIO | AGOST | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 1964-4968 | 85.47 | 121.01 | 140.29 | 84.55 | 35.71 | 7.16 | 12.06 | 14.93 | 54.73 | 124.08 | 107.31 | 149.19 | 936.49 |
| 1969-1973 | 91.38 | 117.36 | 190.93 | 108.74 | 33.10 | 31.26 | 11.75 | 19.07 | 45.75 | 114.25 | 113.16 | 136.54 | 1013.29 |
| 1974-1978 | 110.30 | 145.54 | 138.08 | 91.58 | 47.92 | 16.49 | 8.99 | 14.83 | 30.38 | 74.55 | 85.13 | 106.13 | 869.91 |
| 1979-1983 | 94.24 | 122.72 | 138.73 | 101.80 | 37.47 | 8.61 | 8.73 | 13.05 | 43.82 | 142.35 | 108.43 | 127.06 | 947.02 |
| 1984-1988 | 107.22 | 147.16 | 113.53 | 82.03 | 45.36 | 14.30 | 10.00 | 17.72 | 31.78 | 96.27 | 107.55 | 138.67 | 911.60 |
| 1989-1993 | 91.38 | 128.70 | 162.76 | 101.33 | 37.23 | 21.43 | 4.92 | 9.68 | 59.42 | 120.26 | 115.29 | 156.85 | 1009.26 |
| 1994-1998 | 93.91 | 167.25 | 166.33 | 114.34 | 56.16 | 12.66 | 4.32 | 6.57 | 31.66 | 106.64 | 121.11 | 124.35 | 1005.29 |
| 1999-2003 | 120.62 | 172.40 | 153.77 | 97.76 | 53.19 | 26.76 | 8.28 | 12.30 | 65.66 | 83.13 | 100.60 | 158.27 | 1052.74 |
| 2004-2008 | 117.36 | 138.68 | 189.11 | 108.99 | 36.24 | 20.34 | 16.09 | 20.70 | 43.44 | 125.31 | 121.62 | 163.13 | 1101.01 |
| 2009-2013 | 173.05 | 168.68 | 186.13 | 137.93 | 80.95 | 21.05 | 13.46 | 21.35 | 25.24 | 132.57 | 171.15 | 145.45 | 1277.01 |
| 2014-2016 | 168.38 | 134.14 | 180.90 | 83.15 | 61.60 | 7.19 | 5.00 | 15.24 | 41.59 | 63.27 | 103.85 | 151.54 | 1015.85 |
| MEDIA | 113.94 | 142.15 | 160.05 | 101.11 | 47.72 | 17.02 | 9.42 | 15.04 | 43.04 | 107.52 | 114.11 | 141.56 | 1012.68 |
| DESV. ESTANDAR | 30.32 | 19.95 | 25.48 | 16.48 | 14.52 | 7.97 | 3.76 | 4.55 | 12.89 | 25.31 | 21.47 | 17.17 | 109.58 |
| MIN | 85.47 | 117.36 | 113.53 | 82.03 | 33.10 | 7.16 | 4.32 | 6.57 | 25.24 | 63.27 | 85.13 | 106.13 | 869.91 |
| MAX | 173.05 | 172.40 | 190.93 | 137.93 | 80.95 | 31.26 | 16.09 | 21.35 | 65.66 | 142.35 | 171.15 | 163.13 | 1277.01 |

Tabla 46: Planilla de precipitación efectiva (mm) por periodos para cada mes generada en la cuenca del río Chonta.

| PERIODO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC |
|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1964-4968 | 46.00 | 65.13 | 75.51 | 45.51 | 19.22 | 3.85 | 6.49 | 8.03 | 29.46 | 66.79 | 57.76 | 80.30 |
| 1969-1973 | 49.19 | 63.17 | 102.77 | 58.53 | 17.82 | 16.83 | 6.32 | 10.27 | 24.62 | 61.49 | 60.91 | 73.49 |
| 1974-1978 | 59.37 | 78.34 | 74.32 | 49.29 | 25.79 | 8.87 | 4.84 | 7.98 | 16.35 | 40.12 | 45.82 | 57.12 |
| 1979-1983 | 50.73 | 66.05 | 74.67 | 54.79 | 20.17 | 4.64 | 4.70 | 7.03 | 23.58 | 76.62 | 58.36 | 68.39 |
| 1984-1988 | 57.71 | 79.21 | 61.10 | 44.15 | 24.42 | 7.70 | 5.38 | 9.54 | 17.10 | 51.82 | 57.89 | 74.64 |
| 1989-1993 | 49.18 | 69.27 | 87.61 | 54.54 | 20.04 | 11.54 | 2.65 | 5.21 | 31.98 | 64.73 | 62.06 | 84.42 |
| 1994-1998 | 50.54 | 90.02 | 89.52 | 61.54 | 30.23 | 6.81 | 2.32 | 3.54 | 17.04 | 57.40 | 65.19 | 66.93 |
| 1999-2003 | 64.92 | 92.79 | 82.76 | 52.62 | 28.63 | 14.40 | 4.46 | 6.62 | 35.34 | 44.75 | 54.15 | 85.19 |
| 2004-2008 | 63.17 | 74.64 | 101.79 | 58.66 | 19.51 | 10.95 | 8.66 | 11.14 | 23.38 | 67.45 | 65.46 | 87.81 |
| 2009-2013 | 93.15 | 90.79 | 100.18 | 74.24 | 43.57 | 11.33 | 7.24 | 11.49 | 13.58 | 71.36 | 92.12 | 78.29 |
| 2014-2016 | 90.63 | 72.20 | 97.37 | 44.75 | 33.16 | 3.87 | 2.69 | 8.20 | 22.38 | 34.05 | 55.90 | 81.56 |
| MEDIA | 61.33 | 76.51 | 86.15 | 54.42 | 25.69 | 9.16 | 5.07 | 8.10 | 23.17 | 57.87 | 61.42 | 76.19 |
| D. EST | 16.32 | 10.74 | 13.71 | 8.87 | 7.82 | 4.29 | 2.02 | 2.45 | 6.94 | 13.62 | 11.56 | 9.24 |
| MIN | 46.00 | 63.17 | 61.10 | 44.15 | 17.82 | 3.85 | 2.32 | 3.54 | 13.58 | 34.05 | 45.82 | 57.12 |
| MAX | 93.15 | 92.79 | 102.77 | 74.24 | 43.57 | 16.83 | 8.66 | 11.49 | 35.34 | 76.62 | 92.12 | 87.81 |

**A.7. Caudales medios mensuales generados por la cuenca del río Chonta
tomando como punto de descarga una sección ubicada a 100 m. aguas arriba
de la captación de la central hidroeléctrica “El Chicche”.**

1° Método

Tabla 47: Números aleatorios normalmente distribuidos.

| PERIODO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTIEM | OCTUB | NOVIEM | DICIEMBR |
|-----------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|----------|
| 1964-4968 | 0.48 | 1.07 | -0.37 | 1.52 | -1.36 | -1.08 | -0.16 | 0.67 | -1.94 | 0.19 | -0.91 | 1.81 |
| 1969-1973 | -0.86 | -1.61 | -0.04 | 0.57 | -0.51 | 0.23 | -0.29 | -1.04 | 0.29 | 0.98 | -1.08 | -0.36 |
| 1974-1978 | 0.57 | 1.12 | -0.05 | 0.71 | -1.46 | 0.42 | 0.97 | 0.00 | -0.25 | -1.17 | 1.01 | -1.29 |
| 1979-1983 | -0.36 | -1.17 | 1.16 | 1.94 | 0.26 | -0.19 | 1.25 | 2.37 | 0.77 | 1.29 | -0.22 | 0.54 |
| 1984-1988 | -0.26 | 1.77 | 1.05 | -0.12 | -0.80 | 0.21 | -1.75 | 1.49 | -1.43 | 1.17 | -0.95 | -0.11 |
| 1989-1993 | 0.88 | 0.17 | -2.42 | 0.03 | -0.99 | -0.58 | 0.15 | 0.87 | -0.50 | -1.16 | -1.38 | -0.23 |
| 1994-1998 | -2.02 | -0.41 | 0.37 | -0.87 | 1.75 | 0.18 | -2.08 | -0.70 | -1.10 | 0.09 | -0.65 | -0.52 |
| 1999-2003 | -1.17 | 0.21 | 0.37 | -1.95 | 1.84 | -2.16 | -0.38 | -1.25 | -0.19 | 0.23 | 0.24 | 2.06 |
| 2004-2008 | -0.09 | -1.37 | 0.06 | -0.67 | 0.29 | -0.35 | 0.41 | -0.01 | -0.85 | 0.94 | -0.92 | 0.21 |
| 2009-2013 | 1.72 | 0.43 | 0.68 | -0.80 | -1.25 | 0.93 | -0.46 | 0.75 | -0.40 | -1.53 | 0.02 | -0.75 |
| 2014-2016 | 1.18 | -1.71 | 1.83 | -1.18 | 1.78 | 1.02 | 0.01 | -0.17 | 1.89 | 0.86 | -1.00 | -0.24 |

Tabla 48: Caudales medios mensuales (mm/mes) generados con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz.

| PERIODO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTIEM | OCTUB | NOVIEM | DICIEMBR |
|-----------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|----------|
| 1964-4968 | 53.91 | 61.77 | 64.63 | 55.22 | 29.13 | 15.22 | 16.22 | 20.06 | 24.06 | 52.36 | 50.87 | 71.71 |
| 1969-1973 | 51.17 | 51.19 | 77.92 | 62.50 | 32.97 | 27.53 | 18.76 | 16.27 | 27.85 | 53.02 | 52.18 | 61.19 |
| 1974-1978 | 58.78 | 70.32 | 67.13 | 55.26 | 32.37 | 23.67 | 21.16 | 19.05 | 22.25 | 32.95 | 45.87 | 47.66 |
| 1979-1983 | 47.67 | 53.36 | 67.10 | 62.26 | 36.73 | 20.46 | 21.19 | 26.32 | 31.33 | 63.15 | 56.14 | 62.36 |
| 1984-1988 | 55.44 | 72.10 | 64.02 | 48.96 | 32.26 | 22.33 | 12.15 | 22.56 | 19.64 | 46.36 | 49.33 | 61.91 |
| 1989-1993 | 54.46 | 61.19 | 64.31 | 55.18 | 30.77 | 21.46 | 16.71 | 19.29 | 29.98 | 48.29 | 50.65 | 67.16 |
| 1994-1998 | 46.96 | 68.72 | 76.40 | 59.02 | 46.27 | 25.24 | 10.14 | 11.59 | 17.99 | 45.44 | 54.04 | 57.55 |
| 1999-2003 | 55.19 | 74.29 | 74.10 | 50.05 | 43.48 | 20.97 | 15.83 | 12.88 | 31.26 | 42.30 | 50.18 | 75.02 |
| 2004-2008 | 62.12 | 60.96 | 80.11 | 59.03 | 35.64 | 23.10 | 21.25 | 20.74 | 24.51 | 55.30 | 55.74 | 71.71 |
| 2009-2013 | 83.55 | 80.96 | 86.27 | 68.58 | 46.05 | 30.10 | 19.35 | 22.98 | 21.23 | 48.48 | 71.64 | 67.34 |
| 2014-2016 | 79.34 | 62.77 | 84.01 | 50.73 | 45.92 | 26.31 | 17.46 | 17.69 | 32.23 | 38.81 | 46.19 | 64.48 |
| PROM | 58.96 | 65.24 | 73.27 | 56.98 | 37.42 | 23.31 | 17.29 | 19.04 | 25.67 | 47.86 | 52.98 | 64.37 |
| DESV | 11.98 | 8.97 | 8.24 | 6.02 | 6.71 | 4.00 | 3.65 | 4.34 | 5.10 | 8.25 | 7.04 | 7.64 |
| MIN | 46.96 | 51.19 | 64.02 | 48.96 | 29.13 | 15.22 | 10.14 | 11.59 | 17.99 | 32.95 | 45.87 | 47.66 |
| MAX | 83.55 | 80.96 | 86.27 | 68.58 | 46.27 | 30.10 | 21.25 | 26.32 | 32.23 | 63.15 | 71.64 | 75.02 |

Nota: si se inicia el cálculo con el mes de enero, se toma como Q_{t-1} el valor de Q_m de Diciembre; en este caso es 72.00 mm/mes. Este valor se obtuvo de la tabla N° 18.

Tabla 49: Caudales medios mensuales (m³/s) generados con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz.

| PERIODO | ENERO | FEBR | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTIEM | OCTUB | NOVIEM | DICIEM |
|-----------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|
| 1964-4968 | 5.54 | 7.03 | 6.65 | 5.87 | 3.00 | 1.62 | 1.67 | 2.06 | 2.56 | 5.38 | 5.41 | 7.37 |
| 1969-1973 | 5.26 | 5.83 | 8.01 | 6.64 | 3.39 | 2.93 | 1.93 | 1.67 | 2.96 | 5.45 | 5.54 | 6.29 |
| 1974-1978 | 6.04 | 8.01 | 6.90 | 5.87 | 3.33 | 2.52 | 2.18 | 1.96 | 2.36 | 3.39 | 4.87 | 4.90 |
| 1979-1983 | 4.90 | 6.08 | 6.90 | 6.62 | 3.78 | 2.17 | 2.18 | 2.71 | 3.33 | 6.49 | 5.97 | 6.41 |
| 1984-1988 | 5.70 | 8.21 | 6.58 | 5.20 | 3.32 | 2.37 | 1.25 | 2.32 | 2.09 | 4.77 | 5.24 | 6.37 |
| 1989-1993 | 5.60 | 6.97 | 6.61 | 5.86 | 3.16 | 2.28 | 1.72 | 1.98 | 3.19 | 4.97 | 5.38 | 6.91 |
| 1994-1998 | 4.83 | 7.82 | 7.86 | 6.27 | 4.76 | 2.68 | 1.04 | 1.19 | 1.91 | 4.67 | 5.74 | 5.92 |
| 1999-2003 | 5.68 | 8.46 | 7.62 | 5.32 | 4.47 | 2.23 | 1.63 | 1.32 | 3.32 | 4.35 | 5.33 | 7.72 |
| 2004-2008 | 6.39 | 6.94 | 8.24 | 6.27 | 3.67 | 2.45 | 2.19 | 2.13 | 2.60 | 5.69 | 5.92 | 7.38 |
| 2009-2013 | 8.59 | 9.22 | 8.87 | 7.29 | 4.74 | 3.20 | 1.99 | 2.36 | 2.26 | 4.99 | 7.61 | 6.93 |
| 2014-2016 | 8.16 | 7.15 | 8.64 | 5.39 | 4.72 | 2.80 | 1.80 | 1.82 | 3.43 | 3.99 | 4.91 | 6.63 |
| PROM | 6.06 | 7.43 | 7.54 | 6.06 | 3.85 | 2.48 | 1.78 | 1.96 | 2.73 | 4.92 | 5.63 | 6.62 |
| DESV | 1.23 | 1.02 | 0.85 | 0.64 | 0.69 | 0.43 | 0.38 | 0.45 | 0.54 | 0.85 | 0.75 | 0.79 |
| MIN | 4.83 | 5.83 | 6.58 | 5.20 | 3.00 | 1.62 | 1.04 | 1.19 | 1.91 | 3.39 | 4.87 | 4.90 |
| MAX | 8.59 | 9.22 | 8.87 | 7.29 | 4.76 | 3.20 | 2.19 | 2.71 | 3.43 | 6.49 | 7.61 | 7.72 |

Tabla 50: Caudales medios mensuales (MMC) generados con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz.

| PERIODO | ENERO | FEBR | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTIEM | OCTUB | NOVIEM | DICIEM |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|
| 1964-4968 | 14.85 | 17.02 | 17.80 | 15.21 | 8.02 | 4.19 | 4.47 | 5.53 | 6.63 | 14.42 | 14.01 | 19.75 |
| 1969-1973 | 14.09 | 14.10 | 21.46 | 17.21 | 9.08 | 7.58 | 5.17 | 4.48 | 7.67 | 14.60 | 14.37 | 16.85 |
| 1974-1978 | 16.19 | 19.37 | 18.49 | 15.22 | 8.92 | 6.52 | 5.83 | 5.25 | 6.13 | 9.07 | 12.64 | 13.13 |
| 1979-1983 | 13.13 | 14.70 | 18.48 | 17.15 | 10.12 | 5.63 | 5.84 | 7.25 | 8.63 | 17.40 | 15.46 | 17.18 |
| 1984-1988 | 15.27 | 19.86 | 17.63 | 13.49 | 8.88 | 6.15 | 3.35 | 6.21 | 5.41 | 12.77 | 13.59 | 17.05 |
| 1989-1993 | 15.00 | 16.85 | 17.71 | 15.20 | 8.48 | 5.91 | 4.60 | 5.31 | 8.26 | 13.30 | 13.95 | 18.50 |
| 1994-1998 | 12.94 | 18.93 | 21.04 | 16.26 | 12.75 | 6.95 | 2.79 | 3.19 | 4.96 | 12.52 | 14.89 | 15.85 |
| 1999-2003 | 15.20 | 20.46 | 20.41 | 13.79 | 11.98 | 5.78 | 4.36 | 3.55 | 8.61 | 11.65 | 13.82 | 20.66 |
| 2004-2008 | 17.11 | 16.79 | 22.07 | 16.26 | 9.82 | 6.36 | 5.85 | 5.71 | 6.75 | 15.23 | 15.35 | 19.75 |
| 2009-2013 | 23.01 | 22.30 | 23.76 | 18.89 | 12.68 | 8.29 | 5.33 | 6.33 | 5.85 | 13.35 | 19.73 | 18.55 |
| 2014-2016 | 21.85 | 17.29 | 23.14 | 13.97 | 12.65 | 7.25 | 4.81 | 4.87 | 8.88 | 10.69 | 12.72 | 17.76 |
| PROM | 16.24 | 17.97 | 20.18 | 15.70 | 10.31 | 6.42 | 4.76 | 5.24 | 7.07 | 13.18 | 14.59 | 17.73 |
| DESV | 3.30 | 2.47 | 2.27 | 1.66 | 1.85 | 1.10 | 1.01 | 1.19 | 1.41 | 2.27 | 1.94 | 2.10 |
| MIN | 12.94 | 14.10 | 17.63 | 13.49 | 8.02 | 4.19 | 2.79 | 3.19 | 4.96 | 9.07 | 12.64 | 13.13 |
| MAX | 23.01 | 22.30 | 23.76 | 18.89 | 12.75 | 8.29 | 5.85 | 7.25 | 8.88 | 17.40 | 19.73 | 20.66 |

2° Método

Nota: si se inicia el cálculo con el mes de enero, se toma como Q_{t-1} el valor de Q_m de Enero; en este caso es 32.60 mm/mes. Este valor se obtuvo de los aforos realizados en campo.

Tabla 51: Caudales medios mensuales (mm/mes) generados con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz.

| PERIODO | ENERO | FEBR | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JUNIO | AGOST | SEPTIEM | OCTUB | NOVIEM | DICIEM |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|
| 1964-4968 | 32.60 | 56.49 | 63.32 | 54.89 | 29.05 | 15.20 | 16.21 | 20.06 | 24.06 | 52.36 | 50.87 | 71.71 |
| 1969-1973 | 51.17 | 51.19 | 77.92 | 62.50 | 32.97 | 27.53 | 18.76 | 16.27 | 27.85 | 53.02 | 52.18 | 61.19 |
| 1974-1978 | 58.78 | 70.32 | 67.13 | 55.26 | 32.37 | 23.67 | 21.16 | 19.05 | 22.25 | 32.95 | 45.87 | 47.66 |
| 1979-1983 | 47.67 | 53.36 | 67.10 | 62.26 | 36.73 | 20.46 | 21.19 | 26.32 | 31.33 | 63.15 | 56.14 | 62.36 |
| 1984-1988 | 55.44 | 72.10 | 64.02 | 48.96 | 32.26 | 22.33 | 12.15 | 22.56 | 19.64 | 46.36 | 49.33 | 61.91 |
| 1989-1993 | 54.46 | 61.19 | 64.31 | 55.18 | 30.77 | 21.46 | 16.71 | 19.29 | 29.98 | 48.29 | 50.65 | 67.16 |
| 1994-1998 | 46.96 | 68.72 | 76.40 | 59.02 | 46.27 | 25.24 | 10.14 | 11.59 | 17.99 | 45.44 | 54.04 | 57.55 |
| 1999-2003 | 55.19 | 74.29 | 74.10 | 50.05 | 43.48 | 20.97 | 15.83 | 12.88 | 31.26 | 42.30 | 50.18 | 75.02 |
| 2004-2008 | 62.12 | 60.96 | 80.11 | 59.03 | 35.64 | 23.10 | 21.25 | 20.74 | 24.51 | 55.30 | 55.74 | 71.71 |
| 2009-2013 | 83.55 | 80.96 | 86.27 | 68.58 | 46.05 | 30.10 | 19.35 | 22.98 | 21.23 | 48.48 | 71.64 | 67.34 |
| 2014-2016 | 79.34 | 62.77 | 84.01 | 50.73 | 45.92 | 26.31 | 17.46 | 17.69 | 32.23 | 38.81 | 46.19 | 64.48 |
| PROM | 57.02 | 64.76 | 73.16 | 56.95 | 37.41 | 23.31 | 17.29 | 19.04 | 25.67 | 47.86 | 52.98 | 64.37 |
| DESV. | 14.36 | 9.31 | 8.39 | 6.03 | 6.72 | 4.01 | 3.65 | 4.34 | 5.10 | 8.25 | 7.04 | 7.64 |
| MIN | 32.60 | 51.19 | 63.32 | 48.96 | 29.05 | 15.20 | 10.14 | 11.59 | 17.99 | 32.95 | 45.87 | 47.66 |
| MAX | 83.55 | 80.96 | 86.27 | 68.58 | 46.27 | 30.10 | 21.25 | 26.32 | 32.23 | 63.15 | 71.64 | 75.02 |

A.8. Prueba de bondad de ajuste del registro de caudales.

MES: ENERO

| | | | |
|------|------|---------------|--------|
| N = | 11 | $\Delta \max$ | 0.1988 |
| X' = | 6.06 | α | 5% |
| S = | 1.23 | Δo | 0.391 |

$\Delta \max$ < Δo (BUEN AJUSTE)

| m | Q=X (m3/s) | P(X) m/n+1 | Z=(X-X'')/S | F(Z) | F(Z)-P(X) |
|----|------------|---------------|-------------|--------|-----------|
| 1 | 4.83 | 0.08 | -1.0018 | 0.1582 | 0.0749 |
| 2 | 4.90 | 0.17 | -0.9431 | 0.1728 | 0.0062 |
| 3 | 5.26 | 0.25 | -0.6509 | 0.2576 | 0.0076 |
| 4 | 5.54 | 0.33 | -0.4218 | 0.3366 | 0.0033 |
| 5 | 5.60 | 0.42 | -0.3758 | 0.3535 | 0.0631 |
| 6 | 5.68 | 0.50 | -0.3153 | 0.3763 | 0.1237 |
| 7 | 5.70 | 0.58 | -0.2937 | 0.3845 | 0.1988 |
| 8 | 6.04 | 0.67 | -0.0155 | 0.4938 | 0.1729 |
| 9 | 6.39 | 0.75 | 0.2636 | 0.6040 | 0.1460 |
| 10 | 8.16 | 0.83 | 1.7013 | 0.9556 | 0.1222 |
| 11 | 8.59 | 0.92 | 2.0529 | 0.9800 | 0.0633 |

MES: FEBRERO

| | | | |
|------|------|---------------|--------|
| N = | 11 | $\Delta \max$ | 0.1085 |
| X' = | 7.43 | α | 5% |
| S = | 1.02 | Δo | 0.391 |

$\Delta \max$ < Δo (BUEN AJUSTE)

| m | Q=X (m3/s) | P(X) m/n+1 | Z=(X-X'')/S | F(Z) | F(Z)-P(X) |
|----|------------|---------------|-------------|--------|-----------|
| 1 | 5.83 | 0.08 | -1.5654 | 0.0587 | 0.0246 |
| 2 | 6.08 | 0.17 | -1.3238 | 0.0928 | 0.0739 |
| 3 | 6.94 | 0.25 | -0.4772 | 0.3166 | 0.0666 |
| 4 | 6.97 | 0.33 | -0.4511 | 0.3260 | 0.0074 |
| 5 | 7.03 | 0.42 | -0.3860 | 0.3497 | 0.0669 |
| 6 | 7.15 | 0.50 | -0.2754 | 0.3915 | 0.1085 |
| 7 | 7.82 | 0.58 | 0.3880 | 0.6510 | 0.0677 |
| 8 | 8.01 | 0.67 | 0.5663 | 0.7144 | 0.0477 |
| 9 | 8.21 | 0.75 | 0.7643 | 0.7777 | 0.0277 |
| 10 | 8.46 | 0.83 | 1.0085 | 0.8434 | 0.0101 |
| 11 | 9.22 | 0.92 | 1.7517 | 0.9601 | 0.0434 |

MES: MARZO

N = 11 Δ_{max} 0.1885
X' = 7.54 α 5%
S = 0.85 Δ_o 0.391

| m | Δ_{max} Q=X (m3/s) | < P(X) m/n+1 | Δ_o Z=(X-X'')/S | (BUEN AJUSTE) F(Z) | F(Z)-P(X) |
|----|------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|
| 1 | 6.58 | 0.08 | -1.1224 | 0.1308 | 0.0475 |
| 2 | 6.61 | 0.17 | -1.0875 | 0.1384 | 0.0283 |
| 3 | 6.65 | 0.25 | -1.0487 | 0.1472 | 0.1028 |
| 4 | 6.90 | 0.33 | -0.7489 | 0.2270 | 0.1064 |
| 5 | 6.90 | 0.42 | -0.7449 | 0.2282 | 0.1885 |
| 6 | 7.62 | 0.50 | 0.1006 | 0.5401 | 0.0401 |
| 7 | 7.86 | 0.58 | 0.3791 | 0.6477 | 0.0644 |
| 8 | 8.01 | 0.67 | 0.5639 | 0.7136 | 0.0469 |
| 9 | 8.24 | 0.75 | 0.8300 | 0.7967 | 0.0467 |
| 10 | 8.64 | 0.83 | 1.3024 | 0.9036 | 0.0703 |
| 11 | 8.87 | 0.92 | 1.5764 | 0.9425 | 0.0259 |

MES: ABRIL

N = 11 Δ_{max} 0.1128
X' = 6.06 α 5%
S = 0.64 Δ_o 0.391

| m | Δ_{max} Q=X (m3/s) | < P(X) m/n+1 | Δ_o Z=(X-X'')/S | (BUEN AJUSTE) F(Z) | F(Z)-P(X) |
|----|------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|
| 1 | 5.20 | 0.08 | -1.3325 | 0.0913 | 0.0080 |
| 2 | 5.32 | 0.17 | -1.1521 | 0.1246 | 0.0420 |
| 3 | 5.39 | 0.25 | -1.0385 | 0.1495 | 0.1005 |
| 4 | 5.86 | 0.33 | -0.3001 | 0.3821 | 0.0487 |
| 5 | 5.87 | 0.42 | -0.2931 | 0.3847 | 0.0319 |
| 6 | 5.87 | 0.50 | -0.2866 | 0.3872 | 0.1128 |
| 7 | 6.27 | 0.58 | 0.3387 | 0.6326 | 0.0492 |
| 8 | 6.27 | 0.67 | 0.3413 | 0.6336 | 0.0331 |
| 9 | 6.62 | 0.75 | 0.8778 | 0.8100 | 0.0600 |
| 10 | 6.64 | 0.83 | 0.9166 | 0.8203 | 0.0130 |
| 11 | 7.29 | 0.92 | 1.9284 | 0.9731 | 0.0564 |

MES: MAYO

N = 11 Δ max 0.1632
X' = 3.85 α 5%
S = 0.69 Δ o 0.391

| | | Δ max | < | Δ o | (BUEN AJUSTE) | |
|----|------------|---------------|------------|--------|---------------|--|
| m | Q=X (m3/s) | P(X) m/n+1 | Z=(X-X')/S | F(Z) | F(Z)-P(X) | |
| 1 | 3.00 | 0.08 | -1.2345 | 0.1085 | 0.0252 | |
| 2 | 3.16 | 0.17 | -0.9901 | 0.1611 | 0.0056 | |
| 3 | 3.32 | 0.25 | -0.7692 | 0.2209 | 0.0291 | |
| 4 | 3.33 | 0.33 | -0.7521 | 0.2260 | 0.1073 | |
| 5 | 3.39 | 0.42 | -0.6635 | 0.2535 | 0.1632 | |
| 6 | 3.67 | 0.50 | -0.2642 | 0.3958 | 0.1042 | |
| 7 | 3.78 | 0.58 | -0.1029 | 0.4590 | 0.1243 | |
| 8 | 4.47 | 0.67 | 0.9040 | 0.8170 | 0.1503 | |
| 9 | 4.72 | 0.75 | 1.2669 | 0.8974 | 0.1474 | |
| 10 | 4.74 | 0.83 | 1.2862 | 0.9008 | 0.0675 | |
| 11 | 4.76 | 0.92 | 1.3195 | 0.9065 | 0.0102 | |

MES: JUNIO

N = 11 Δ max 0.0713
X' = 2.48 α 5%
S = 0.43 Δ o 0.391

| | | Δ max | < | Δ o | (BUEN AJUSTE) | |
|----|------------|---------------|------------|--------|---------------|--|
| m | Q=X (m3/s) | P(X) m/n+1 | Z=(X-X')/S | F(Z) | F(Z)-P(X) | |
| 1 | 1.62 | 0.08 | -2.0204 | 0.0217 | 0.0617 | |
| 2 | 2.17 | 0.17 | -0.7127 | 0.2380 | 0.0713 | |
| 3 | 2.23 | 0.25 | -0.5839 | 0.2796 | 0.0296 | |
| 4 | 2.28 | 0.33 | -0.4611 | 0.3223 | 0.0110 | |
| 5 | 2.37 | 0.42 | -0.2435 | 0.4038 | 0.0128 | |
| 6 | 2.45 | 0.50 | -0.0529 | 0.4789 | 0.0211 | |
| 7 | 2.52 | 0.58 | 0.0911 | 0.5363 | 0.0470 | |
| 8 | 2.68 | 0.67 | 0.4826 | 0.6853 | 0.0187 | |
| 9 | 2.80 | 0.75 | 0.7489 | 0.7730 | 0.0230 | |
| 10 | 2.93 | 0.83 | 1.0550 | 0.8543 | 0.0209 | |
| 11 | 3.20 | 0.92 | 1.6969 | 0.9551 | 0.0385 | |

MES: JULIO

N = 11 Δ max 0.1050
X' = 1.78 α 5%
S = 0.38 Δ o 0.391

| | Δ max | < | Δ o | (BUEN AJUSTE) | |
|----|------------|---------------|-------------|---------------|-----------|
| m | Q=X (m3/s) | P(X) m/n+1 | Z=(X-X'')/S | F(Z) | F(Z)-P(X) |
| 1 | 1.04 | 0.08 | -1.9583 | 0.0251 | 0.0582 |
| 2 | 1.25 | 0.17 | -1.4071 | 0.0797 | 0.0870 |
| 3 | 1.63 | 0.25 | -0.4010 | 0.3442 | 0.0942 |
| 4 | 1.67 | 0.33 | -0.2940 | 0.3844 | 0.0510 |
| 5 | 1.72 | 0.42 | -0.1599 | 0.4365 | 0.0198 |
| 6 | 1.80 | 0.50 | 0.0471 | 0.5188 | 0.0188 |
| 7 | 1.93 | 0.58 | 0.4019 | 0.6561 | 0.0728 |
| 8 | 1.99 | 0.67 | 0.5627 | 0.7132 | 0.0465 |
| 9 | 2.18 | 0.75 | 1.0580 | 0.8550 | 0.1050 |
| 10 | 2.18 | 0.83 | 1.0666 | 0.8569 | 0.0236 |
| 11 | 2.19 | 0.92 | 1.0839 | 0.8608 | 0.0559 |

MES: AGOSTO

N = 11 Δ max 0.0889
X' = 1.96 α 5%
S = 0.45 Δ o 0.391

| | Δ max | < | Δ o | (BUEN AJUSTE) | |
|----|------------|---------------|-------------|---------------|-----------|
| m | Q=X (m3/s) | P(X) m/n+1 | Z=(X-X'')/S | F(Z) | F(Z)-P(X) |
| 1 | 1.19 | 0.08 | -1.7190 | 0.0428 | 0.0405 |
| 2 | 1.32 | 0.17 | -1.4204 | 0.0777 | 0.0889 |
| 3 | 1.67 | 0.25 | -0.6396 | 0.2612 | 0.0112 |
| 4 | 1.82 | 0.33 | -0.3116 | 0.3777 | 0.0443 |
| 5 | 1.96 | 0.42 | 0.0021 | 0.5008 | 0.0842 |
| 6 | 1.98 | 0.50 | 0.0580 | 0.5231 | 0.0231 |
| 7 | 2.06 | 0.58 | 0.2365 | 0.5935 | 0.0101 |
| 8 | 2.13 | 0.67 | 0.3934 | 0.6530 | 0.0137 |
| 9 | 2.32 | 0.75 | 0.8118 | 0.7916 | 0.0416 |
| 10 | 2.36 | 0.83 | 0.9090 | 0.8183 | 0.0150 |
| 11 | 2.71 | 0.92 | 1.6798 | 0.9535 | 0.0368 |

MES: SEPTIEMBRE

| | | | |
|------|------|--------------|--------|
| N = | 11 | Δ max | 0.1342 |
| X' = | 2.73 | α | 5% |
| S = | 0.54 | Δ o | 0.391 |

| | Δ max | < | Δ 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 | 0.08 | -1.5041 | 0.0663 | 0.0171 |
| 2 | 2.09 | 0.17 | -1.1818 | 0.1186 | 0.0480 |
| 3 | 2.26 | 0.25 | -0.8692 | 0.1924 | 0.0576 |
| 4 | 2.36 | 0.33 | -0.6695 | 0.2516 | 0.0818 |
| 5 | 2.56 | 0.42 | -0.3146 | 0.3765 | 0.0401 |
| 6 | 2.60 | 0.50 | -0.2264 | 0.4104 | 0.0896 |
| 7 | 2.96 | 0.58 | 0.4272 | 0.6654 | 0.0821 |
| 8 | 3.19 | 0.67 | 0.8448 | 0.8009 | 0.1342 |
| 9 | 3.32 | 0.75 | 1.0968 | 0.8636 | 0.1136 |
| 10 | 3.33 | 0.83 | 1.1096 | 0.8664 | 0.0331 |
| 11 | 3.43 | 0.92 | 1.2871 | 0.9010 | 0.0157 |

MES: OCTUBRE

| | | | |
|------|------|--------------|--------|
| N = | 11 | Δ max | 0.0532 |
| X' = | 4.92 | α | 5% |
| S = | 0.85 | Δ o | 0.391 |

| | Δ max | < | Δ o | (BUEN AJUSTE) | |
|----|--------------|---------------|-------------|---------------|-----------|
| m | Q=X (m3/s) | P(X) m/n+1 | Z=(X-X'')/S | F(Z) | F(Z)-P(X) |
| 1 | 3.39 | 0.08 | -1.8085 | 0.0353 | 0.0481 |
| 2 | 3.99 | 0.17 | -1.0977 | 0.1362 | 0.0305 |
| 3 | 4.35 | 0.25 | -0.6745 | 0.2500 | 0.0000 |
| 4 | 4.67 | 0.33 | -0.2939 | 0.3844 | 0.0511 |
| 5 | 4.77 | 0.42 | -0.1813 | 0.4281 | 0.0114 |
| 6 | 4.97 | 0.50 | 0.0525 | 0.5209 | 0.0209 |
| 7 | 4.99 | 0.58 | 0.0757 | 0.5302 | 0.0532 |
| 8 | 5.38 | 0.67 | 0.5453 | 0.7072 | 0.0406 |
| 9 | 5.45 | 0.75 | 0.6255 | 0.7342 | 0.0158 |
| 10 | 5.69 | 0.83 | 0.9026 | 0.8166 | 0.0167 |
| 11 | 6.49 | 0.92 | 1.8543 | 0.9682 | 0.0515 |

MES: **NOVIEMBRE**

| | | | |
|------|------|--------------|--------|
| N = | 11 | Δ max | 0.1602 |
| X' = | 5.63 | α | 5% |
| S = | 0.75 | Δ o | 0.391 |

| Δ max | | < | Δ o | (BUEN AJUSTE) | |
|--------------|------------|---------------|-------------|---------------|-----------|
| m | Q=X (m3/s) | P(X) m/n+1 | Z=(X-X'')/S | F(Z) | F(Z)-P(X) |
| 1 | 4.87 | 0.08 | -1.0106 | 0.1561 | 0.0728 |
| 2 | 4.91 | 0.17 | -0.9658 | 0.1671 | 0.0004 |
| 3 | 5.24 | 0.25 | -0.5198 | 0.3016 | 0.0516 |
| 4 | 5.33 | 0.33 | -0.3979 | 0.3454 | 0.0120 |
| 5 | 5.38 | 0.42 | -0.3321 | 0.3699 | 0.0468 |
| 6 | 5.41 | 0.50 | -0.2999 | 0.3821 | 0.1179 |
| 7 | 5.54 | 0.58 | -0.1150 | 0.4542 | 0.1291 |
| 8 | 5.74 | 0.67 | 0.1505 | 0.5598 | 0.1069 |
| 9 | 5.92 | 0.75 | 0.3911 | 0.6521 | 0.0979 |
| 10 | 5.97 | 0.83 | 0.4487 | 0.6732 | 0.1602 |
| 11 | 7.61 | 0.92 | 2.6508 | 0.9960 | 0.0793 |

MES: **DICIEMBRE**

| | | | |
|------|------|--------------|--------|
| N = | 11 | Δ max | 0.0883 |
| X' = | 6.62 | α | 5% |
| S = | 0.79 | Δ o | 0.391 |

| Δ max | | < | Δ o | (BUEN AJUSTE) | |
|--------------|------------|---------------|-------------|---------------|-----------|
| m | Q=X (m3/s) | P(X) m/n+1 | Z=(X-X'')/S | F(Z) | F(Z)-P(X) |
| 1 | 4.90 | 0.08 | -2.1872 | 0.0144 | 0.0690 |
| 2 | 5.92 | 0.17 | -0.8926 | 0.1860 | 0.0194 |
| 3 | 6.29 | 0.25 | -0.4170 | 0.3383 | 0.0883 |
| 4 | 6.37 | 0.33 | -0.3225 | 0.3735 | 0.0402 |
| 5 | 6.41 | 0.42 | -0.2631 | 0.3962 | 0.0204 |
| 6 | 6.63 | 0.50 | 0.0146 | 0.5058 | 0.0058 |
| 7 | 6.91 | 0.58 | 0.3646 | 0.6423 | 0.0589 |
| 8 | 6.93 | 0.67 | 0.3882 | 0.6511 | 0.0156 |
| 9 | 7.37 | 0.75 | 0.9603 | 0.8316 | 0.0816 |
| 10 | 7.38 | 0.83 | 0.9609 | 0.8317 | 0.0016 |
| 11 | 7.72 | 0.92 | 1.3939 | 0.9183 | 0.0017 |

A.9. Principales canales de derivación de la cuenca del Río Chonta, aguas arriba del punto emisor.

Tabla 52. Principales canales de derivación de la cuenca del río chonta.

| CANALES DE DERIVACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|----------|--------|-----------|------------------------|---------|------|------|------|------|-------|------|--------|-----------|-----------|-------|--------|------------|---------|-------|----|---------|-----------------|----------------|
| COD CAN | NOMBRE | FUENTE | CLASI F. | MARGEN | PROG (Km) | Q (m ³ /s.) | SECCION | | | | | | | ESTADO | LONG (Km) | REVESTIDO | | | NO REVEST. | TUBERIA | | | N° US U | AREA SERV (Haa) | |
| | | | | | | | IP | | | R | | C | | | | T | C' | Mam p. | | Ceo m. | PVC | C" | | | Meta 1 y 6 HDP |
| | | | | | | | B | b | h | b | h | O | h | | | h | | | | | | | | | |
| 654 | LA QUILIMSHA | RÍO QUINUARIO | CD | D | 6+908 | 0.060 | 0.60 | 0.40 | 0.60 | 0.30 | 0.30 | - | 0.50 | 0.30 | R-R-R | 7+474 | 4+060 | - | - | 3+414 | - | - | - | 112 | 116.73 |
| 655 | AZUFRE AHUADERO | RÍO AZUFRE | CD | I | 6+444 | 0.100 | - | - | - | 1.00 | 0.60 | - | 0.8 | 0.6 | B-R | 0+373 | 0+076 | - | - | 0+297 | - | - | - | 39 | 28.97 |
| 656 | AZUFRE VENTANILLAS | RÍO AZUFRE | CD | I | 7+093 | 0.160 | 0.90 | 0.40 | 0.50 | 0.65 | 0.50 | 0"-16 | 0.70 | 0.70 | B-B-R-M | 6+894 | 1+900 | - | - | 3+699 | 0+618 | - | 0+677 | 101 | 6.00 |
| 657 | EL MOLINO | RÍO GRANDE | CD | D | 2+789 | 0.003 | - | - | - | 0.60 | 0.60 | - | - | - | M | 0+158 | - | - | - | 0+158 | - | - | - | 1 | - |
| 658 | QUENGO | RÍO GRANDE | CD | D | 4+787 | 0.020 | - | - | - | - | - | - | 0.60 | 0.40 | M | 1+585 | - | - | - | 1+585 | - | - | - | 8 | 5.00 |
| 659 | LA TOLULA | RÍO GRANDE | CD | D | 9+837 | 0.003 | - | - | - | 0.50 | 0.30 | - | 0.40 | 0.40 | R-M | 0+591 | 0+093 | - | - | 0+498 | - | - | - | 8 | 6.00 |
| 660 | MACHAYPUNGO | RÍO GRANDE | CD | D | 10+485 | 0.002 | - | - | - | - | - | 4" | 0.30 | 0.30 | B-M | 0+734 | - | - | - | 0+729 | 0+005 | - | - | 3 | 2.50 |
| 661 | UÑIGAN LA CUEVA | RÍO GRANDE | CD | D | 10+990 | 0.002 | - | - | - | - | - | - | 0.50 | 0.50 | M | 0+273 | - | - | - | 0+273 | - | - | - | 4 | 3.00 |
| 662 | MANGLE EL ROSO | RÍO GRANDE | CD | I | 11+697 | 0.024 | - | - | - | 0.40 | 0.30 | - | 0.60 | 0.20 | B-R | 1+344 | - | 0+026 | - | 1+318 | - | - | - | 8 | 6.45 |
| 663 | PATOCHAQUI | RÍO GRANDE | CD | D | 13+564 | 0.035 | - | - | - | - | - | - | 0.60 | 0.50 | R | 1+147 | - | - | - | 1+147 | - | - | - | 15 | 7.65 |
| 664 | LA PATAÑA | RÍO GRANDE | CD | D | 15+111 | 0.028 | - | - | - | 0.40 | 0.20 | - | 0.40 | 0.30 | R-M | 2+185 | - | 0+013 | - | 2+172 | - | - | - | 40 | 30.00 |
| 665 | LA CONCORDIA | QDA. AUQUILLA | CD | D | 3+452 | 0.010 | - | - | - | - | - | - | 0.30 | 0.30 | M | 2+101 | - | - | - | 2+101 | - | - | - | 38 | 19.50 |
| 666 | PACCHA MIRAFLORES | QDA. PACCHA | CD | D | 4+655 | 0.020 | - | - | - | - | - | - | 0.30 | 0.35 | M | 2+645 | - | - | - | 2+645 | - | - | - | 165 | 90.00 |
| 667 | MUYOC LA PARPAMPA | QDA. TUYO CORRAL | CD | D | 1+834 | 0.008 | - | - | - | 0.50 | 0.35 | - | 0.60 | 0.90 | B-M | 4+581 | 0+196 | - | - | 4+385 | - | - | - | 91 | 114.85 |
| 668 | SHACSHA UÑIGAN | QDA. SAN JOSE | CD | D | 4+845 | 0.005 | - | - | - | - | - | - | 0.40 | 0.30 | R | 3+793 | - | - | - | 3+793 | - | - | - | 32 | 18.92 |
| 669 | TOMACUCHO | QDA. SAN JOSE | CD | D | 5+558 | 0.015 | - | - | - | - | - | - | 0.60 | 0.30 | M | 4+834 | - | - | - | 4+834 | - | - | - | 69 | 93.94 |
| 670 | COCAN EL CALVARIO | QDA. LA PACCHA | CD | I | 5+273 | 0.004 | 0.60 | 0.35 | 0.35 | 0.50 | 0.60 | - | 0.50 | 0.50 | B-B-M | 2+581 | 2+364 | - | - | 0+217 | - | - | - | 94 | 50.00 |
| 671 | COCAN EL BARROJO | QDA. LA PACCHA | CD | D | 6+049 | 0.020 | 0.50 | 0.30 | 0.40 | 0.60 | 0.30 | 4"-2" | 0.70 | 0.30 | R-B-B-I | 4+090 | 0+163 | 0+005 | - | 1+606 | 2+316 | - | - | 60 | 40.00 |
| 672 | TRES TINGOS QUINUA TC | QDA. LA SHACSHA | CD | D | 0+328 | 0.035 | - | - | - | 0.40 | 0.40 | 8" | 0.50 | 0.50 | B-B-R | 15+780 | 6+496 | - | - | 5+661 | 3+623 | - | - | 620 | 150.00 |
| 673 | YANAHUANGA CARHUAI | QDA. YANAHUANGA | CD | D | 0+914 | 0.004 | - | - | - | 0.30 | 0.20 | - | 0.30 | 0.30 | B-M | 3+880 | 0+235 | - | - | 3+645 | - | - | - | 60 | 44.80 |
| 674 | LA MASMA PIEDRA CAB | QDA. EL PORO PORO | CD | D | 1+330 | 0.002 | - | - | - | - | - | - | 0.40 | 0.40 | M | 2+963 | - | - | - | 2+963 | - | - | - | 4 | 3.00 |

| SECCION | ESTADO |
|------------------|-------------|
| IP = TRAPEZOIDAL | B = BUENO |
| R = RECTANGULAR | R = REGULAR |
| C = CIRCULAR | M = MALO |
| T = TIERRA | |

| | | |
|-------------------|--|---|
| CUENCA RÍO CHONTA | |  |
|-------------------|--|---|

CANALES DE DERIVACIÓN

| COD CAN | NOMBRE | FUENTE | CLASIF. | MARCEN | PROG (km) | Q (m ³ /s.) | SECCION | | | | | | | | ESTADO | LONG (km) | REVISTIDO | | | TUBERIA | | | N° USU | AREA SERV (Has) | | | |
|---------|----------------------|---------------------|---------|--------|-----------|------------------------|---------|------|------|------|------|-----|------|------|---------|-----------|-----------|-------|-------|-------------|-------|----|--------|-----------------|---------------|--|--|
| | | | | | | | TP | | | R | | C | | T | | | C° | Mm p. | Geom. | NO REVE SU. | PVC | C° | | | Meta 1/10 HDP | | |
| | | | | | | | B | b | h | b | h | O | b | h | | | | | | | | | | | | | |
| 675 | AZUFRE ATUNCONGA | QDA. CHAQUICOCHA | CD | D | 0+749 | 0.102 | 0.90 | 0.35 | 0.65 | 0.40 | 0.60 | 13" | 0.40 | 0.40 | R-R-B-M | 8+150 | 0+313 | - | - | 7+686 | 0+151 | - | - | 165 | 90.00 | | |
| 676 | QUIHUILA QUECHER PAB | QDA. QUECHER | CD | D | 3+049 | 0.055 | 0.70 | 0.30 | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 12" | 0.40 | 0.30 | B-B-B-M | 8+525 | 2+200 | 0+709 | - | 5+456 | 0+160 | - | - | 57 | 29.60 | | |
| 677 | UÑIGAN TORNUYOC | QDA. UÑIGAN | CD | I | 2+813 | 0.015 | - | - | - | 0.60 | 0.40 | 8" | 0.60 | 0.60 | B-B-M | 4+081 | - | 0+012 | - | 4+050 | 0+019 | - | - | 30 | 10.00 | | |
| 678 | CHANCHE UÑIGAN | QDA. CHANCHE UÑIGA | CD | I | 3+961 | 0.019 | - | - | - | 0.60 | 0.30 | - | 0.50 | 0.30 | R | 1+745 | - | 0+004 | - | 1+434 | 0+307 | - | - | 38 | 30.00 | | |
| 679 | HABASMAYO CASHAPA | QDA. HABASMAYO | CD | I | 1+520 | 0.008 | - | - | - | - | - | - | 0.60 | 0.45 | M | 0+677 | - | - | - | 0+677 | - | - | - | 9 | 6.15 | | |
| 680 | HABASMAYO VENTANIL | QDA. HABASMAYO | CD | D | 2+200 | 0.011 | - | - | - | 0.40 | 0.30 | - | 0.50 | 0.30 | B-R | 1+253 | 0+091 | - | - | 1+162 | - | - | - | 18 | 10.00 | | |
| 681 | MINAS SHIRAC | QDA. HABASMAYO | CD | I | 2+653 | 0.007 | - | - | - | - | - | - | 0.50 | 0.45 | R | 1+845 | - | - | - | 1+845 | - | - | - | 17 | 13.00 | | |
| 682 | CORRAL | QDA. MINAS | CD | D | 0+545 | 0.001 | - | - | - | - | - | - | 0.30 | 0.30 | M | 0+155 | - | - | - | 0+155 | - | - | - | 1 | 2.40 | | |
| 683 | EL ALISO | QDA. MINAS | CD | D | 0+800 | 0.001 | - | - | - | - | - | - | 0.30 | 0.30 | M | 0+112 | - | - | - | 0+112 | - | - | - | 2 | 4.80 | | |
| 684 | LA TACSHANA | QDA. MINAS | CD | D | 1+162 | 0.015 | - | - | - | - | - | - | 0.20 | 0.20 | M | 0+188 | - | - | - | 0+188 | - | - | - | 5 | 11.63 | | |
| 685 | CANCHA CORRAL | QDA. CANCHA CORRA | CD | D | 2+102 | 0.020 | - | - | - | - | - | - | 0.40 | 0.30 | M | 0+879 | - | - | - | 0+879 | - | - | - | 5 | 4.00 | | |
| 686 | COHEGUAGUANAN | QDA. COHEGUAGUAN | CD | I | 1+717 | 0.0015 | - | - | - | - | - | - | 0.40 | 0.30 | R | 1+565 | - | - | - | 1+565 | - | - | - | 20 | 10.70 | | |
| 687 | LA TRANCA | QDA. COHEGUAGUAN | CD | I | 0+678 | 0.014 | - | - | - | - | - | - | 0.40 | 0.30 | R | 0+346 | - | - | - | 0+346 | - | - | - | 3 | 3.50 | | |
| 688 | EL TINGO | QDA. YERBA BUENA | CD | I | 0+041 | 0.009 | - | - | - | 0.50 | 0.20 | - | 0.40 | 0.30 | B-R | 1+002 | 0+026 | - | - | 0+976 | - | - | - | 3 | 4.50 | | |
| 689 | QUISQUIMAYO | QDA. YERBA BUENA | CD | I | 1+100 | 0.016 | - | - | - | - | - | - | - | - | R-R-B-R | 2+188 | 0+427 | 0+007 | - | 1+721 | - | - | 0+033 | 66 | 62.50 | | |
| 690 | LA CONTADA | QDA. YERBA BUENA | CD | I | 1+768 | 0.010 | - | - | - | 0.60 | 0.30 | - | 0.50 | 0.30 | B-R-M | 1+250 | 0+057 | 0+226 | - | 0+967 | - | - | - | 21 | 40.00 | | |
| 691 | LA ANACONDA | QDA. CHALLUAGON | CD | I | 2+980 | 0.012 | - | - | - | - | - | - | 0.60 | 0.30 | R | 0+848 | - | - | - | 0+848 | - | - | - | 9 | 5.00 | | |
| 692 | CHAQUICOCHA | QDA. PILUCNIOC | CD | D | 1+729 | 0.015 | - | - | - | - | - | - | 0.40 | 0.30 | R | 2+209 | - | - | - | 2+209 | - | - | - | 36 | 20.00 | | |
| 693 | CHALLUAGON HERBA B | QDA. SAN NICOLAS DE | CD | I | 2+980 | 0.080 | 1.00 | 0.60 | 0.50 | 0.60 | 0.50 | - | - | - | B-R | 4+292 | 4+058 | - | - | 0+234 | - | - | - | 50 | 125.00 | | |

| SECCION | ESTADO |
|------------------|-------------|
| TP = TRAPEZOIDAL | B = BUENO |
| R = RECTANGULAR | R = REGULAR |
| C = CIRCULAR | M = MALO |
| T = TIERRA | |

| | | |
|-------------------|--|---|
| CUENCA RÍO CHONTA | | — |
|-------------------|--|---|

CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS

| COD CAN | NOMBRE | FUENTE | CLASIF. | MARGEN | PROG (Km) | Q (m ³ /s.) | SECCION | | | | | | | | ESTADO | LONG (Km) | REVESTIDO | | | TUBERÍA | | | N° USU | AREA SERV (Hac) | |
|---------|-----------------------|----------------------|---------|--------|-----------|------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-----------|-----------|---------|-------|------------|-------|-------|--------|-----------------|-------------|
| | | | | | | | IP | | | R | | C | T | | | | C° | Materia | Geom. | NO REVEST. | PVC | C° | | | Materia HDP |
| | | | | | | | B | b | h | b | h | Q | b | h | | | | | | | | | | | |
| 694 | QUINUAPAMPA | QDA. MISHACOCHA O | CD | I | 1+223 | 0.010 | - | - | - | - | - | - | 0.30 | 0.30 | M | 2+164 | - | - | - | 2+164 | - | - | - | 2 | 50.00 |
| 695 | LA TOTORA | QDA. MISHACOCHA O | CD | D | 3+240 | 0.005 | - | - | - | - | - | - | 0.60 | 0.40 | R | 1+295 | - | - | - | 1+295 | - | - | - | 10 | 10.00 |
| 696 | EL TRIUNFO RÍO MISHAC | QDA. MISHACOCHA | CD | D | 4+450 | 0.050 | - | - | - | 0.70 | 0.30 | 4" | 0.50 | 0.30 | B-B-R | 7+646 | - | 0+077 | - | 7+480 | 0+089 | - | - | 56 | 60.00 |
| 697 | LA ZARZA HIERBA SANT | M' LA ZARZA HIERBA S | CD | - | - | 0.011 | - | - | - | 0.30 | 0.40 | - | - | - | R | 0+849 | - | - | - | 0+849 | - | - | - | 24 | 18.00 |
| 698 | AZUFRE QUECHER BELL | M' AZUFRE | CD | - | - | 0.040 | 0.50 | 0.50 | 0.40 | - | - | 2" | 0.70 | 0.70 | B-B-M | 10+320 | 0+351 | - | - | 8+536 | 1+433 | - | - | 61 | 60.40 |
| 699 | BAÑOS MIC MIC | M' MIC MIC | CD | - | - | 0.004 | - | - | - | 0.40 | 0.20 | 6" | 0.40 | 0.40 | B-B-M | 0+711 | 0+036 | - | - | 0+668 | - | 0+007 | - | 14 | 13.00 |
| 6100 | CORRAL PAMPA | M' MIC MIC | CD | - | - | 0.007 | - | - | - | - | - | 6" | 0.40 | 0.30 | B-M | 0+462 | - | - | - | 0+428 | 0+034 | - | - | 9 | 7.50 |
| 6101 | MAQUI MAQUI CAPA ROS | LAG. MAQUI MAQUI CA | CD | - | - | 0.020 | - | - | - | - | - | 0.70 | 0.50 | M | 5+803 | - | - | - | 5+803 | - | - | - | 20 | 29.60 | |

| SECCION | ESTADO |
|------------------|-------------|
| IP = TRAPEZOIDAL | B = BUENO |
| R = RECTANGULAR | R = REGULAR |
| C = CIRCULAR | M = MALO |
| T = TIERRA | |

| | | |
|-------------------|--|---|
| CUENCA RÍO CHONTA | | — |
|-------------------|--|---|

CAUDAL TOTAL DERIVADO POR LOS CANALES 1.12

Figura 35. Canales de derivación de la cuenca del Río Chonta.