

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRICO DEL RIO
CAJAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS,
PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA”**

Presentado por:

LIZ GRECIA AQUINO MENESES

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

LIMA – PERU

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL RÍO
CAJAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS,
PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. LIZ GRECIA AQUINO MENESES

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. TERESA OLINDA VELASQUEZ BEJARANO
Presidente

Mg. Sc. GONZALO RAMCES FANO MIRANDA
Asesor

Mg. Sc. CAYO LEONIDAS RAMOS TAIPE
Miembro

Mg. Sc. RICARDO APACLLA NALVARTE
Miembro

LIMA – PERU

2019

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico de manera especial a mi querida madre pues todo lo que soy se lo debo a ella, ella fue el cimiento en la construcción de mi vida profesional, ella me enseñó de responsabilidad, optimismo, deseos de superación y bondad. Ella, su gran corazón y paciencia me llevaron a admirarla cada día más.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darnos a los míos y a mí, vida y salud.

A mis padres por su incondicional apoyo y por brindarme su confianza en el trayecto de mi vida profesional.

A Miguel, sus enseñanzas y cariño incondicionales son fundamentales.

Al Ing. Fano Gonzalo Ramsés, sin su guía e incentivos hubiese sido más largo el camino en el desarrollo de esta tesis. Considerándolo más que un maestro, un amigo.

También agradezco a todas las personas (amigos y profesores) que me apoyaron de manera incondicional siendo guías y maestros, jueces y parte. Estaré profundamente agradecida por su tiempo y sus conocimientos.

A mis hermanos, a mis primas Sofía, Viviana y Karla, y a mis amigas Teresa y Jovanna, todos ellos me enseñaron a vivir y me acompañaron en un sin número de aventuras. Los llevo siempre en mi corazón.

“Lo único realmente imposible es aquello que no se intenta”

Desconocido

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
	2.1.1. Objetivo principal.....	3
	2.1.2. Objetivos específicos	3
III.	REVISION DE LITERATURA	4
	3.1. EL AGUA EN EL PERÚ.....	4
	3.1.1. Vertientes y disponibilidad de agua	4
	3.1.2. Problemática del Agua en el Perú.....	6
	3.2. PLAN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	7
	3.3. EL CICLO HIDROLÓGICO	7
	3.4. MODELO HIDROLÓGICO.....	8
	3.5. PRECIPITACIÓN	9
	3.6. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA	9
	3.7. CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE UNA ZONA	9
	3.8. EMBALSES.....	10
	3.9. SISTEMA INFORMÁTICO WEAP	11
	3.9.1. Descripción del WEAP.....	11
	3.9.2. Modelo Precipitación – Escorrentía	12
	3.9.3. Operación de Embalses	15
	3.9.4. Aplicación del Sistema Informático WEAP	16
IV.	MATERIALES Y METODOS.....	17
	4.1. ZONA DE ESTUDIO	17
	4.1.1. Ubicación geográfica.....	17
	4.1.2. Demarcación hidrográfica	17
	4.1.3. Demarcación Política – Administrativa.....	19
	4.1.4. Características de la cuenca.....	19

4.1.5.	Accesibilidad – vías de comunicación	19
4.1.6.	Aspectos socioeconómicos	20
4.1.7.	Clima y ecología.....	20
4.1.8.	Suelos	22
4.2.	MATERIALES	23
4.2.1.	Información cartográfica	23
4.2.2.	Información pluviométrica	23
4.2.3.	Información de temperatura	24
4.2.4.	Información hidrométrica.....	25
4.2.5.	Información de humedad relativa.....	28
4.2.6.	Información de velocidad de viento	29
4.2.7.	Información de cobertura vegetal.....	29
4.3.	MÉTODOS	33
4.3.1.	Modelamiento hidrológico con WEAP	33
4.3.2.	Propuesta de embalses	50
4.3.3.	Regulación de la oferta hídrica en el río Cajamarca con los embalses propuestos.....	62
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
5.1.	MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DEL RÍO CAJAMARCA.....	63
5.1.1.	Resultados de calibración y validación de modelo del modelo.....	63
5.2.	RESULTADO DE OFERTA HIDRICA DE CADA SUBCUENCA	65
5.2.1.	Oferta hídrica en la subcuenca 01.....	66
5.2.2.	Oferta hídrica en la subcuenca 02.....	67
5.2.3.	Oferta hídrica en la subcuenca 03.....	68
5.2.4.	Oferta hídrica en la subcuenca 04.....	69
5.2.5.	Oferta hídrica en la subcuenca 05.....	70
5.2.6.	Oferta hídrica en la subcuenca 06.....	71

5.2.7.	Oferta hídrica en la subcuenca 07.....	72
5.2.8.	Oferta hídrica en la subcuenca 08.....	73
5.2.9.	Oferta hídrica en la subcuenca 09.....	74
5.2.10.	Oferta hídrica en la subcuenca 10.....	75
5.3.	RESULTADOS DE PROPUESTAS DE EMBALSE.....	76
5.4.	RESULTADOS DE LA OFERTA HIDRICA REGULADA EN LA CUENCA DEL RIO CAJAMARCA.....	77
5.4.1.	Movimiento del embalse.....	77
5.4.2.	Garantía del abastecimiento de agua.....	77
VI.	CONCLUSIONES.....	79
VII.	RECOMENDACIONES.....	80
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
IX.	ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Comparación entre porcentajes de la población de las regiones naturales y disponibilidad relativa de agua	6
Figura N° 2: El ciclo hidrológico con un balance de agua promedio anual.	8
Figura N° 3: Polígono de Thiessen.....	10
Figura N° 4: Isoyetas	10
Figura N° 5: Esquema del balance humedad – suelo en el modelo “Soil Moisture Method”	12
Figura N° 6: Zonas de Modelación de embalses en WEAP	15
Figura N° 7: Ubicación de la zona de estudio	18
Figura N° 7: Caudal promedio mensual, estación Jesús Túnel	26
Figura N° 7: Ubicación de estaciones meteorológicas	27
Figura N° 8: Variabilidad mensual de humedad relativa media (%).....	28
Figura N° 9: Variabilidad mensual de Velocidad de viento medio (m/s)	29
Figura N° 28: Definición de subcuencas en la zona de estudio	34
Figura N° 29: Esquema Topológico de la cuenca en estudio	35
Figura N° 10: Análisis gráfico de la Estación Augusto Weberbauer	36
Figura N° 11: Análisis gráfico de la Estación San Marcos	37
Figura N° 12: Análisis gráfico de la Estación San Juan	37
Figura N° 13: Análisis gráfico de la Estación Namora	38
Figura N° 14: Análisis gráfico de la Estación Encañada.....	38
Figura N° 15: Análisis gráfico de la Estación Jesús Túnel	39
Figura N° 16: Análisis gráfico de la Estación La Victoria.....	39
Figura N° 17: Análisis gráfico de la Estación Sondor Matara	40
Figura N° 18: Análisis gráfico de la Estación Granja Porcón	40
Figura N° 19: Análisis de doble masa mensual de la Estación Augusto Weberbauer ...	41
Figura N° 20: Análisis de doble masa mensual de la Estación San Marcos	41
Figura N° 21: Análisis de doble masa mensual de la Estación San Juan	41
Figura N° 22: Análisis de doble masa mensual de la Estación Namora	42
Figura N° 23: Análisis de doble masa mensual de la Estación Encañada.....	42
Figura N° 24: Análisis de doble masa mensual de la Estación Jesús Tunel.....	42
Figura N° 25: Análisis de doble masa mensual de la Estación La Victoria	43

Figura N° 26: Análisis de doble masa mensual de la Estación Sondor Matara.....	43
Figura N° 27: Análisis de doble masa mensual de la Estación Sondor Matara.....	43
Figura N° 30: Parámetros de calibración iniciales Fuente: Escalante Verona, 2016	49
Figura N° 32. Ubicación de embalse 01	51
Figura N° 33. Ubicación de embalse 02	52
Figura N° 34. Ubicación de embalse 03	52
Figura N° 35. Ubicación de embalse 04	53
Figura N° 36. Ubicación de embalse 05	53
Figura N° 37. Ubicación de embalse 06	54
Figura N° 38. Ubicación de embalse 07	54
Figura N° 39. Ubicación de embalse 08	55
Figura N° 31: Ubicación de Embalses.....	56
Figura N° 40: Comparación de caudales simulados y observados en el período de calibración (2006 – 2013).....	63
Figura N° 41: Comparación de caudales simulados y observados en el período de validación (2014 – 2015).....	64
Figura N° 42: Comparación de caudales simulados y observados en el período de calibración (2006 – 2013).....	64
Figura N° 43: Comparación de caudales simulados y observados en el período de validación (2014 – 2015).....	65
Figura N° 44: Serie de caudales generados en la Subcuenca 01	66
Figura N° 45: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 01	66
Figura N° 46: Caudales promedios mensuales de la Subcuenca 01	66
Figura N° 47: Serie de caudales generados en la Subcuenca 02	67
Figura N° 48: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 02	67
Figura N° 49: Serie de caudales generados en la Subcuenca 02	67
Figura N° 50: Serie de caudales generados en la Subcuenca 03	68
Figura N° 51: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 03	68
Figura N° 52: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 03.....	68
Figura N° 53: Serie de caudales generados en la Subcuenca 04	69
Figura N° 54: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 04	69
Figura N° 55: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 04.....	69
Figura N° 56: Serie de caudales generados en la Subcuenca 05	70
Figura N° 57: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 05	70

Figura N° 58: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 05.....	70
Figura N° 59: Serie de caudales generados en la Subcuenca 06	71
Figura N° 60: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 06	71
Figura N° 61: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 06.....	71
Figura N° 62: Serie de caudales generados en la Subcuenca 07	72
Figura N° 63: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 07	72
Figura N° 64: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 07.....	72
Figura N° 65: Serie de caudales generados en la Subcuenca 08	73
Figura N° 66: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 08	73
Figura N° 67: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 08.....	73
Figura N° 68: Serie de caudales generados en la Subcuenca 09	74
Figura N° 69: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 09	74
Figura N° 70: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 09.....	74
Figura N° 71: Serie de caudales generados en la Subcuenca 10	75
Figura N° 72: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 10	75
Figura N° 73: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 10.....	75
Figura N° 74: Ubicación de embalses propuestos	76
Figura N° 75: Movimiento de embalses en la Cuenca del Río Cajamarca	77
Figura N° 76: Cobertura Volumétrica	77
Figura N° 77: Cobertura Temporal.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio	17
Cuadro N° 2: Características de la zona de estudio.....	19
Cuadro N° 3: Distritos incluidos la zona de estudio.....	20
Cuadro N° 4: Población Total por Provincia.....	20
Cuadro N° 5: Población Económicamente Activa	20
La red de estaciones meteorológicas se identifican en el cuadro N° 6.....	23
Cuadro N° 6: Red de estaciones Meteorológicas de la cuenca del río Cajamarca	24
Cuadro N° 7: Red de estaciones climatológicas de la cuenca del río Cajamarca.....	24
Cuadro N° 8: Estaciones hidrométricas en la cuenca de estudio.....	25
Cuadro N° 9: Información hidrométrica obtenida de la Estación Jesús Túnel (m ³ /s)..	25
Cuadro N° 10: Estación con Datos de Humedad Relativa en la cuenca en estudio	28
Cuadro N° 11: Información Humedad Relativa media mensual (%) en la cuenca en estudio.....	28
Cuadro N° 12: Estación con información de velocidad de viento medio mensual (m/s) en la cuenca en estudio	29
Cuadro N° 13: Tipo de cobertura Vegetal en la cuenca del río Cajamarca.....	31
Cuadro N° 14: Agrupación de cobertura vegetal de la cuenca en estudio	32
Cuadro N° 15: Agrupación de cobertura vegetal por Subcuencas	32
Cuadro N° 16: División de Subcuencas en la zona de estudio.....	33
Cuadro N° 17: Pruebas estadísticas para el análisis de consistencia de cada estación.....	46
Cuadro N° 18: Parámetros de la calibración	49
Cuadro N° 19: Indicadores de Eficiencia	50
Cuadro N° 20: Características de Presas propuestas	57
Cuadro N° 21: Indicadores de eficiencia del modelo.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°1: REGISTRO HISTÓRICO TOTAL MENSUAL DE PRECIPITACION	83
ANEXO N°02: CAUDALES SIMULADOS EN WEAP	93
ANEXO N°03: MAPA DE COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA EN ESTUDIO	104
ANEXO N°04: PLANO TOPOGRÁFICO DE EMBALSES PROPUESTOS	106

RESUMEN

El presente estudio tiene como principal objetivo la obtención de la oferta hídrica regulada, 8 embalses propuestos, y no regulada en la subcuenca del río Cajamarca hasta la estación de aforo Jesús Túnel en la Cuenca alta del río Crisnejas, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca. Con tal fin, comprende tres acciones: como primera acción con el modelamiento hidrológico mediante el modelo precipitación-escorrentía denominado “soil moisture method” que utiliza el sistema informático Water Evaluation and Planning (WEAP) de la sub cuenca de aporte de descarga al estudio.

Como segunda acción se procede ubicar las formaciones de vasos naturales en la zona de estudio y a obtener sus características.

Y finalmente, con el modelo hidrológico calibrado se generaron series de caudales en cada punto de interés (embalses propuestos), estos caudales representan volúmenes de agua que ingresan a cada embalse. En la simulación de la operación de los embalse en WEAP además de la información obtenida del modelo se requiere de la información obtenida de los embalses propuestos, y así obtener un caudal de oferta a través de continuas iteraciones con la finalidad de obtener una garantía aproximada al 100% en cobertura volumétrica y temporal. Como resultados se obtuvo una buena aproximación demostrados en los indicadores de eficiencia del caudal simulado respecto al caudal observado, se propuso 8 embalses que suman una capacidad de almacenamiento de 90.06Hm³ y de la simulación de operación de los 8 embalses se obtuvo una oferta hídrica de 9.5 m³/s, superior a muchos de los caudales promedios obtenidos en cada subcuenca.

Palabras claves: Modelamientos hidrológico, precipitación – escorrentía, WEAP, embalses propuestos, oferta hídrica.

ABSTRACT

The main objective of this study is to obtain the regulated water supply, 8 proposed reservoirs, and it is not regulated in the Cajamarca river sub-basin until the Jesús Túnel attention station in the upper basin of the Crisnejas River, Cajamarca Province, Department of Cajamarca. To this end, it includes three actions as "first step", "soil moisture system" that uses the computer system "Water Assessment and Planning" (WEAP).

As a second action, the forms of the natural vessels should be located in the study area and obtain their characteristics.

And finally, with the calibrated hydrological model, series of flows were generated at each point of interest (proposed reservoirs), these flows represent the water that has been sent to each reservoir. In the simulation of the operation of the reservoirs in WEAP, in addition to the information obtained from the model, the operation of the proposed reservoirs is required, and thus a relation of the supply is obtained through continuous iterations with the purpose of obtain a guarantee of approximately 100% volumetric and temporary coverage. As a good approximation has been obtained, it has been demonstrated in the indicators of the efficiency of the data flow, a proposal of 8 reservoirs has been presented that add up to a storage capacity of 90.06Hm³ and of the simulation of the operation of the 8 reservoirs 9.5 m³ / s, higher than many of the average numbers in each sub-basin.

Key words: Hydrological modeling, precipitation - runoff, WEAP, proposed reservoirs, water supply.

I. INTRODUCCIÓN

Aunque el agua en el Perú, en general dista de ser un recurso escaso, es un hecho que no está disponible de forma natural en el espacio y tiempo que se le necesita. El crecimiento demográfico, el desarrollo económico y la creciente preocupación por la salud de los ecosistemas producen demandas siempre mayores cuya satisfacción cada vez es más compleja. (PLAN NACIONAL DE RECURSOS HIDRICOS, 2013)

El régimen de precipitación en el Perú, de acuerdo a la información existente, se puede definir como muy variable (distribución temporal y geográficas muy dispersas). Siendo las precipitaciones abundantes durante el verano, mientras que en el resto del año se presenta meses de estiaje.

En la región de Cajamarca, al 2011 existe una demanda hídrica de 2113 Hm³ y 8347 Hm³ como agua disponible sin uso. (Fuente: ANA)

Es decir, toda el agua disponible sin uso (8347 Hm³), desemboca en las cuencas del océano Atlántico o Pacífico por escurrimiento o se pierde por infiltración. Significa que en Cajamarca existe una gran cantidad de agua que no es aprovechada siendo necesario para su captación, mayor infraestructura hidráulica para de esta manera garantizar el uso de agua para todos los usos en todos los meses, como agrarios, mineros, poblacionales, energéticos, entre otros.

Dentro de este contexto, ¿Existen soluciones para almacenar el recurso hídrico y así poder cubrir la demanda en los diversos sectores en los meses de estiaje?

La zona de estudio se encuentra en la cuenca del río Cajamarca ubicada en la parte alta de la cuenca del río Crisnejas; políticamente se encuentra en la provincia de Cajamarca, en el departamento de Cajamarca. Se encuentra bajo la jurisdicción del ALA de Cajamarca.

En la presente tesis se desarrollará un modelamiento hidrológico por medio del Sistema Informático WEAP a través del modelo “Soil Moisture Method”.

Así mismo se propone la ubicación de los vasos de embalses formados naturalmente en la zona de estudio así como de sus características y sus capacidades de almacenamiento. Finalmente se simula la operación de todos los embalses con el objetivo de determinar un caudal de oferta que pueda satisfacer cualquier demanda de manera volumétrica y temporal.

II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Objetivo principal

- Evaluar el potencial hídrico de la cuenca hídrica en el río Cajamarca con fines de regulaciones futuras.

2.1.2. Objetivos específicos

- Elaborar el modelo hidrológico de la cuenca del río Cajamarca hasta el punto de aforo de Jesús Túnel mediante el sistema informático WEAP
- Proponer embalses dentro de la cuenca en estudio..
- Regular la oferta hídrica en la cuenca del río Cajamarca con los embalses propuestos.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. EL AGUA EN EL PERÚ

3.1.1. Vertientes y disponibilidad de agua

El territorio peruano está dividido en tres grandes vertientes: la vertiente del Pacífico, del Atlántico y la del Titicaca; la masa anual promedio de agua superficial que producen estas tres vertientes es de 780 000 millones de m³, donde el 90% es agua que se va al Atlántico a través del río Amazonas, y del 10%% restante sólo se aprovecha una pequeña parte, debido al régimen estacional de nuestras corrientes de agua. (MINAGRI, 2013)

La vertiente del Pacífico

Drena las aguas que se generan en el lado occidental de la Cordillera de Los Andes (sierra occidental y costa), a través de 53 cuencas hidrográficas, cuyos ríos desembocan directamente en el Océano Pacífico.

La superficie de esta vertiente representa el 22% del territorio nacional, pero su disponibilidad de recurso hídrico natural es muy bajo, ya que su disponibilidad (37 030 millones de m³/ año) es de menos del 2% del volumen de agua dulce del país. Paradójicamente, en esta vertiente, la más seca de las tres, vive más del 60% de la población y se consume el 87% del total de agua utilizada en el país. De los 16 500 millones de metros cúbicos de agua que se consumen en esta vertiente, la mayoría es para fines de uso agrícola (86%), industrial (6,7%) y poblacional (6,2 %). (MINAGRI, 2013)

La vertiente del Atlántico

Drena las aguas que se generan en el lado oriental de la Cordillera de los Andes (sierra oriental y Amazonía), a través de 44 cuencas hidrográficas, cuyos ríos dirigen sus aguas hacia el Océano Atlántico. La superficie de esta vertiente representa el 74% del territorio del Perú, y debido a las abundantes lluvias en la selva alta y baja, esta vertiente dispone de más del 97% del volumen de agua del país (1 998 405 m³/año). De los 2 368 millones de m³ de

agua que se consumen en esta vertiente, la mayoría es para fines de uso agrícola (84%), poblacional (6,2%) y minero (2,2%). (MINAGRI, 2013)

La vertiente del Titicaca

Esta vertiente es muy pequeña, es apenas el 4% del territorio peruano, y aporta el 0,5% del volumen total de agua hacia el complejo hidrográfico del lago Titicaca, a través de 9 cuencas. De los 103 millones de m³ de agua que se consumen en esta vertiente, la mayoría es para fines de uso agrícola (69%), poblacional (17%) y pecuario (2,2%). (MINAGRI 2013)

Uso y manejo de agua

El uso del agua puede ser “consuntivo”, es decir que se consume efectivamente durante alguna actividad, como la agrícola, poblacional, industrial, etc., o “no consuntivo”, donde se utiliza el agua sin consumirse efectivamente, como en la actividad energética, donde luego del aprovechamiento por las hidroeléctricas, puede estar apta para otros fines, como los agrícolas, por ejemplo. Si bien el consumo del agua se divide por sectores económicos, constituye también una red de transporte principal en la selva.

El consumo de agua en el Perú, en su mayoría se debe a actividades agrícolas, las cuales consumen 12 veces más que para fines poblacionales. El uso del agua para generación de energía eléctrica es también muy importante, utilizándose más de 11 000 millones de m³/año. En la costa, debido a la gran demanda de agua para agricultura, al asentamiento de más de la mitad de la población y a la concentración de grandes industrias, se utiliza el 36% del agua disponible naturalmente para esa región. El consumo de esta región (en promedio por persona) es de 1 105 m³/año, aproximadamente 3 000 litros de agua por persona al día, el triple del consumo en la sierra y diez veces más que en la selva.

En la sierra se utiliza el 0,83% del agua disponible naturalmente para esa región. El consumo promedio por persona es de 354 m³/año, aproximadamente 1000 litros de agua por persona al día.

En la selva, debido al gran volumen de agua disponible, se utiliza tan solo el 0,02% del agua disponible naturalmente para esa región. El consumo promedio por persona es de 109 m³/año, aproximadamente 300 litros de agua por persona al día.



Figura N° 1: Comparación entre porcentajes de la población de las regiones naturales y disponibilidad relativa de agua

Fuente: INEI – INRENA

Para dar solución a la escasez de agua en las zonas áridas, se tiene una red de reservorios. El Perú tiene una capacidad máxima de almacenamiento de agua de 2 731 millones de m³, distribuida en nueve reservorios.

En cuanto al agua potable, en el 2003, las más de 40 empresas de servicios produjeron 1 188 millones de m³ en todo el país (SUNASS). Esto equivale a una disponibilidad promedio de 120 litros de agua potable disponibles por persona al día. (MINAGRI 2013)

3.1.2. Problemática del Agua en el Perú

La mayoría de las personas habitan en ciudades donde se requiere más agua de la que la geografía provee.

En el escenario nacional, tanto la legislación como la institucionalidad creada para regular y administrar el uso del agua resultan débiles y frágiles.

Es por esto que es necesario la Gestión Integrada del Agua integrada al desarrollo sostenible del país. (MINAGRI, 2013)

3.2. PLAN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Aunque el agua en el Perú, en general dista de ser un recurso escaso, es un hecho que no está disponible de forma natural en el espacio y tiempo que se le necesita. El crecimiento demográfico, el desarrollo económico y la creciente preocupación por la salud de los ecosistemas producen demandas siempre mayores cuya satisfacción cada vez es más compleja. El empleo intensivo de recursos hídricos afecta gravemente a la propia calidad del agua y a su entorno ambiental, y pone en peligro la continuidad del desarrollo de las actividades que se sustentan en el agua y garantizan su disponibilidad.

(PLAN NACIONAL DE RECURSOS HIDRICOS, 2013)

La ley de recursos hídricos N° 29338, del 30 de marzo del 2009, tiene como primer principio de valoración del agua y de la gestión integrada del agua puesto que el agua tiene valor sociocultural, valor económico y valor ambiental, por lo que su uso debe basarse en la gestión integrada y el equilibrio entre estos. Además, el agua es un integrante relevante en los ecosistemas y renovable a través del ciclo hidrológico.

3.3. EL CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico se lleva a cabo en tres estratos del sistema terrestre: la atmósfera, ósea la capa gaseosa que envuelve al globo terráqueo, la litósfera 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 terrestre. A ciencia cierta no se sabe dónde se inicia el ciclo hidrológico, pero se considera que por ocupar los mares y océanos en 70% de la superficie del planeta, es ahí donde se inicia el ciclo, ya que la evaporación proveniente de ellos es mucho más alta que la proveniente de la tierra y de algunas partes de la atmosfera. (MEJÍA, 2012)

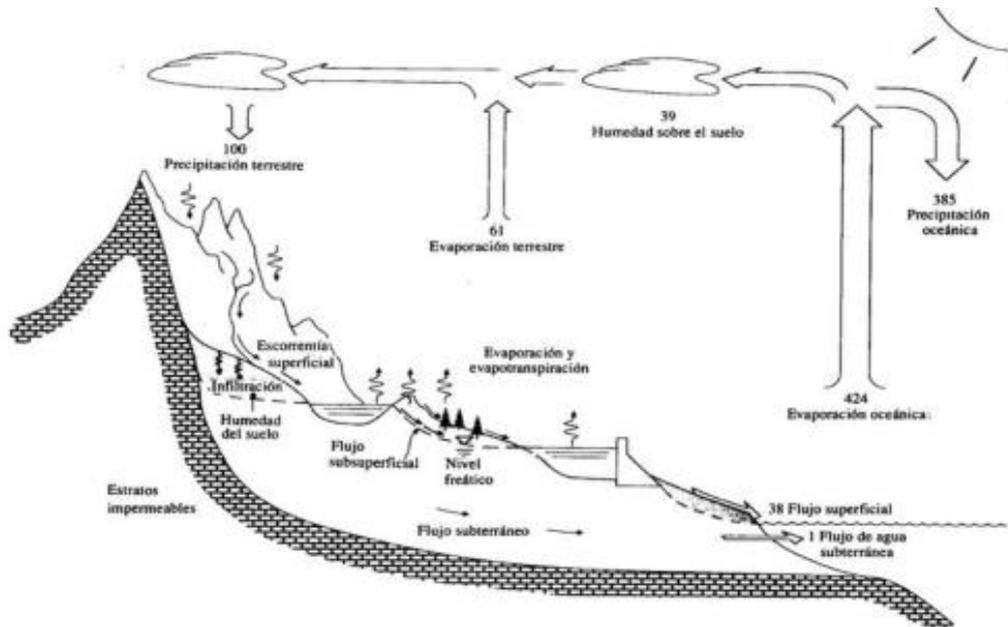


Figura N° 2: El ciclo hidrológico con un balance de agua promedio anual.

Fuente: CHOW, V.T; MAIDMENT, D; Y MAYS, L. 2000

3.4. MODELO HIDROLÓGICO

Es la representación esquemática de un fenómeno hidrometeorológica que ocurre dentro de la cuenca hidrográfica, realizado con el objetivo de estudiar o de analizar la influencia que ejerce un fenómeno. La representación puede ser matemática o física, en el primer caso el modelo es el resultado de expresiones analíticas de la complejidad observada que se representa mediante ecuaciones. La segunda es una maqueta que reproduce el fenómeno a una escala determinada.

Existen diferentes tipos de modelos dependiendo de la naturaleza, técnicas y procedimientos que utilizan para la cuantificación del valor de las variables, dentro de los cuales tenemos entre los más significativos (VEN TE CHOW, 2000):

- Modelos estocásticos.
- Modelos empíricos o estadísticos.
- Modelos globales o discretos (distribuido).
- Modelos lineales o no lineales.

Modelo estacionarios o no estacionarios

3.5. PRECIPITACIÓN

Se define precipitación a toda forma de humedad, que originándose en las nubes llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación. (CHEREQUE, 1989)

3.6. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

Es una metodología para analizar la consistencia y la homogeneidad de datos hidrometeorológicos. La consistencia absoluta de la serie se determina mediante el análisis estadístico de los tests F (Fisher) y T (Student) , destinados a comprobar la dispersión de la varianza y la media respectivamente; y la consistencia relativa se analiza utilizando gráficos de dobles masas acumulada

3.7. CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE UNA ZONA

En General, la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Los pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir la que se produce en el punto en el que está instalada el aparato. Para Calcular la precipitación media de una tormenta o precipitación media anual, existen 3 métodos:

Promedio Aritmético

Consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona.

Polígono de Thiessen

Para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones. En la Figura N°3 se puede observar el desarrollo de este método.

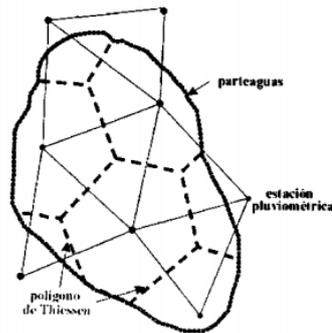


Figura N° 3: Polígono de Thiessen

Fuente: Máximo Villón Bejar,

Isoyetas

Para este método se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona de estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación. Este es el método más exacto, pero requiere de un criterio para trazar el plano de isoyetas. Se puede decir que si la precipitación es de tipo orográfico, las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a las curvas de nivel. Por supuesto, entre mayor sea el número de estaciones dentro de la zona en estudio, mayor será la aproximación con lo cual se trace el plano de isoyeta. En la Figura N° 4 se puede observar el desarrollo de este método.

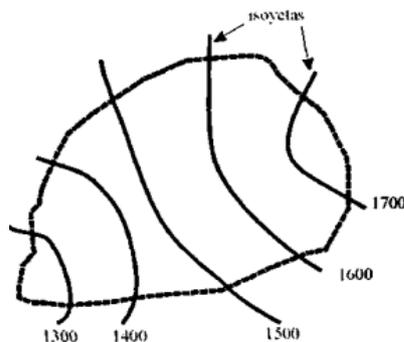


Figura N° 4: Isoyetas

Fuente: Máximo Villón Bejar,

3.8. EMBALSES

Se determina embalse a la acumulación de agua debido a una obstrucción en el lecho de un río que cierra parcial o totalmente su cauce. El volumen de agua queda retenido en un vaso topográfico, debido a una serie de eventos ocasionados por la naturaleza o por la intervención del hombre, gracias a la realización de obras hidráulicas. Por lo general, un embalse se forma artificialmente cerrando la boca de un valle mediante una presa o dique, dando lugar a un

lago artificial, construido con el fin de producir energía hidroeléctrica o almacenar agua durante la estación lluviosa y distribuirla durante la estación seca, para el riego de terrenos o abastecimiento de agua para la población. (GUEVARA, 1991)

3.9. SISTEMA INFORMÁTICO WEAP

3.9.1. Descripción del WEAP

El *Sistema Informático* WEAP (*Water Evaluation And Planing System*) es una herramienta de modelación para la planificación y distribución de agua que puede ser aplicada a diferentes escalas, desde pequeñas zonas de captación hasta extensas cuencas.

WEAP explícitamente incluye demandas de agua con prioridades asociadas y usa escenarios para evaluar diferentes esquemas de distribución del recurso. WEAP incluye un modelo hidrológico, así como varios módulos que permiten integrar WEAP con el *Sistema Informático* para modelación de aguas subterráneas MODFLOW y con el Sistema Informático para modelación de calidad del agua QUAL2K.

WEAP apoya la planificación de recursos hídricos balanceando la oferta de agua (generada a través de módulos físicos de tipo hidrológico a escala de subcuenca) con la demanda de agua (caracterizada por un sistema de distribución de variabilidad espacial y temporal con diferencias en las prioridades de demanda y oferta).

A diferencia de otros modelos de recursos hídricos típicos basados en modelación hidrológica externa, WEAP es un Sistema Informático de modelación forzado por variables climáticas. Por otra parte y de manera similar a estos modelos de recursos hídricos, WEAP incluye rutinas diseñadas para distribuir el agua entre diferentes tipos de usuarios desde una perspectiva humana y ecosistémica. Estas características convierten a WEAP en un Sistema Informático de modelación ideal para realizar estudios de cambio climático, en los que es importante estimar cambios en la oferta de agua (e.j. cambios en la precipitación proyectados) y en la demanda de agua (e.j. cambios en la demanda por evaporación en cultivos), los cuales producirán un balance de agua diferente a nivel de cuenca. (Universidad Chilena, 2009)

3.9.2. Modelo Precipitación – Escorrentía

La oferta de agua de la cuenca en estudio es calculada mediante un modelo precipitación – escorrentía, dicho modelo es incorporado en el sistema informático WEAP como un modelo conceptual de transformación denominado “Método de Humedad de Suelo”, este modelo es el más complejo y también el que más aplicaciones tiene en diferentes estudios.

El modelo “Soil Moisture Method” realiza el balance de agua de manera mensual y se distribuye uniformemente a lo largo de cada subcuenca satisfaciendo las necesidades hídricas de cada una sin un orden de prioridades y/o preferencias.

El modelo hidrológico en WEAP es semi – distribuido, la zona de estudio total es dividida en sub-cuencas (catchment). Los Datos climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) son datos de entrada dentro de cada sub-cuenca, las cuales están divididas por cada tipo de cobertura del suelo.

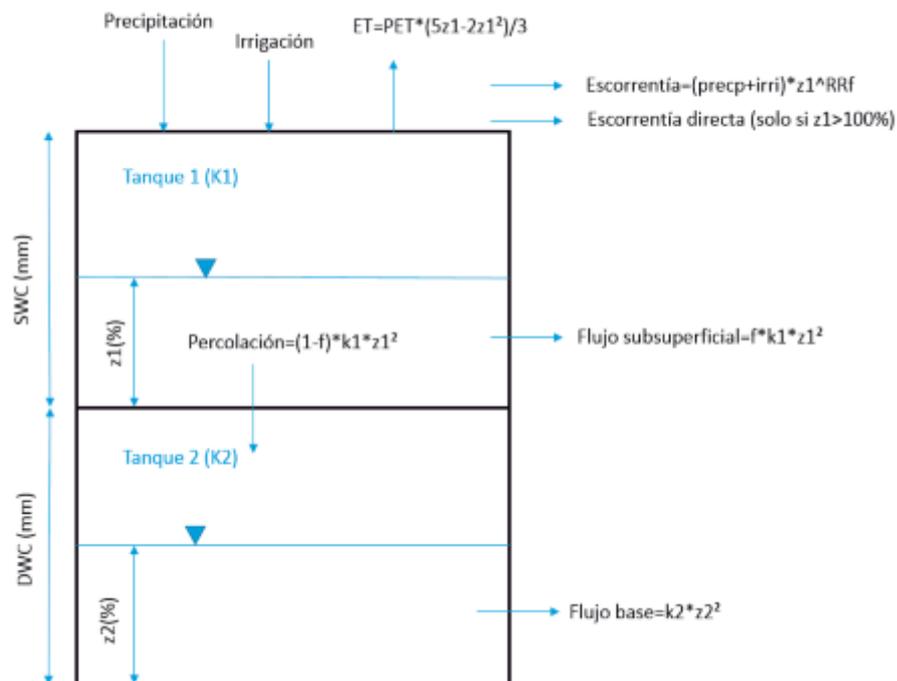


Figura N° 5: Esquema del balance humedad – suelo en el modelo “Soil Moisture Method”

Fuente: Manual de Usuarios de WEAP

Una unidad de cuenca (denominado “catchment” en el modelo) puede ser dividida en “N” fracciones representando distintos usos y tipos de suelo. Un balance de agua se calcula para cada fracción de área “j” de los “N” considerados. El clima se asume uniforme sobre cada “catchment” y el balance de agua en el primer compartimiento (“tanque 1”) viene dado por la siguiente expresión:

$$Rd_j \frac{\Delta z_{i,j}}{\Delta t} = Pe(t) - PET(t)k_{c_j}(t) \left(\frac{5z_{1,j} - 2z_{1,j}^2}{3} \right) - Pe(t)z_{1,j}^{RRFj} - f_j k_{1,j} z_{1,j}^2 - (1 - f_j)k_{1,j} z_{1,j}^2 \quad (1)$$

Dónde:

$Z_{1,j}$ es el almacenamiento relativo expresado como fracción del almacenamiento total efectivo en la zona de raíces (primer compartimiento).

Rd_j (mm) es la capacidad de almacenamiento efectivo en la zona de raíces para la fracción “j” de cobertura de suelo.

$Pe(t)$ (mm) es la precipitación total, que incluye el deshielo de la capa de nieve acumulada en cada unidad de cuenca, donde mc es el coeficiente de fusión según:

$$m_c = \begin{cases} 0 & T_i < T_s \\ 1 & T_i < T_l \\ \frac{T_i - T_s}{T_l - T_s} & \text{si } T_s \leq T_i \leq T_l \end{cases}$$

Donde T_i es la temperatura observada para el mes “i”, y T_l y T_s son los umbrales de fusión y congelamiento, respectivamente. La acumulación de nieve Ac_i es una función de m_{ci} y de la precipitación total mensual observada P_i , según la siguiente relación:

$$Ac_i = Ac_{i-1} + (1 - m_c)P_i$$

Donde la tasa de fusión se define como:

$$m_r = Ac_i m_c$$

Luego, la precipitación efectiva se calcula como:

$$Pe = P_i m_c + m_r$$

- PET (t) (mm) es la evapotranspiración potencial calculada según la ecuación de Penman-Monteith, donde K_{cj} es el coeficiente de cultivo para la fracción de cobertura de suelo llamado “j”.
- RRf_j es el factor de resistencia a la escorrentía del tipo de cobertura “j” del suelo. Valores elevados de ese parámetro implican menor escorrentía superficial.
- f_j es la dirección e flujo preferente para el tipo de cobertura “j” del suelo. Este coeficiente determina el reparto horizontal (subsuperficial) o vertical (percolación profunda).
- K_{sj} representan la conductividad saturada del compartimiento superior, para la fracción “j” de la unidad de cuenca.

En la figura 5, SWC (mm) y DWC (mm) representan la máxima capacidad de almacenamiento de los compartimientos superior e inferior respectivamente.

El balance de humedad en el suelo en el segundo compartimiento, en los casos en los que no exista un nodo de agua subterránea, se calcula con la siguiente expresión:

$$S_{max} \frac{\Delta z_2}{\Delta t} = \left(\sum_{j=1}^N (1 - f_j) k_{1,j} z_{1,j}^2 \right) - k_2 z_2^2$$

Dónde:

S_{max} es la capacidad máxima de almacenamiento del segundo tanque. K_2 representa la conductividad saturada del compartimiento inferior. K_2 es definido por un solo valor para cada unidad de cuenca, por tal razón no tiene el subíndice “j”.

Cuando se introduce un acuífero en el modelo y se establece una relación entre la unidad de la cuenca y el nodo de agua subterránea, el término de almacenamiento definido en la ecuación anterior se ignora y se define la recarga del acuífero R (volumen/tiempo) con la siguiente expresión:

$$R = \sum_{j=1}^N A_j (1 - f_j) k_{1,j} z_{1,j}^2$$

3.9.3. Operación de Embalses

En el programa WEAP, los reservorios son modelados de forma independiente del caudal del río. La representación de embalses se encuentra dividida en cuatro zonas y están indicadas en el siguiente esquema:

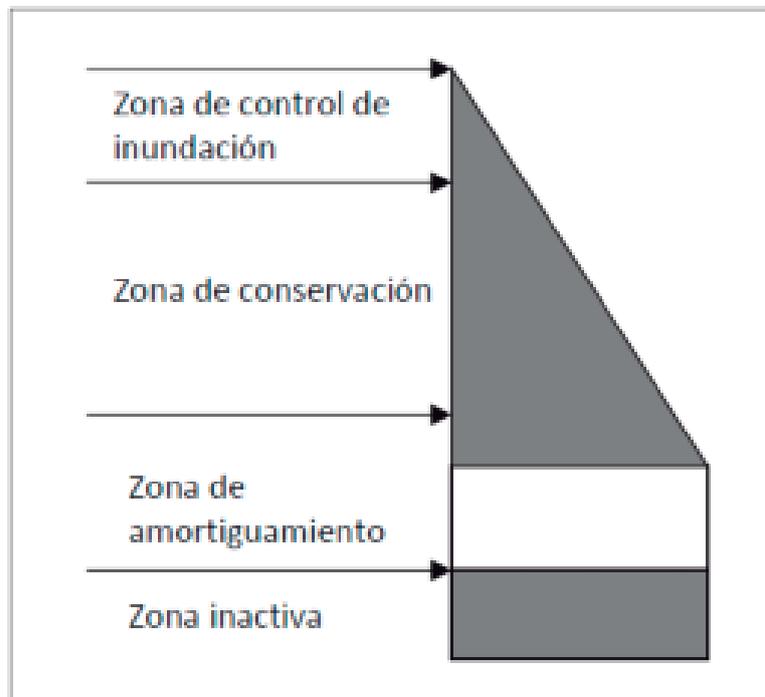


Figura N° 6: Zonas de Modelación de embalses en WEAP

Fuente: Manual de usuario de WEAP

Las zonas de conservación y amortiguamiento constituyen el agua disponible de embalse para su aprovechamiento. El programa WEAP se asegura de que siempre la zona de control de inundación se encuentre a disposición, permitiendo la liberación del agua de la zona de conservación para cumplir con los requerimientos de los sitios de demanda o para generación hidroeléctrica.

Cuando el nivel del almacenamiento de agua desciende hasta la zona de amortiguamiento, la liberación de agua está controlada de acuerdo a un coeficiente de amortiguamiento determinado por el operador. El agua de la zona inactiva no se encuentra disponible, de esta manera WEAP permite representar un mecanismo de conservación de agua en la operación de los embalses.

Si la prioridad asignada al almacenamiento de agua en un reservorio es inferior a las demandas o a otros elementos, WEAP asignará la mayor cantidad de almacenamiento disponible priorizando el abastecimiento de los sitios de demanda, teniendo en cuenta las emisiones de otros depósitos, extracciones de los ríos y otras fuentes.

3.9.4. Aplicación del Sistema Informático WEAP

El desarrollo de un modelo en el *Sistema Informático WEAP* incluye generalmente las siguientes etapas (SEI 2015):

1. Definición del estudio: En esta etapa se establece el marco temporal, los límites espaciales, los componentes del sistema y la configuración del problema.
2. Búsqueda de información: En esta etapa se hace una recolección de datos de acuerdo con el tipo de estudio definido. Esta etapa puede ser iterativa, y generalmente se realiza en dos partes: una etapa de recolección de datos generales, y una etapa de recolección de datos específicos una vez se ha montado el modelo y se han identificado necesidades adicionales de información.
3. Desarrollo del modelo: En esta etapa se construye el esquema, se realiza la entrada de datos y se realizan corridas iniciales de modelo para observar su comportamiento preliminar y para eliminar posibles inconsistencias y errores.
4. Calibración: En esta etapa se busca lograr un set de parámetros hidrológicos y operaciones que permitan obtener una representación de caudales y de operación de obras de infraestructura que asemeje los datos históricos de la forma más cercana posible.
5. Uso del modelo, generación de escenarios: Una vez que el modelo está calibrado, se pueden explorar los impactos que tendría una serie de supuestos alternativos sobre las políticas futuras, costos, y clima, por ejemplo, en la demanda de agua.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. ZONA DE ESTUDIO

4.1.1. Ubicación geográfica.

Geográficamente se ubica entre las coordenadas geográficas, según el cuadro a continuación:

Cuadro N° 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio

SISTEMAS	DATUM	COMPONENTES	VALOR	
			MINIMO	MAXIMO
Coordenadas Geográficas	Horizontal	Longitud Oeste	-78.161	-78.63
	WGS 1984	Latitud Sur	-6.93	-7.331
Coordenadas UTM Zona 17 S	Horizontal	Metros Este	762089	813616
	WGS 1984	Metros Norte	9188469	9233779
Coordenadas UTM Zona 18 S	Horizontal	Metros Este	99002	150662
	WGS 1984	Metros Norte	9188293	9233140
Altitud	Vertical			
	Nivel Medio del Mar	m.s.n.m.	2365	4248

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Demarcación hidrográfica

El río Cajamarca nace en la localidad de Huayrapongo por la unión del río Chonta con el río Mashcón, justo cuando deja el distrito de Baños del Inca para adentrarse en el distrito de Llacanora (provincia de Cajamarca). Recorre 60 km hasta que se une con el río Condebamba para conformar el Crisnejas. Su cauce no está bien definido y en épocas de avenida suele desbordarse arrasando con cultivos y pastos que se encuentran a las márgenes del río.

El río Cajamarca pertenece a la cuenca del río Crisnejas, la cual limita con:

Por el Norte : Cuenca del río Jequetepeque y la Intercuenca del alto Marañón IV

Por el Sur : Cuenca del río Santa
Por el Este : Intercuenca del alto Marañón V
Por el Oeste : Cuenca del río Chicama y Moche



Figura N° 7: Ubicación de la zona de estudio

4.1.3. Demarcación Política – Administrativa

La Cuenca del río Cajamarca se ubica dentro de 3 Autoridades Locales del Agua, ALA Crisnejas, ALA Cajamarca y AAA IV Marañón. Y políticamente se ubica en:

Provincia : Cajamarca, San Marcos y Celendín
Departamento : Cajamarca
Provincia : Cajamarca

4.1.4. Características de la cuenca

Las características geomorfológicas de la cuenca se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2: Características de la zona de estudio

Parámetro	Descripción	Valor
Area de la Cuenca (Km2)	Area de la zona de Estudio	1369.02
Perimetro (Km)	Longitud del contorno de la Zona de Estudio	231.27
indice de Compacidad	Relación entre el perímetro y área de la cuenca	1.75
Longitud del Cauce Principal (km)	Longitud del caudal del río Cajamarca	60.37
Ancho Medio	Ancho medio de la zona en estudio	22.677
Factor de Forma	Relación entre el ancho medio de la cuenca y longitud del cauce principal	0.375
Pendiente medio de la cuenca	Calculada a lo largo de toda la longitud del cauce principal.	1.84%

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5. Accesibilidad – vías de comunicación

- Vía Terrestre: Panamericana Norte (865 Km – 16 Horas)
- Distancias desde la ciudad de Cajamarca:
 - San Marcos (Prov. San Marcos) 64 km / 1 hora.
- Vía Aérea: Vuelos regulares desde Lima a la ciudad de Cajamarca. (1 hora Aprox.)

4.1.6. Aspectos socioeconómicos

La cuenca del río Cajamarca políticamente está conformada, en su mayoría por la provincia de Cajamarca y la provincia de San Marcos. Según los cuadros a continuación.

Cuadro N° 3: Distritos incluidos la zona de estudio

Departamento	Provincia	Distritos
Cajamarca	Cajamarca	Encañada, Baños del Inca, Namora, Matara, Cajamarca, Llanacora y Jesús.
	San Marcos	Gregorio Pita, Pedro Gálvez, Jose Sabogal, Jose Manuel Quiroz, Ichocan, Chancay y Eduardo Villanueva.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4: Población Total por Provincia

Departamento	Provincia	Total Población (hab)	Hombre (hab.)	Mujer (hab)
Cajamarca	Cajamarca	347749	172737	175012
	San Marcos	54486	39988	14498

Fuente:
Censo

Nacional, 2007

Cuadro N° 5: Población Económicamente Activa

Departamento	Provincia	PEA			NO PEA
		Total	Ocupada	Desocupada	
Cajamarca	Cajamarca	41.80%	39.50%	2.30%	58.20%
	San Marcos	34.30%	32.40%	1.90%	65.70%

Fuente: Censo Nacional, 2007

4.1.7. Clima y ecología

De acuerdo al Mapa Ecológico del Perú y al Inventario de Recursos Naturales. La cuenca del río Cajamarca presenta 4 formaciones ecológicas.

Bosque Seco – Montano Bajo Tropical

Esta Zona de vida se ubica aproximadamente entre los 2400 msnm. y 2800 msnm. Su clima es semi seco y semifrío con pequeña deficiencia de agua durante el año. En esta formación vegetal, la precipitación pluvial anual fluctúa entre los 600 y 800 mm y la biotemperatura promedio mensual entre 13°C y 17°C, siendo la relación de evapotranspiración potencial entre los 100 y 200 veces la precipitación.

El relieve varía de suave a plano, propio de las terrazas de los valles interandinos, ha inclinado típico de las laderas que recorren dichos valles.

La vegetación primaria ha sido fuertemente deteriorada y sustituida en gran parte por los cultivos que se llevan a cabo mediante el riego o con la lluvia en los límites superiores de la formación.

Bosque Húmedo – Montano Tropical

Esta zona de vida ocupa la franja altitudinal entre los 2800 msnm y 3600 msnm. El patrón climático es semifrío. En esta formación vegetal, la precipitación pluvial anual fluctúa entre 600 y 1000 mm y la biotemperatura promedio anual fluctúa entre 9°C y 12°C siendo la relación de evapotranspiración potencial entre 0.5 y 1.0 veces la precipitación. Se ubica esta zona de vida en la provincia Húmedo.

El relieve es predominante empinado ya que conforma la parte superior de las laderas que marcan los valles interandinos, haciéndose un tanto más suave al límite con las zonas de Páramo que presenta gradientes moderadas por efecto de la acción glacial pesada.

Bosque muy Húmedo – Montano Tropical

Esta zona se distribuye en la región latitudinal tropical, entre los 2800 y 3800 msnm. En esta zona la precipitación anual mensual varía entre los 1000 y 1500 mm y la biotemperatura media anual entre 9°C y 12°C, siendo la relación de evapotranspiración potencial entre 0.25 y 0.50 veces la precipitación total por año, lo que las ubica en las provincia de humedad Per húmedo.

El relieve topográfico es por lo general accidentado con las laderas fuertes sobre el 60%.

Páramo muy Húmedo – Sub Alpino Tropical

La zona de vida se distribuye en la región latitudinal tropical, entre los 3900 y 4550 msnm. El clima es muy húmedo y frío, sin deficiencia de agua durante el año, su condición de humedad es mayor debido a que la evapotranspiración disminuye como consecuencia de la baja temperatura.

La precipitación anual mensual varía entre los 1200 y 584 mm y la biotemperatura media anual disminuye a 8°C y 4°C en las partes bajas y altas respectivamente. La evapotranspiración potencial entre 0.25 y 0.50 veces la precipitación total por año, lo que las ubica en la provincia de humedad: Per húmedo.

La configuración topográfica está definida por áreas bastantes extensas; suaves o ligeramente onduladas y colinadas, con laderas de fuerte declive hasta presentar en muchos casos afloramientos rocosos.

4.1.8. Suelos

Grandes Grupos de los suelos

Aquí se describe los tipos de suelos identificados en la cuenca del río Cajamarca. Según el ONERN, representa las características de suelos en grandes grupos, en la cuenca del río Cajamarca encontramos dos grandes grupos:

Regosol Éútrico – Cambisol Éútrico (**RGe – CMe**): Representan las lomadas, colinas y montañas. En este grupo de suelos se combinan Cambisoles y Regosoles, distribuidos en zonas montañosas de la cuenca, lo que impide un aprovechamiento óptimo integral de sus capacidades agrícolas, debido a las fuertes pendientes sobre las que se desarrollan.

Regosol Éútrico – Andosol míllico (**RGe – ANm**) : Dichos suelos se encuentran distribuidos irregularmente por zonas húmedas de la cuenca y su desarrollo edafológico es medio, con contenidos de nutrientes que lo hacen medianamente interesantes para su uso agrológico.

Capacidad de uso Mayor

El Ministerio de Agricultura y riego define la Capacidad de Uso Mayor de una superficie geográfica como su aptitud natural para producir en forma constante, bajo tratamientos continuos y usos específicos. En el Anexo N°03 se puede observar el mapa de Capacidad de uso mayor de suelos.

Observamos las diferentes capacidades de uso de mayor del suelo como:

Cultivo en Limpio – Pastos, ambos de calidad media

Tierras aptas para producción forestal con calidad agrológica baja y limitaciones de clima, así como tierras aptas para pastos.

Una asociación de producción Forestal con calidad baja agrológica

4.2. MATERIALES

4.2.1. Información cartográfica

El área de influencia de la cuenca que aporta descarga a las zonas de estudio está comprendida en los Planos catastrales (1/100,000), información obtenida del Instituto Geográfico Nacional (IGN), hoja 14f – Chota, 14g – Celendín, 15f – Cajamarca, 15g – San Marcos.

4.2.2. Información pluviométrica

La escorrentía que se presenta en la zona de estudio, se ve afectada directamente por las precipitaciones pluviales caídas en la zona. En las estaciones de la cuenca de estudio, se identifican nueve estaciones meteorológicas como las más representativas y con información consistente a nivel mensual. Las nueve estaciones seleccionadas cuentan con registros de 20 años (1996 – 2015) a excepción de la estación Encañada que cuenta con un registro de 19 años (1997 – 2015)

Red de Estaciones

La red de estaciones meteorológicas se identifican en el cuadro N° 6.

Cuadro N° 7: Red de estaciones Meteorológicas de la cuenca del río Cajamarca

RED DE ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA CUENCA DEL RIO CAJAMARCA								
NUMERO	CAT	NOMBRE	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PP MEDIA (mm)	PERIODO
1	PLU	ENCAÑADA	F	07°07'23.0"	78°19'58.0"	2862.00	887.0525	1997-2015
2	PLU	SONDOR MATARA	F	07°13'15.0"	78°14'36.0"	2760.00	1000.12917	1996-2015
3	PLU	SAN JUAN	F	07°17'27.0"	78°29'45.0"	2185.00	980.951875	1996-2015
4	PLU	JESUS TUNEL	F	07°14'44.0"	78°23'18.0"	2495.00	659.973913	1996-2015
5	PLU	SAN MARCOS	F	07° 20' 00.0"	78° 20' 00.0"	2254.00	715.978125	1996-2015
6	PLU	LA VICTORIA	F	07°11'25.0"	78°27'37.0"	2450.00	493.04	1996-2015
7	PLU	AUGUSTO WEBERBAUER	F	07°10'03.0"	78°29'35.0"	2536.00	646.934375	1996-2015
8	PLU	NAMORA	F	07° 12' 15"	78° 38' 0"	2980.00	865.880645	1996-2015
9	PLU	GRANJA PORCON	F	07°02'15.0"	78°37'45.0"	2854.00	1577.93249	1996-2015

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Información de temperatura

Se ha recopilado data histórica de temperatura media de 6 estaciones climatológicas existentes para las cuencas en estudio, las cuales presentan datos registros válidos para el desarrollo del modelo, así como también información consistente, razones por las cuales fueron escogidas.

Red de Estaciones

La red de estaciones climatológicas del área del proyecto se identifica en el cuadro N° 7.

Cuadro N° 8: Red de estaciones climatológicas de la cuenca del río Cajamarca

RED DE ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RIO CAJAMARCA								
#	CAT	NOMBRE	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	T MEDIA (°C)	PERIODO
1	CLI	SONDOR MATARA	F	07°13'15.0"	78°14'36.0"	2760.00	5.99	1996-2015
2	CLI	SAN JUAN	F	07°17'27.0"	78°29'45.0"	2185.00	12.37	1996-2015
3	CLI	JESUS TUNEL	F	07°14'44.0"	78°23'18.0"	2495.00	9.26	1996-2015
4	CLI	SAN MARCOS	F	07° 20' 00.0"	78° 20' 00.0"	2254.00	10.64	1996-2015
5	CLI	AUGUSTO WEBERBAUER	F	07°10'03.0"	78°29'35.0"	2536.00	14.78	1996-2015
6	CLI	NAMORA	F	07° 12' 15"	78° 38' 0"	2980.00	20.95	1996-2015

Fuente: SENAMHI

4.2.4. Información hidrométrica

La información hidrométrica empleada en la presente tesis ha sido proporcionada por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). Dentro de la cuenca en estudio se han identificado 3 estaciones hidrométricas (Ver cuadro N° 8: Estaciones hidrométricas en la cuenca de estudio) de las cuales a nivel mensual en la estación de Jesús Túnel resulta de mayor interés puesto que el periodo de datos históricos (2005 – 2016), señalado en el cuadro N°9: Información hidrométrica obtenida de la Estación Jesús Túnel (m³/s/), se encuentra dentro del periodo en el que se desarrolla el modelo (1996 – 2016), además de presentar consistencia en sus datos.

Cuadro N° 9: Estaciones hidrométricas en la cuenca de estudio

Nombre	Coordenadas		Altitud	Río	Período de Registro
	Longitud	Latitud	(msnm.)		
Jesús Túnel	-78.24	-7.13	2519	Cajamarca	2006 - 2016
Namora	-78.29	-7.27	2500	Namora	1968 - 1979
Puente Matara	-78.23	-7.21	2922	Matara	1970 - 1978

SENAMHI

Fuente:

Cuadro N° 10: Información hidrométrica obtenida de la Estación Jesús Túnel (m³/s/)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2005	17.25	18.03	30.69	24.52	11.33	3.93	1.64	1.09	0.34	6.11	5.17	9.46
2006	9.48	12.47	62.58	37.25	5.35	2.77	0.69	0.43	1.00	0.77	5.97	19.33
2007	15.15	9.11	42.60	39.07	13.44	3.40	1.54	1.15	1.24	6.82	15.79	10.06
2008	18.97	20.28	20.10	17.55	8.36	4.76	2.94	2.81	4.25	8.32	13.01	8.20
2009	22.78	26.54	27.84	27.72	13.33	5.34	3.84	2.56	1.34	8.26	11.03	15.83
2010	10.00	13.26	14.73	18.61	13.20	4.05	1.19	0.77	1.60	6.61	12.27	11.07
2011	13.80	21.38	20.20	46.48	12.43	5.94	2.34	0.23	1.34	2.13	3.11	15.61
2012	44.76	38.39	19.86	17.34	12.74	3.91	1.09	0.83	0.80	7.98	21.77	10.00
2013	11.29	14.02	46.47	17.99	7.85	5.48	1.84	1.43	0.84	7.02	3.26	11.36
2014	12.01	13.26	31.66	14.83	25.43	3.48	1.94	1.42	2.19	3.58	6.56	13.21
2015	28.41	19.56	38.74	26.00	11.78	3.62	0.27	0.22	0.18	0.41	4.34	2.69
2016	3.07	10.09	12.80	6.86	0.68	0.47	0.31	0.17	0.19	0.23	9.71	11.74
PROM	17.25	18.03	30.69	24.52	11.33	3.93	1.64	1.09	1.28	4.85	9.33	11.55

Fuente: SENAMHI

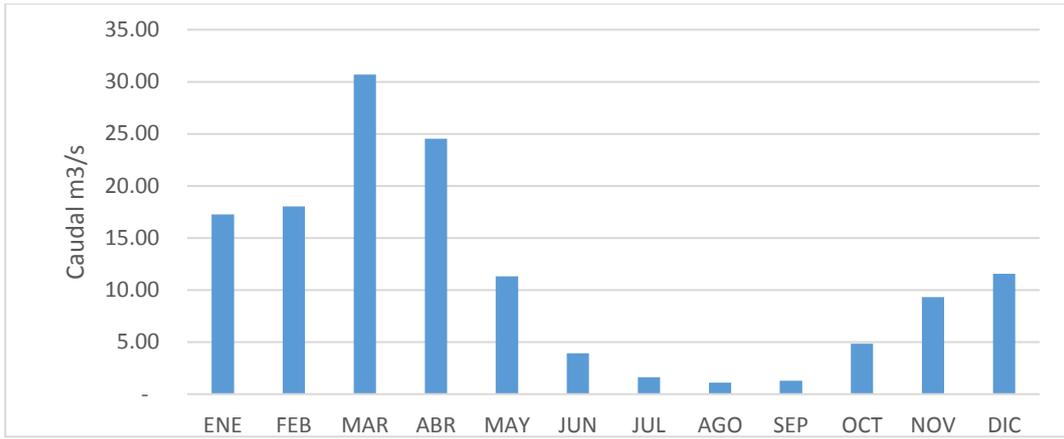
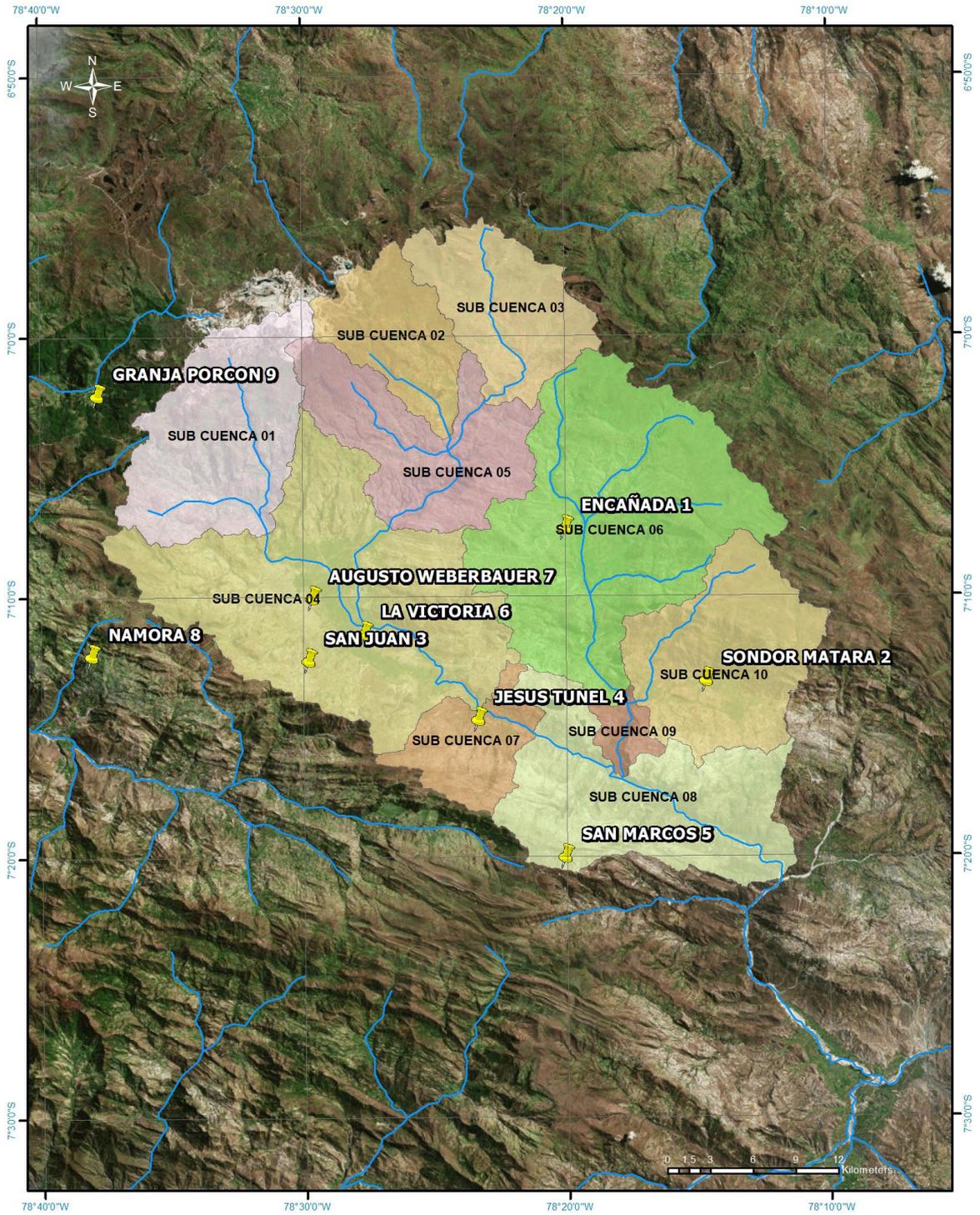


Figura N° 8: Caudal promedio mensual, estación Jesús Túnel

Fuente: Elaboración Propia



RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO CALAMARCA						
NÚMERO	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PP. MEDIA (mm)	PERIODO
1	ENCAÑADA	07°07'23.0"	78°19'58.0"	2862	887.0515	1997-2015
2	SONDOR MATARA	07°13'15.0"	78°14'36.0"	2760	1000.12917	1996-2015
3	SAN JUAN	07°17'27.0"	78°29'45.0"	2185	960.551875	1996-2015
4	JESUS TUNEL	07°14'44.0"	78°23'18.0"	2495	659.979913	1996-2015
5	SAN MARCOS	07°20'00.0"	78°20'00.0"	2254	715.978125	1996-2015
6	LA VICTORIA	07°11'25.0"	78°27'57.0"	2450	420.04	1996-2015
7	AUGUSTO WEBERBAUER	07°10'03.0"	78°28'35.0"	2536	646.534375	1996-2015
8	NAMORA	07°12'15.0"	78°38'01.0"	2080	855.880645	1996-2015
9	GRANJA PORCON	07°02'15.0"	78°37'45.0"	2854	1577.93149	1996-2015




UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 MAPA DE UBICACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO
 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL RÍO CALAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS, PROVINCIA DE CALAMARCA, DEPARTAMENTO DE CALAMARCA
 ESCALA 1:295000

Figura N° 9: Ubicación de estaciones meteorológicas

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Información de humedad relativa

De las estaciones climatológicas presentes en la cuenca, la única estación que tiene información representativa, más de 10 años, es la estación Augusto Weberbauer, ver cuadro N° 10.

Cuadro N° 11: Estación con Datos de Humedad Relativa en la cuenca en estudio

Estación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Período de Registro
Augusto Weberbauer	7°10'03"	78°29'35"	2536	1976 – 2000

Fuente: SENAMHI

Cuadro N° 12: Información Humedad Relativa media mensual (%) en la cuenca en estudio

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Augusto Weberbauer	71.9	75	74.3	75.2	71.6	65.4	60.9	61.4	65.2	68.6	67.1	69.5	68.5

Fuente: SENAMHHI

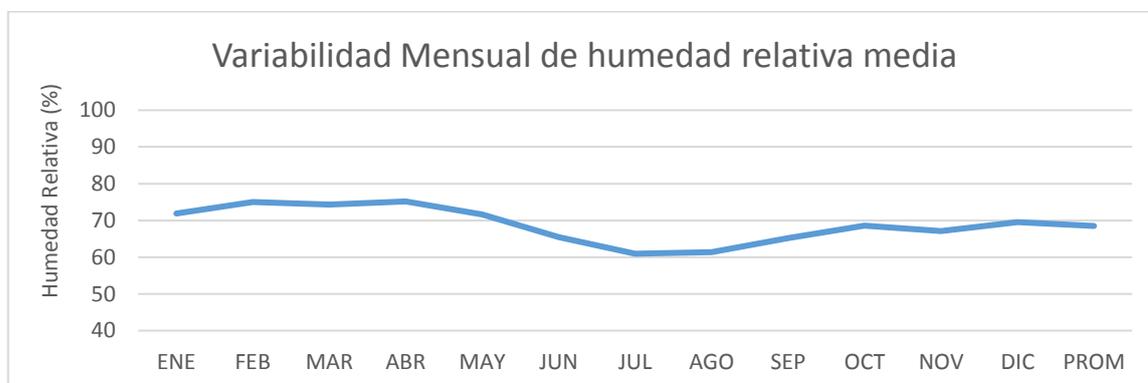


Figura N° 10: Variabilidad mensual de humedad relativa media (%)

Fuente: Elaboración Propia

Se observa mayor humedad relativa en la estación de verano ya que en esos meses presenta altas temperaturas y con ello mayor vapor de agua presente en una masa de aire. Esta información será utilizada en el modelo, debido a que es la única estación que presentó información consistente de Humedad Relativa, según lo indicado en el cuadro N°11: Información Humedad Relativa media mensual (%) en la cuenca en estudio.

4.2.6. Información de velocidad de viento

Al igual que en el ítem anterior, la estación con datos más representativos, más de 10 años, es la estación climatológica de Augusto Weberbauer con un período de registro de 1971 – 2013. Dicha información es reflejada en la siguiente Cuadro.

Cuadro N° 13: Estación con información de velocidad de viento medio mensual (m/s) en la cuenca en estudio

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
AUGUSTO WEBERBAUER	2.3	2.2	2.0	2.0	2.0	2.3	2.7	2.7	2.6	2.4	2.5	2.4	2.3

Fuente: Elaboración Propia

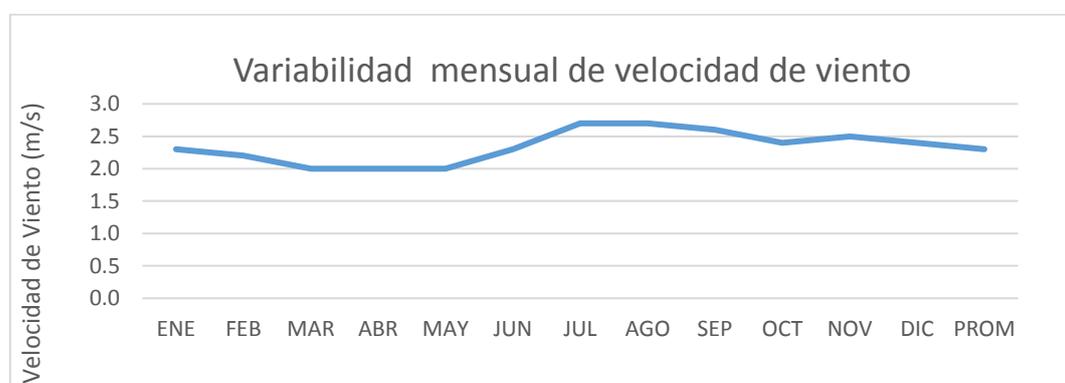


Figura N° 11: Variabilidad mensual de Velocidad de viento medio (m/s)

Fuente: Elaboración Propia

4.2.7. Información de cobertura vegetal

La cobertura vegetal presente en la cuenca de estudio según el Ministerio del Ambiente corresponde según lo descrito a continuación y se puede observar el mapa de cobertura Vegetal en el **Anexo N° 02**.

Agricultura costera y andina: Esta cobertura corresponde a todas las áreas donde se realiza actividad agropecuaria, actualmente activas y en descanso. Comprenden los cultivos bajo riego y en secado, tanto anuales como permanentes. Ocupa una superficie de 668.532 Km² que representan el 45.15% del territorio total de la cuenca.

Área urbana: Esto corresponde a la superficie que ocupan la población urbana y rural. Ocupa una superficie de 18.556 Km² que representan el 1.25 % del territorio total de la cuenca.

Bofedal: EL Bofedal llamado también “oconal” o “turbera”, constituye un ecosistema hidromórfico distribuido en la región alto andina, a partir de los 3800 m.s.n.m. Se alimentan del agua proveniente de los glaciares, del afloramiento de aguas subterráneas y de la precipitación pluvial. Los suelos permanecen inundados permanentemente con ligeras oscilaciones durante el periodo seco. Ocupa una superficie de 16.028 Km² que representan el 1.08 % del territorio total de la cuenca.

Bosque xérico interandino: Este tipo de cobertura vegetal se ubica en la porción inferior de los profundos valles interandinos. El estrato superior del bosque está dominado por comunidades arbóreas que se distribuyen de manera dispersa sobre laderas montañosas desde empinadas hasta escarpadas. Se incluye un estrato arbustivo y un estrato herbáceo de vida efímera.

Se extiende en una superficie de 9.68 Km² que representan el 0.65% del territorio total de la cuenca.

Centro minero: A esta cobertura le corresponde la superficie ocupada por centros mineros, como la minera Yanacocha entre otras. Se extiende en una superficie de 23.083 Km² que representan el 1.56% del territorio total de la cuenca.

Lagunas, lagos y cochas. A esta cobertura le corresponde la superficie ocupada por diferentes cuerpos de agua. Se extiende en una superficie de 1.572 Km² que representan el 0.11 % del territorio total de la cuenca.

Matorral arbustivo: Este tipo de cobertura vegetal se encuentra distribuido ampliamente en la región andina, desde aproximadamente 1500 hasta 3800 m. s. n. m. en la zona sur y centro del país, y desde 1000 hasta los 3000 m. s. n. m. en la zona norte del país, es decir, en ambos casos, hasta el límite de los pajonales naturales. Se distinguen tres subtipos de matorral, influenciado principalmente por las condiciones climáticas. Este tipo de cobertura constituye un recurso importante para la población rural tanto como provisión de leña como el uso de plantas medicinales. Así mismo, se ubica en tierras con aptitud forestal y en tierras

de protección, presentando las primeras un buen potencial para el desarrollo de proyectos de reforestación con fines comerciales y de conservación y protección de cuencas. Ocupa una superficie de 445.379 Km², que representa el 30.08 % del territorio total de la cuenca.

Pajonal andino: Este tipo de cobertura vegetal está conformado mayormente por herbazales ubicado en la porción superior de la cordillera de los andes, aproximadamente entre 3800 y 4800 m.s.n.m. Se desarrolla sobre terrenos que van desde casi planos como las altiplanicies hasta empinados o escarpados, en las depresiones y fondo de valles glaciales. Ocupa una superficie de 290.024 km² que representa el 2119.86% del territorio total de la cuenca.

Plantación forestal: Esta cobertura corresponde a todas las áreas reforestadas ubicadas en tierras con aptitud forestal en la región andina, desde aproximadamente 3000 a 3800 m.s.n.m. En esta superficie se han establecido árboles que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección de ladera, protección de espejos de agua, detener la erosión de suelos y regular el agua de escorrentía. Ocupa una superficie de 3.823 km² que representa el 0.26 % del territorio total de la cuenca.

La extensión de cada cobertura la podemos observar en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 14: Tipo de cobertura Vegetal en la cuenca del rio Cajamarca

Tipo de Cobertura	Superficie (Km²)	Porcentaje (%)
Agricultura Costera y Andina	668.531	45.15%
Área Urbana	18.556	1.25%
Bofedal	16.02	1.08%
Bosque Xérico Interandino	9.679	0.65%
Centro Minero	23.083	1.56%
Lagunas, lagos y cochas	1.572	0.11%
Matorral Arbustivo	445.379	30.08%
Pajonal Andino	294.024	19.86%
Plantación Forestal	3.812	0.26%
Total	1480.656	100%

Fuente: Mapa de Cobertura Vegetal, MINAM (2015)

Para fines prácticos y del buen manejo del modelo se procede a agrupar la cobertura vegetal de acuerdo a las de mayor porcentaje en extensión, obteniendo de esta manera solo 3 coberturas representativas.

Cuadro N° 15: Agrupación de cobertura vegetal de la cuenca en estudio

Cobertura Vegetal		Agrupación
Tipo	Porcentaje	
Agricultura	45.15%	Agricultura
Área Urbana	1.25%	
Centro Minero	1.56%	
Bosque Xerico	0.65%	Pajonal
Pajonal	19.86%	
Plantación	0.26%	
Matorral	30.08%	Matorral
Lagos, Laguna	0.11%	
Bofedal	1.08%	

Fuente: Elaboración Propia

Algunas coberturas vegetales como agricultura y área urbana, puede que tengan funciones hidrológicas diferentes pero han sido agrupadas ya que presentan superficies muy poco representativas en la cuenca de estudio. La agrupación se realizó en subcuenca del modelo esto será explicado más adelante.

Cuadro N° 16: Agrupación de cobertura vegetal por Subcuencas

NOMBRE	COBERTURA VEGETAL		
	Agricultura	Pajonal	Matorral
Subcuenca 01	46.71%	31.53%	21.76%
Subcuenca 02	37.23%	60.52%	2.25%
Subcuenca 03	20.70%	54.19%	25.12%
Subcuenca 04	62.31%	12.78%	24.91%
Subcuenca 05	54.60%	14.80%	30.60%
Subcuenca 06	55.49%	21.96%	22.55%
Subcuenca 07	62.16%	3.47%	34.37%
Subcuenca 08	32.65%	4.28%	63.07%
Subcuenca 09	13.22%	0.00%	86.78%
Subcuenca 10	38.81%	15.66%	45.53%

Fuente: Elaboración Propia

4.3. MÉTODOS

4.3.1. Modelamiento hidrológico con WEAP

En la presente tesis, se realizó el modelamiento hidrológico del río Cajamarca con el sistema informático WEAP, iniciando con la definición de la superficie de estudio, el ingreso de información hidrométrica, pluviométrica, etc; la definición del esquema topológico, la generación de caudales y la simulación de operación de los embalses.

El propósito de este modelamiento hidrológico es la adecuada planeación de la cuenca, es decir el modelo de comportamiento de la distribución espacial y temporal de agua con fines de regulación.

4.3.2. Formulación del Modelo

Para iniciar con el esquema, es necesario definir la superficie de la cuenca y subcuencas al igual que la línea de drenaje. En este esquema también definimos el período de registro (1996 – 2011) para el modelo del río Cajamarca.

A constinunación se presentan las subcuencas o unidades de estudio (10 en total), generadas en función de los puntos en donde interesa conocer la oferta hídrica, que representa la ubicación de los vasos propuestos y a las estaciones de aforo.

Cuadro N° 17: División de Subcuencas en la zona de estudio

NOMBRE	CÓDIGO	ÁREA (KM2)	PERÍMETRO (KM)	ALTURA MEDIA (MSNM)
Subcuenca 1	Subcu_01	151.42	88.34	3409
Subcuenca 2	Subcu_02	77.77	60.23	3692
Subcuenca 3	Subcu_03	101.40	68.35	3743
Subcuenca 4	Subcu_04	319.95	149.55	2997
Subcuenca 5	Subcu_05	129.30	101.32	3307
Subcuenca 6	Subcu_06	297.07	128.57	3315
Subcuenca 7	Subcu_07	58.54	58.54	3003
Subcuenca 8	Subcu_08	182.63	112.33	2844
Subcuenca 9	Subcu_09	17.40	29.59	2739
Subcuenca 10	Subcu_10	145.45	78.87	3289

Fuente: Elaboración Propia

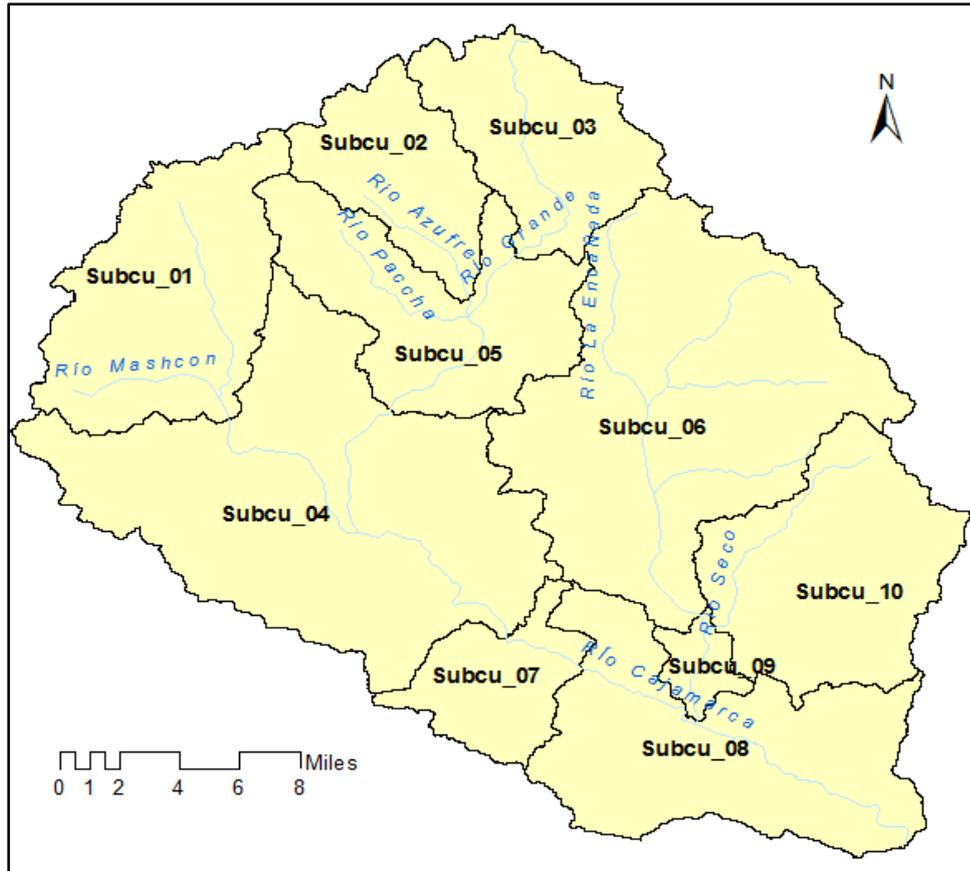


Figura N° 12: Definición de subcuencas en la zona de estudio

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3. Definición del esquema del modelo

a) Subcuencas (Catchments)

Representan las unidades hidrológicas, una independiente de la otra, cada una de estas unidades tiene su información de entrada y es aquí en donde se lleva a cabo de transformación precipitación – escorrentía.

b) Ríos y quebradas (Rivers)

Son los ríos presentes en el esquema y lo conforman el río Cajamarca, río Seco, río Encañada, río Azufre y río Grande.

c) Puntos de Aforo (Streamflow Gauge)

Representan los puntos de aforo, puntos que disponen de información hidrométrica, esta información es necesaria ya que con que con estos puntos de aforo se realiza la calibración del modelo. El punto de aforo en el modelo realizado es el de la estación Jesús Túnel ubicada en el río Cajamarca.

d) *Línea escorrentía /infiltración (Runoff/Infiltration)*

En el modelo la línea escorrentía/infiltración se encarga de conducir la información proporcionada por los catchments hacia el río.

Requerimiento de Caudal (Flow Requirement)

En el modelo esto representa una demanda y también puede significar una oferta hídrica.

e) *Embalse*

Se encuentran ubicados en los ríos, y son 8 embalse propuestos

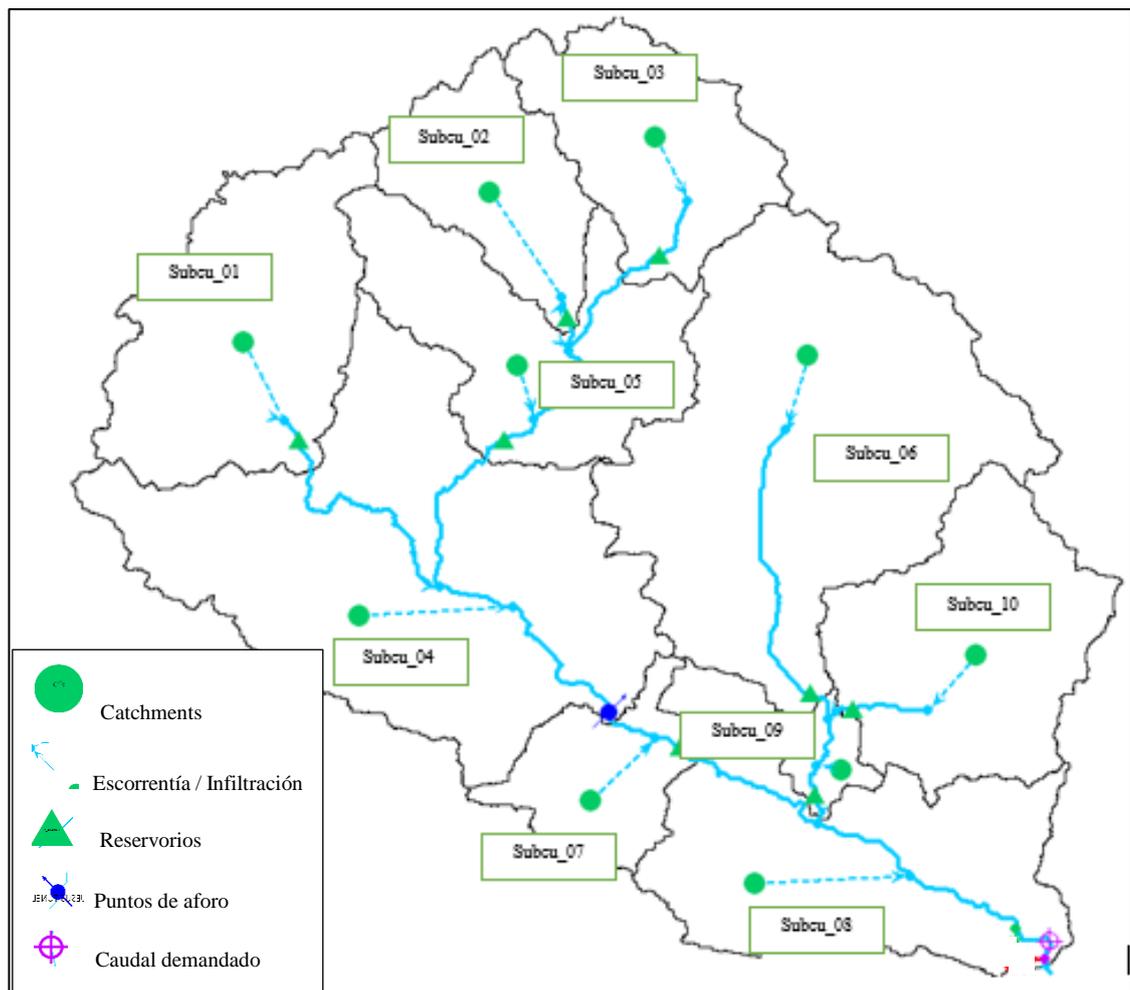


Figura N° 13: Esquema Topológico de la cuenca en estudio

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4. Análisis de Consistencia de información pluviométrica

Este análisis se desarrolla con la finalidad de poder encontrar algunas posibles inconsistencias en el registro de datos y así obtener información más confiable y menguar equivocaciones. Para este análisis usamos 3 métodos: gráficos, doble masa y estadísticas, y serán mostradas a continuación:

Análisis Gráfico

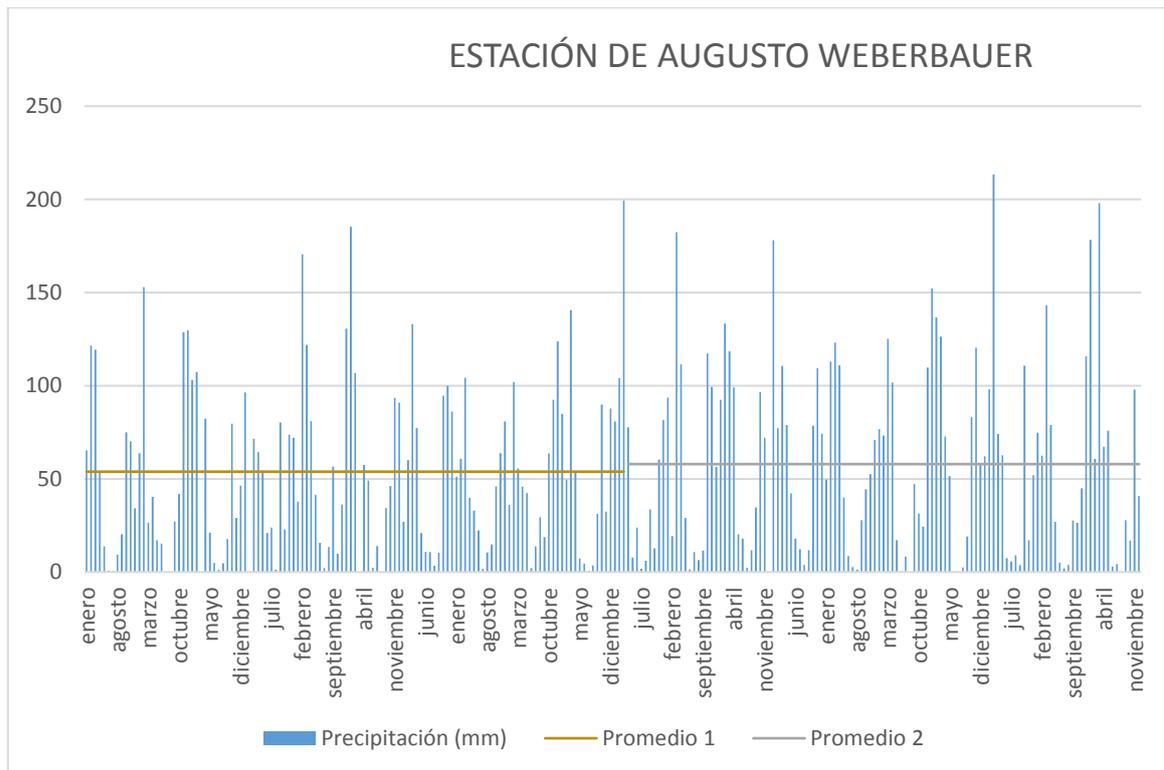


Figura N° 14: Análisis gráfico de la Estación Augusto Weberbauer

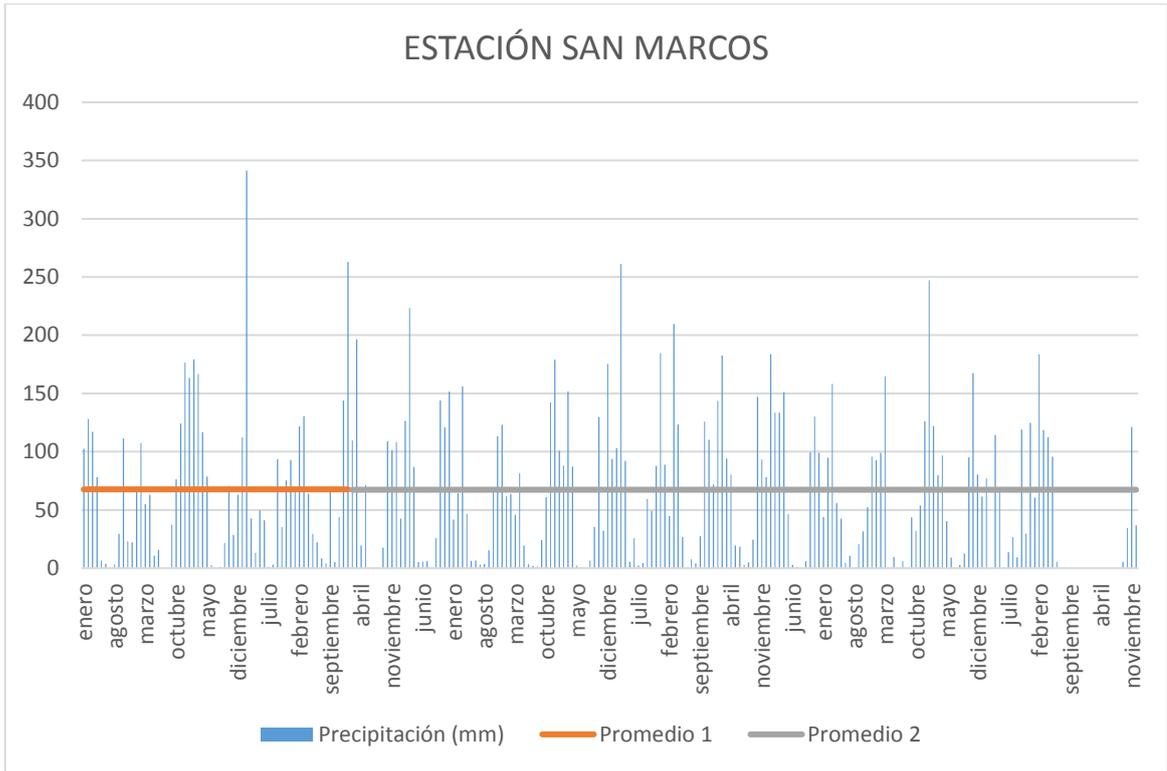


Figura N° 15: Análisis gráfico de la Estación San Marcos

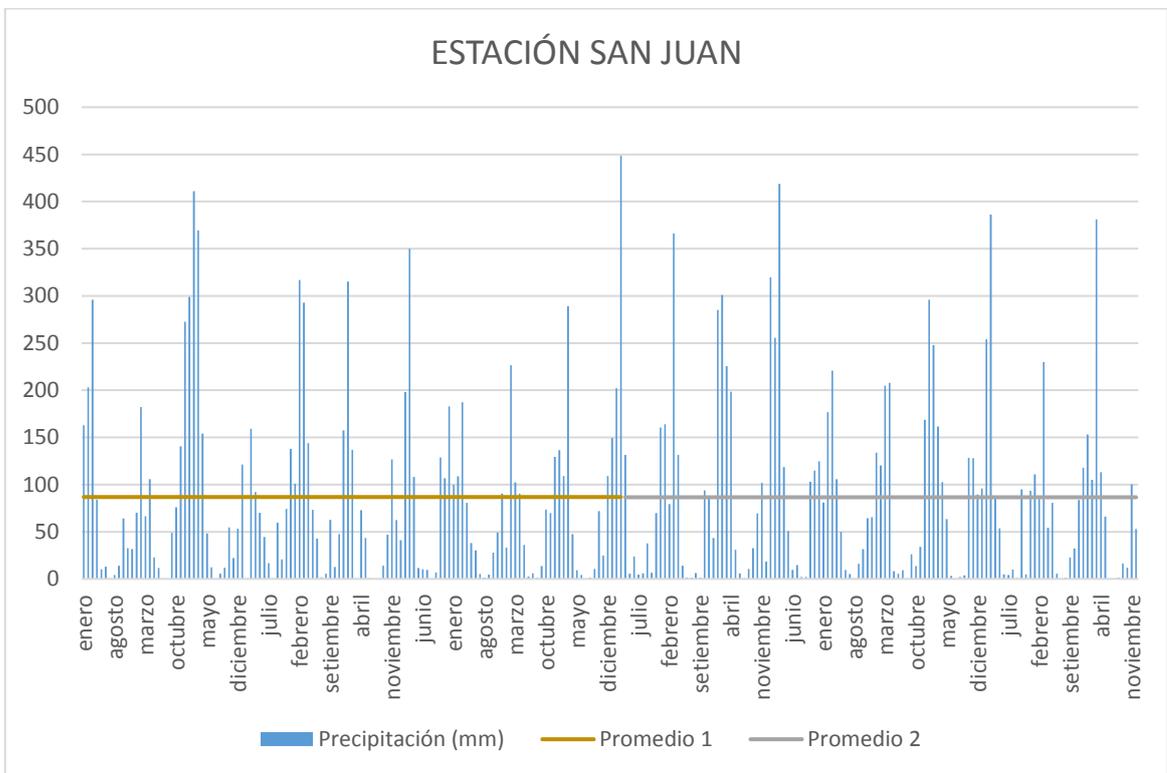


Figura N° 16: Análisis gráfico de la Estación San Juan

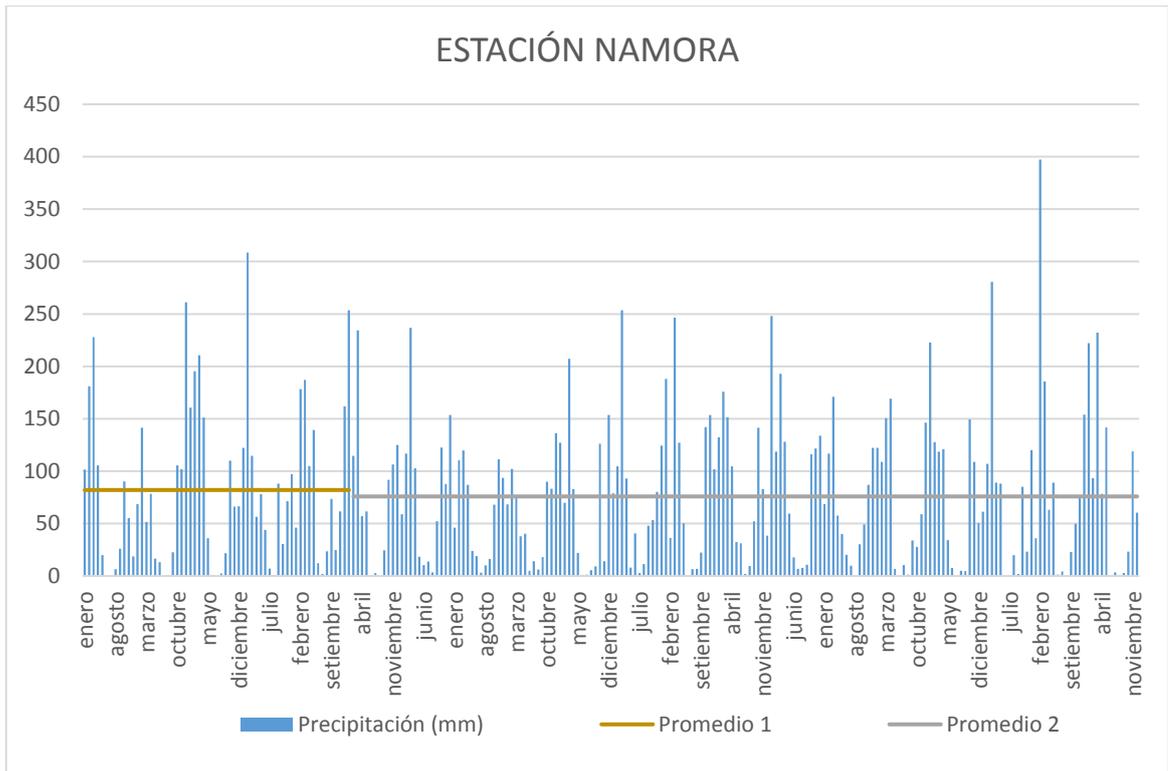


Figura N° 17: Análisis gráfico de la Estación Namora

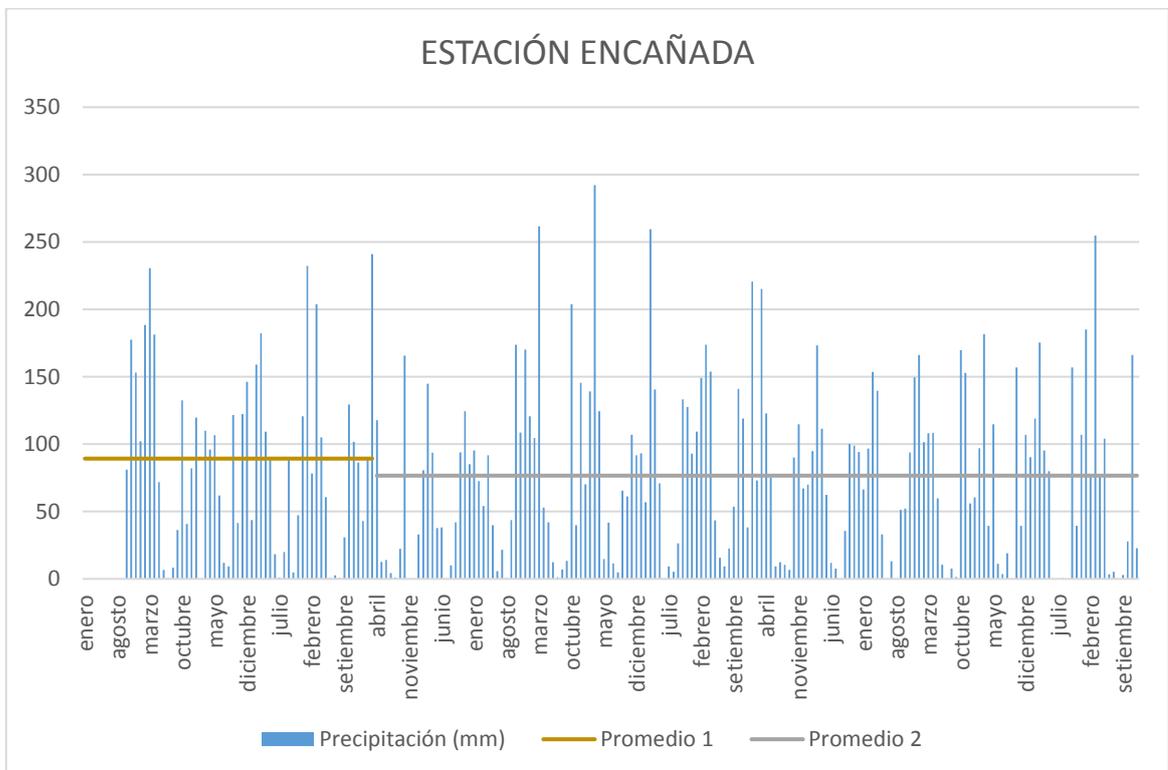


Figura N° 18: Análisis gráfico de la Estación Encañada

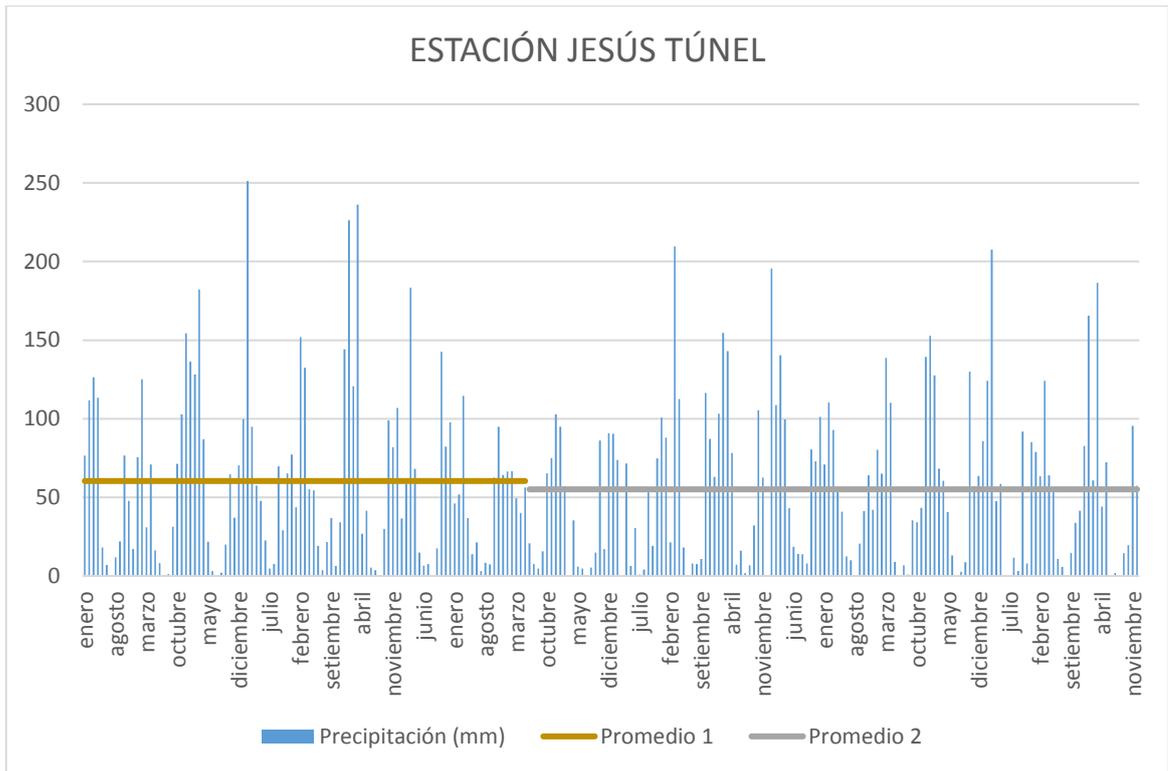


Figura N° 19: Análisis gráfico de la Estación Jesús Túnel

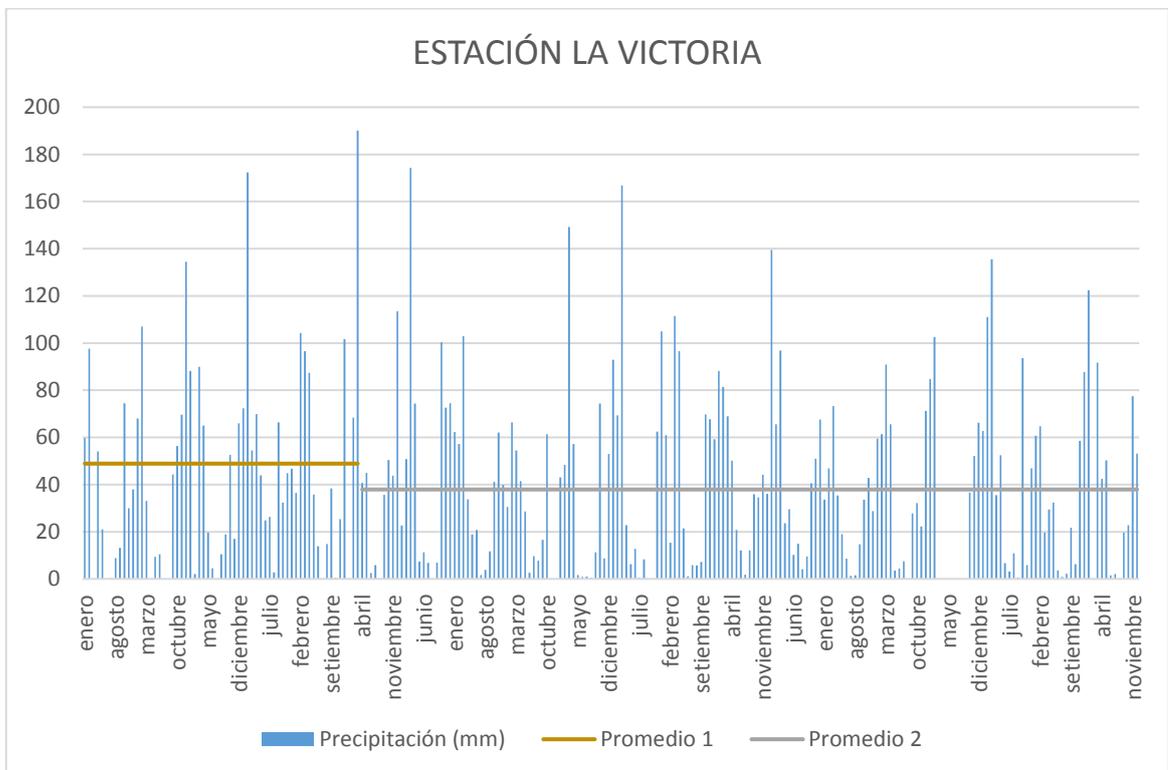


Figura N° 20: Análisis gráfico de la Estación La Victoria

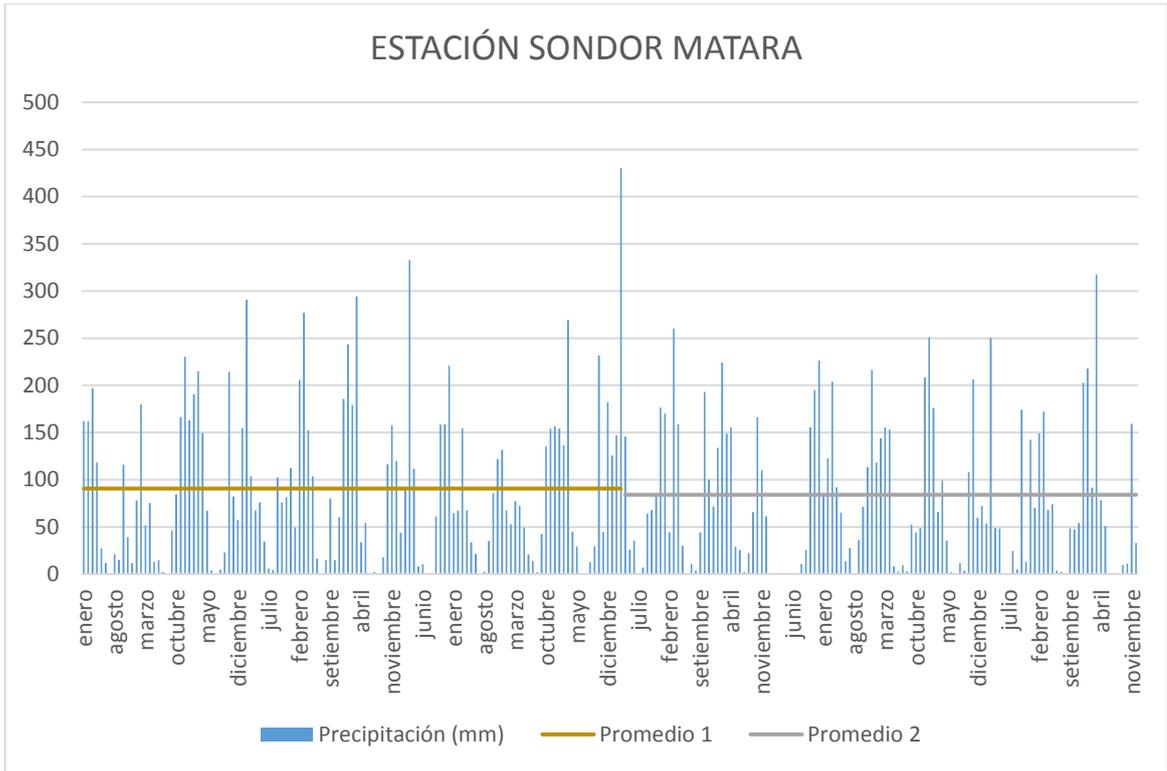


Figura N° 21: Análisis gráfico de la Estación Sondor Matara

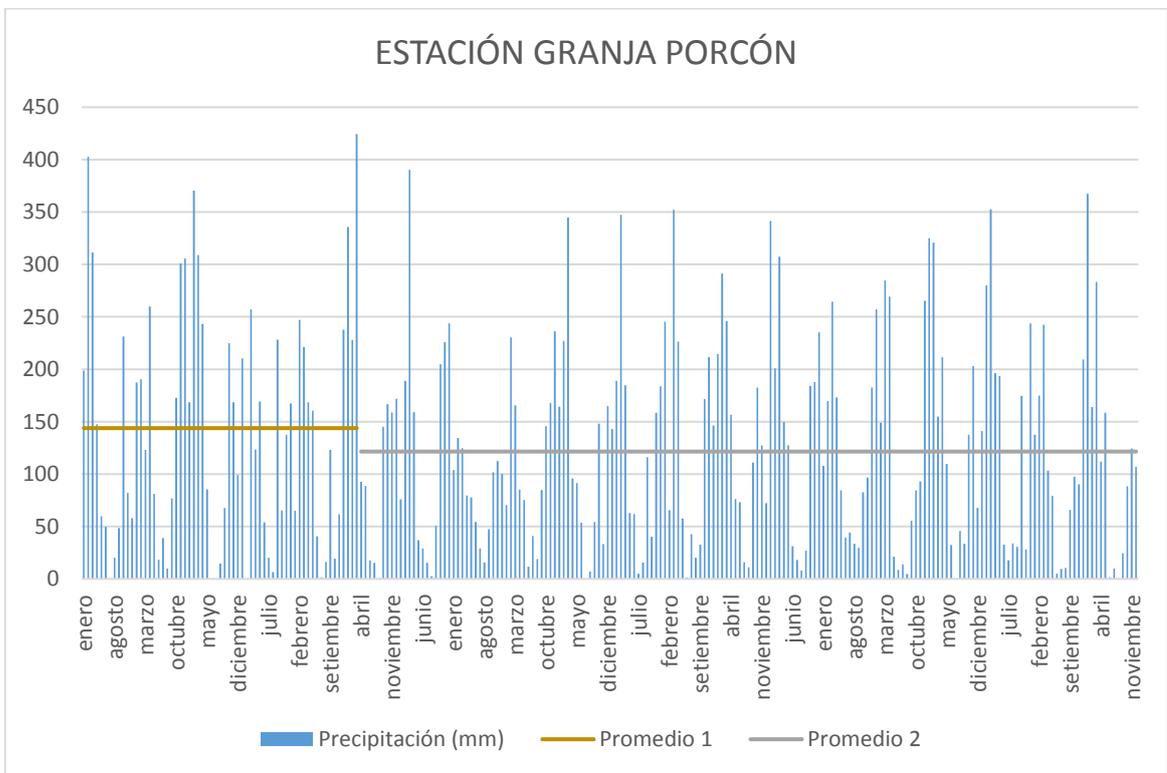


Figura N° 22: Análisis gráfico de la Estación Granja Porcón

Análisis de Doble Masa

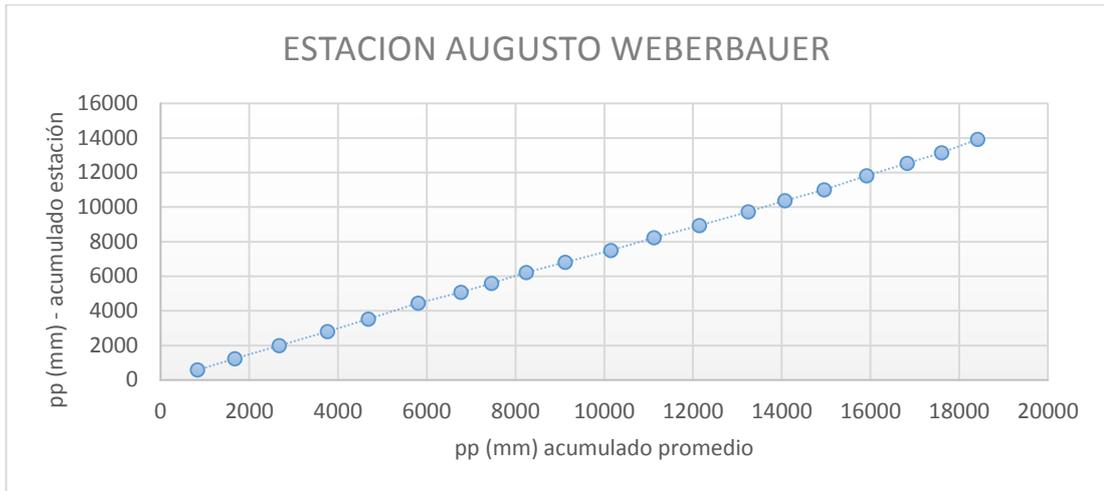


Figura N° 23: Análisis de doble masa mensual de la Estación Augusto Weberbauer

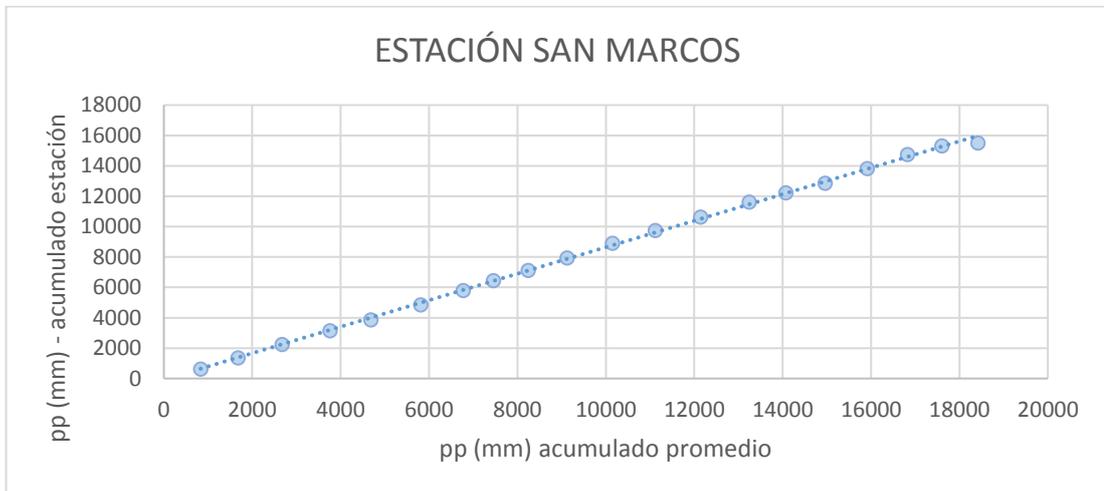


Figura N° 24: Análisis de doble masa mensual de la Estación San Marcos

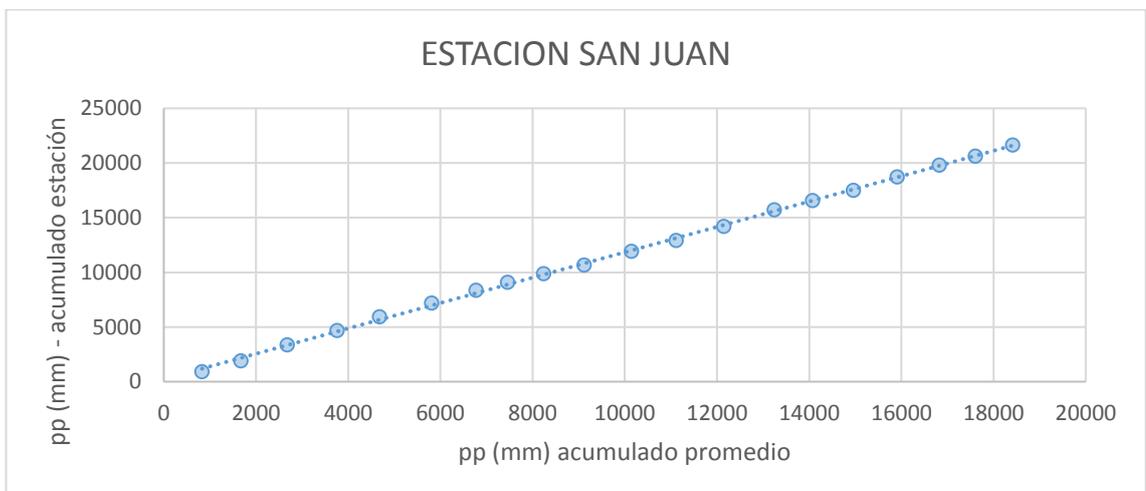


Figura N° 25: Análisis de doble masa mensual de la Estación San Juan

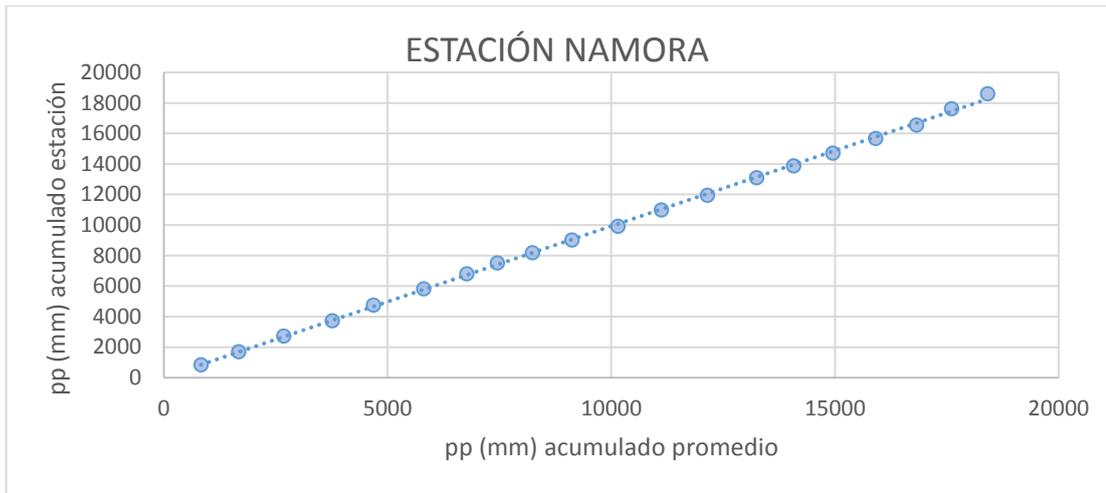


Figura N° 26: Análisis de doble masa mensual de la Estación Namora

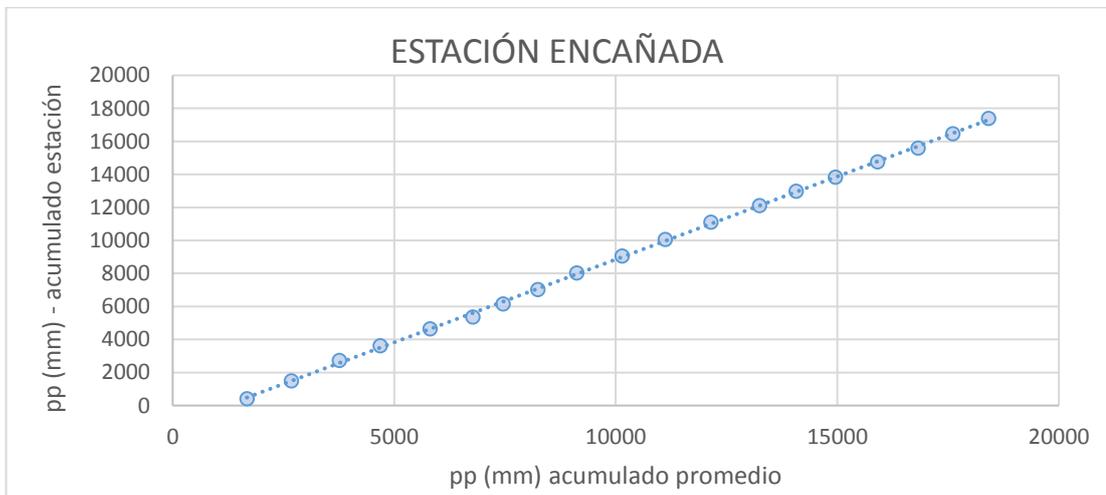


Figura N° 27: Análisis de doble masa mensual de la Estación Encañada

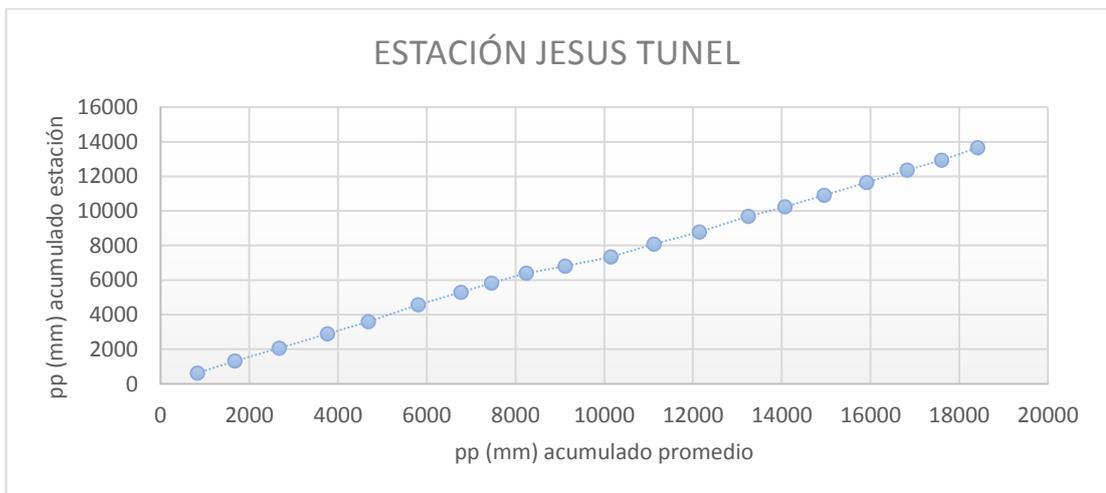


Figura N° 28: Análisis de doble masa mensual de la Estación Jesús Tunel

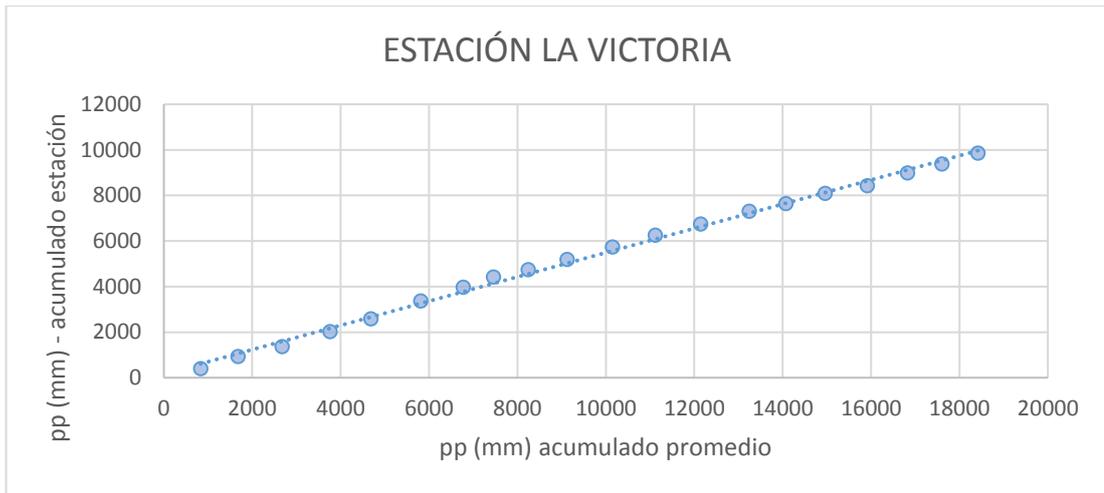


Figura N° 29: Análisis de doble masa mensual de la Estación La Victoria



Figura N° 30: Análisis de doble masa mensual de la Estación Sondor Matara

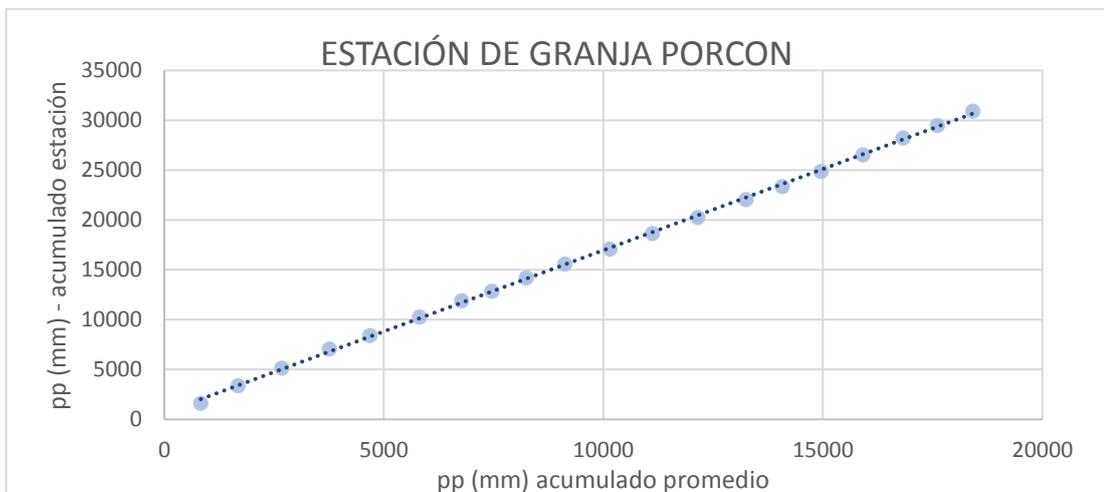


Figura N° 31: Análisis de doble masa mensual de la Estación Sondor Matara

Análisis Estadístico

Varianza en la media

Identificar cambios en la Varianza y en la media son pasos fundamentales para determinar si la serie presenta homogeneidad o no. El hecho de que no sea significa que los parámetros estadísticos varían, ya sea debido a causas naturales o antropogénicas. Se recomienda hacer un test para la estabilidad de la varianza.

– **Test F**

Es una prueba paramétrica que relaciona la varianza de dos grupos de información que resultan de dividir la serie hidrometeorológica en dos partes iguales. Se conoce como distribución F o Fisher de la relación entre varianzas de muestras que vienen de una distribución normal; el test F dará buena estimación de la estabilidad de la varianza.

$$F_1 = \frac{\sigma_1^2 S_1^2}{\sigma_2^2 S_2^2} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde S_2 y S_1 representa la varianza de cada subconjunto y se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$s = \left[\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n}}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Donde “ X_i ” denota la observación y “ n ” el número total de datos en la muestra.

La hipótesis nula para el test es: $H_0: S_1^2 = S_2^2$ (igualdad de varianzas), y

La hipótesis alterna: $H_a: S_1^2 \neq S_2^2$

La prueba se rechaza si el estadístico estimado se encuentra en la zona de rechazo, para un nivel de significancia α

Dónde: n_1 y n_2 es la cantidad de datos para cada uno de los subconjuntos y $(n_1 - 1)$, $(n_2 - 1)$ son los grados de libertad de la distribución. (Douglas, 2016)

Estabilidad en la media

Mediante la prueba de significación “T” se analiza si los valores promedios estadísticamente son iguales o diferentes.

– **Test T**

Es una prueba paramétrica que involucra el cálculo y la comparación de las medias de dos subconjuntos de la serie cronológica (los mismos subconjuntos que se usaron para determinar la estabilidad de la varianza con el Test – F)

El estadístico se calcula con la siguiente expresión:

$$t_t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$$H_0 = \bar{X}_1 = \bar{X}_2$$

$$H_a = \bar{X}_1 <> \bar{X}_2$$

Donde n1 y n2 son los números de datos en los dos arreglos de subconjuntos, \bar{X} representa la media de cada subconjunto y S2 su varianza.

La prueba exige que las varianzas no sean significativamente diferentes. La prueba se rechaza si tt cae dentro de la siguiente región de rechazo para un nivel de significancia: α . (Douglas,

A continuación se desarrolla los análisis estadísticos en cada estación considerada en este estudio:

Cuadro N° 18: Pruebas estadísticas para el análisis de consistencia de cada estación

Muestra	Cantidad	Media	Desviación	Prueba "T"		Prueba "F"		Resultado de consistencia
				Tcal	Ttabl	Fcal	Ftab l	
Estación Augusto Weberbauer								
M1	120	53.853	44.6652	0.65	1.65	1.29	1.36	Si Tcal < Ttabl, entonces existe consistencia en la media. Si Fcal < Ftabl, entonces existe consistencia en la varianza.
M2	116	57.915	50.6392					
Estación San Marcos								
M1	61	67.646	67.57	0.03	1.65	1.23	1.4	Si Tcal < Ttabl, entonces existe consistencia en la media. Si Fcal < Ftabl, entonces existe consistencia en la varianza.
M2	165	67.323	60.931					
Estación San Juan								
M1	121	86.794	97.51	0.02	1.65	1.23	1.42 9	Si Tcal < Ttabl, entonces existe consistencia en la media. Si Fcal < Ftabl, entonces existe consistencia en la varianza.
M2	117	86.534	97.347					
Estación Namora								
M1	61	82.056	75.746	0.49	1.65	1.17	1.43	Si Tcal < Ttabl, entonces existe consistencia en la media. Si Fcal < Ftabl, entonces existe consistencia en la varianza.
M2	179	75.951	70.034					
Estación Encañada								
M1	53	89.244	66.978	1.09	1.65	1.08	1.43	Si Tcal < Ttabl, entonces existe consistencia en la media. Si Fcal < Ftabl, entonces existe consistencia en la varianza.
M2	166	76.614	64.587					
Estación Jesús Túnel								
M1	101	60.414	55.392	0.77	1.65	1.22	1.35	Si Tcal < Ttabl, entonces existe consistencia en la media. Si Fcal < Ftabl, entonces existe consistencia en la varianza.
M2	137	55.126	50.111					
Estación Victoria								
M1	58	48.867	41.812	1.64	1.65	1.26	1.4	Si Tcal < Ttabl, entonces existe consistencia en la media. Si Fcal < Ftabl, entonces existe consistencia en la varianza.
M2	174	39.282	37.192					
Estación Sondor Matara								
M1	123	90.58	84.915	0.61	1.65	1.22	1.36	Si Tcal < Ttabl, entonces existe consistencia en la media. Si Fcal < Ftabl, entonces existe consistencia en la varianza.
M2	109	83.984	76.784					
Estación Granja Porcón								
M1	63	143.823	112.034	1.51	1.65	1.38	1.39	Si Tcal < Ttabl, entonces existe consistencia en la media. Si Fcal < Ftabl, entonces existe consistencia en la varianza.
M2	177	121.481	95.408					

Corrección de datos

En los casos en que los parámetros la media y la desviación Standart resultan estadísticamente iguales, la información original no se corrige por ser consistente con el 95% de probabilidad, aun cuando en la gráfica doble masa se observe pequeños quiebres. Si resulta estadísticamente diferentes, entonces se procederá a corregir la información. (Douglas, 2016)

Luego de analizar los datos con los métodos descritos anteriormente, la corrección de estos no fue necesaria en ninguna de las estaciones.

Completación y extensión de información pluviométrica

Los períodos de registros que hemos observado muestran siempre datos incompletos o todo un año incompleto, es por esto que existen diferentes alternativas para darle solución.

Es necesario completar datos en 8 estaciones para el periodo en el que se realizará el modelo (1996 – 2015); mientras que para la estación Encañada es necesario extender los datos. Para efectos de la completación y extensión de la totalidad las estaciones han sido agrupadas de acuerdo a su cercanía o vecindad y por similitud de condiciones de altitud y clima, la completación y para el desarrollo de esto, se utiliza el software llamado HEC4 del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) que forma parte del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE), muy conocido por su validez en el campo de la Hidrología. El software se realiza una matriz de correlación que se repite hasta que se cumplan las condiciones establecidas (coeficientes menores a 1.5 y mayor a 0.5). Mientras se introduzcan menor cantidad de datos en el algoritmo de regresión, los datos obtenidos serán más aleatorios, es decir menor significación estadística.

4.3.5. Ingreso de Datos Climáticos

Luego se procede iniciar con el ingreso de información climatológica para cada Catchment o unidad de estudios. Es necesario tener la precipitación media en cada subcuenca, previo tratamiento de consistencia de datos, esto se procesó mediante el método de las isoyetas para ello se utilizó el software Hydraccess y el método de interpolación de Kriging.

Los datos de humedad relativa, temperatura, velocidad de viento fueron obtenidos de la Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca de Crisnejas y no fue necesario un proceso adicional.

4.3.6. Calibración del modelo

El uso de modelos hidrológicos tiene por finalidad simular los fenómenos que ocurren en la realidad. Sin embargo, a pesar de los recientes avances en ciencia y tecnología, no existe un modelo hidrológico que simule a la perfección los complejos procesos que involucra la hidrología debido a la presencia de errores de diferente origen. Estos errores pueden ser minimizados mediante un adecuado proceso de calibración.

El proceso de calibración se centrará en minimizar las diferencias entre los datos observados y los datos simulados. Este “criterio de exactitud” se basa en el ajuste de parámetros como medio de calibración. (Cabrera, s.f.)

Con la información de entrada se procede a ubicar la estación hidrométrica “Jesús Túnel” con un nodo **streamflow Gauge**. La calibración se realizó en base a la comparación de los caudales observados en la estación hidrométrica Jesús Túnel y los caudales simulados en el modelo. Y se realizó en un período de 08 años (2006 – 2013).

El proceso de calibración del modelo es un proceso iterativo y manual, se hicieron las modificaciones de parámetros de la manera necesaria para el funcionamiento del modelo. Siendo los parámetros más utilizados los parámetros relacionados a cada tipo de cobertura que son los de capacidad de almacenamiento, factor de resistencia, conductividad, factor de resistencia de la escorrentía y dirección de flujo. (Escalante, 2016)

Para cada proceso iterativo del modelo, WEAP se encarga de calcular primero los flujos hidrológicos, que mediante las líneas precipitación/ escorrentía son traspasados a los ríos. Este proceso de distribución cuenta a su vez con restricciones relacionadas con las características del embalse, el almacenamiento y por esta razón el desarrollo de la calibración se realiza en un escenario distinto al de los embalses.

El proceso de calibración, inició con los siguientes valores de parámetros:

Parámetro	Unidad	Valor
Kc (coeficiente del cultivo)	-	0-1.5
Capacidad de agua en la zona de raíces	mm	0-1000
Conductividad en zona de raíces	mm/mes	0-500
Dirección del flujo	% horizontal	0-1
Z1 inicial	%	25
Z2 inicial	%	25
Capacidad de agua en zona profunda	mm	0-1000
Factor de resistencia a la escorrentía	-	0.1-10
Conductividad en la zona profunda	mm/mes	0-500

Figura N° 32: Parámetros de calibración iniciales

Fuente: Escalante Verona, 2016

En el siguiente cuadro se observa los parámetros obtenidos en la calibración del modelo, los cuales son utilizados de manera inicial a todas las subcuencas.

Cuadro N° 19: Parámetros de la calibración

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Kc (coeficiente de cultivo)	-	0 - 2.0
Capacidad de agua en las zonas de raíces	mm	0 - 500
Conductividad en zonas de raíces	mm/mes	0 - 100
Dirección del flujo	% horizontal	0 - 1
Z1 inicial	%	30
Z2 inicial	%	30
Capacidad de agua en zona profunda	mm	0 - 500
Factor de resistencia a la escorrentía	-	0 - 10
Conductividad en la zona profunda	mm/mes	0 - 100

Fuente: Elaboración Propia

La calibración de modelo usualmente busca un “criterio de exactitud” por lo cual es necesario indicadores de eficiencia siendo estos los representados en la siguiente Cuadro.

Cuadro N° 20: Indicadores de Eficiencia

Indicador	Ecuación	Rango	Valor Esperado
Índice de Nash	$Ef = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{s,i} - Q_{o,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - \bar{Q}_o)^2}$	- a 1	1
Bias Score	$BIAS = \left[\frac{\bar{Q}_s - \bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \right]$	- a +	0
RMSE	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_s - Q_o)^2}{n}}$	0 a +	0

Fuente: Elaboración Propia

Donde $Q_{s,i}$ y Q_o , corresponden a los caudales simulados y observados respectivamente, i es el paso del tiempo y n el número total de pasos, \bar{Q}_s y \bar{Q}_o son el promedio de los caudales simulados y observados respectivamente.

Los resultados obtenidos de los indicadores serán visualizados más adelante en el capítulo IV.

4.3.7. Validación del modelo

El proceso de validación del modelo, consistió en aplicar los parámetros obtenidos durante la calibración del modelo en el período (2006-2013), a un período distinto (2014 – 2015) con la finalidad de evaluar los indicadores de eficiencia obtenidos del modelo.

Los resultados obtenidos de los indicadores serán visualizados más adelante en el capítulo IV.

4.3.8. Propuesta de embalses

La metodología de la generar las propuestas de embalsas se realizará de la siguiente manera:

- a) Ubicación del embalse
- b) Generación de la topografía del vaso
- c) Generación de curva área – volumen.

4.3.9. Ubicación del embalse

Consiste en proponer embalses ubicados dentro de la cuenca en estudio, cada embalse fue propuesto sobre la red de drenaje, considerando lo siguiente:

- ✓ La formación topográfica en los vasos con mayor área posible observados en la información cartográfica obtenida. (Ver Anexo N°04)
- ✓ En su mayoría, la no existencia de ciudades principales dentro de los vasos.
- ✓ La longitud de la corona de la presa propuesta debe de tener la menor dimensión posible, para reducir costos en el proceso constructivo.

Los embalses se encuentran ubicadas según lo siguiente:

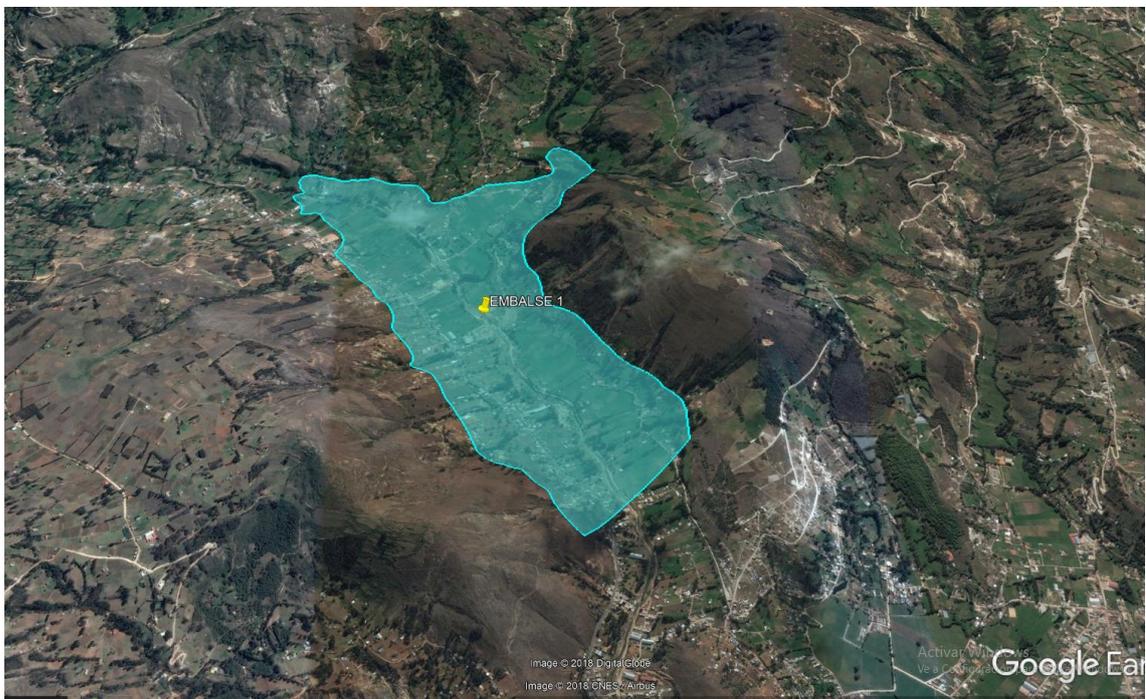


Figura N° 33. Ubicación de embalse 01

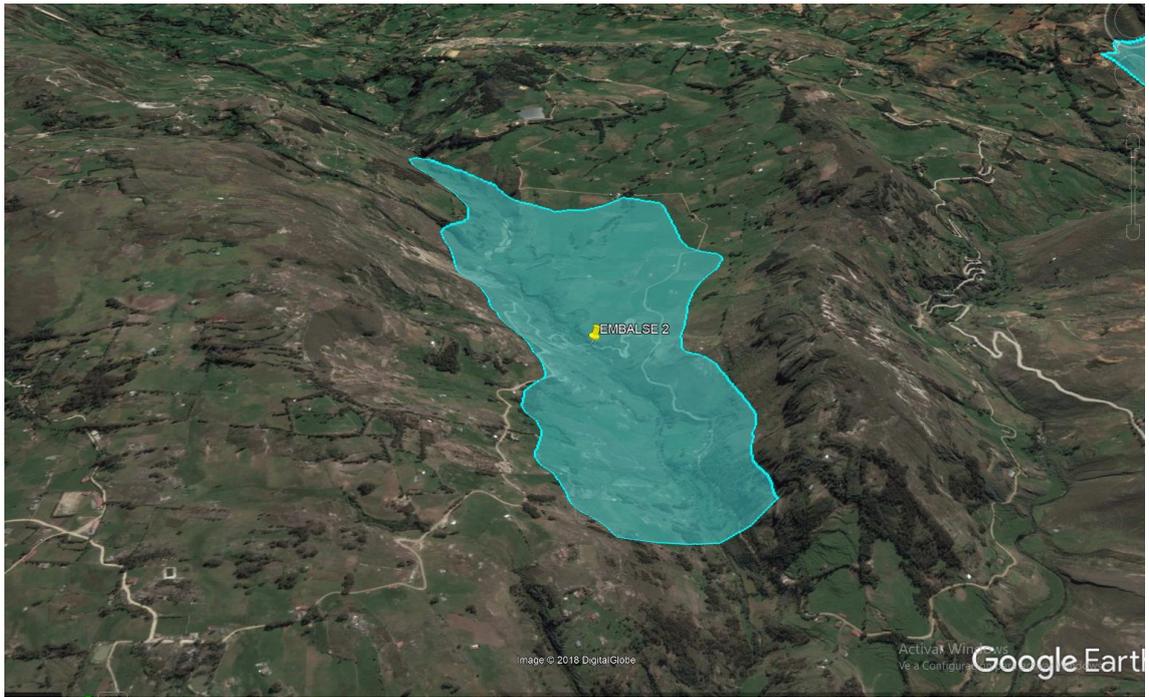


Figura N° 34. Ubicación de embalse 02

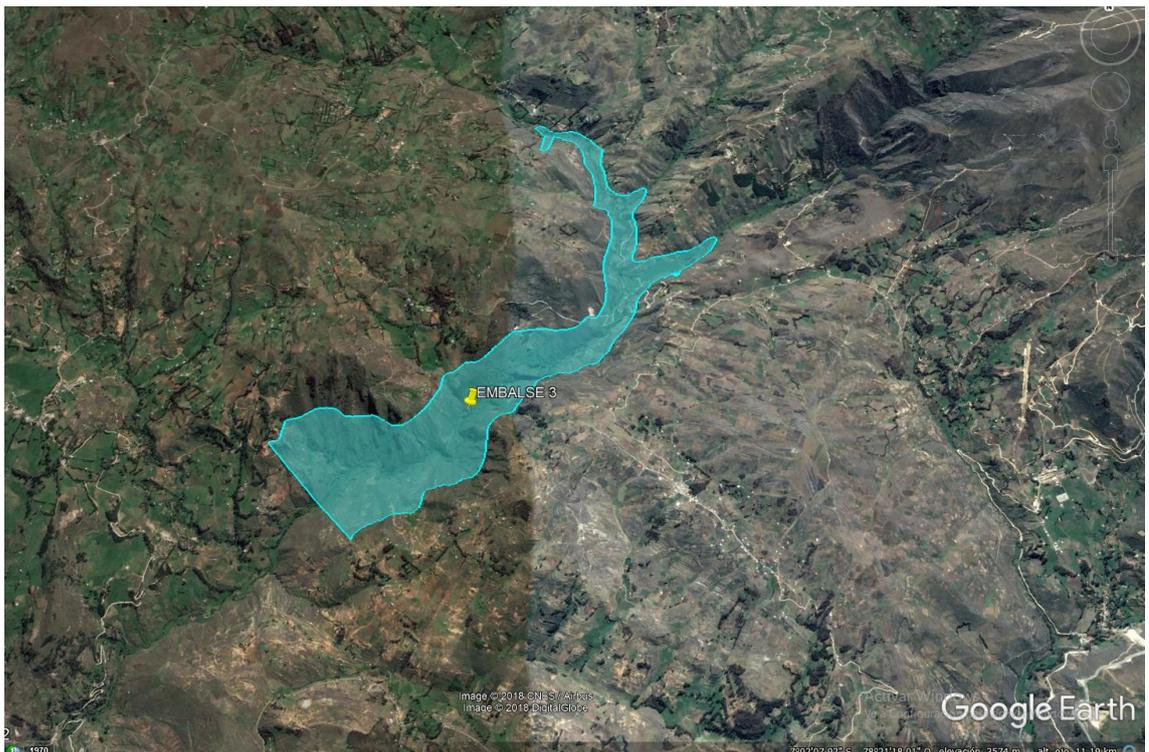


Figura N° 35. Ubicación de embalse 03

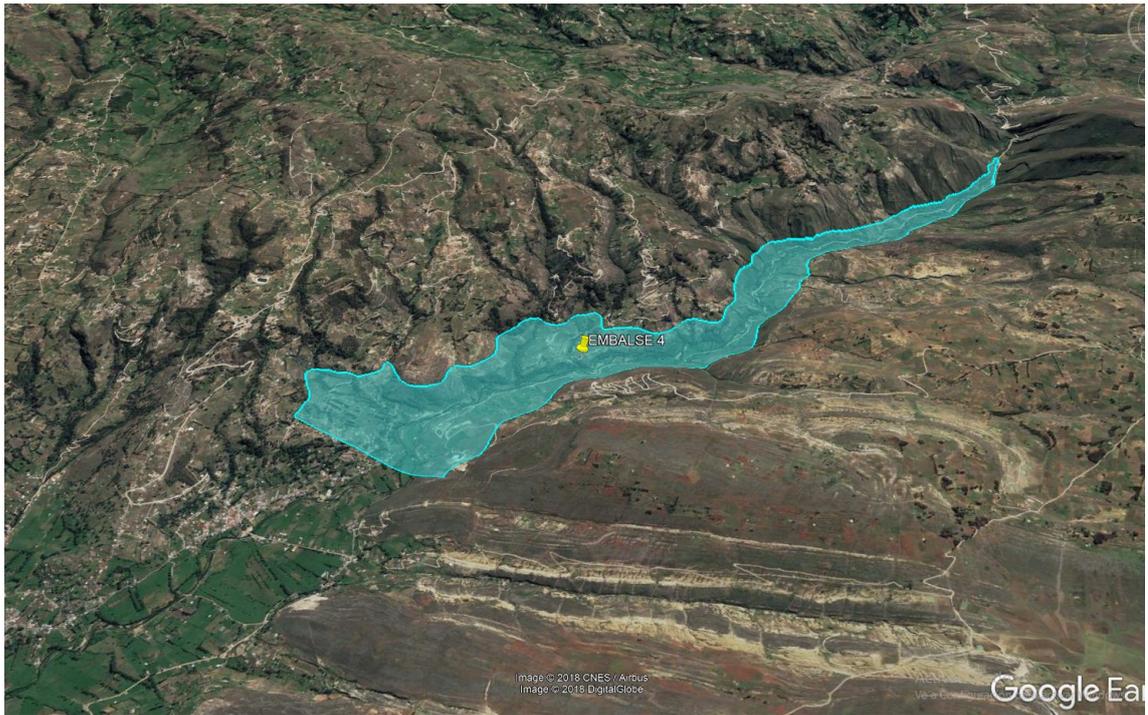


Figura N° 36. Ubicación de embalse 04

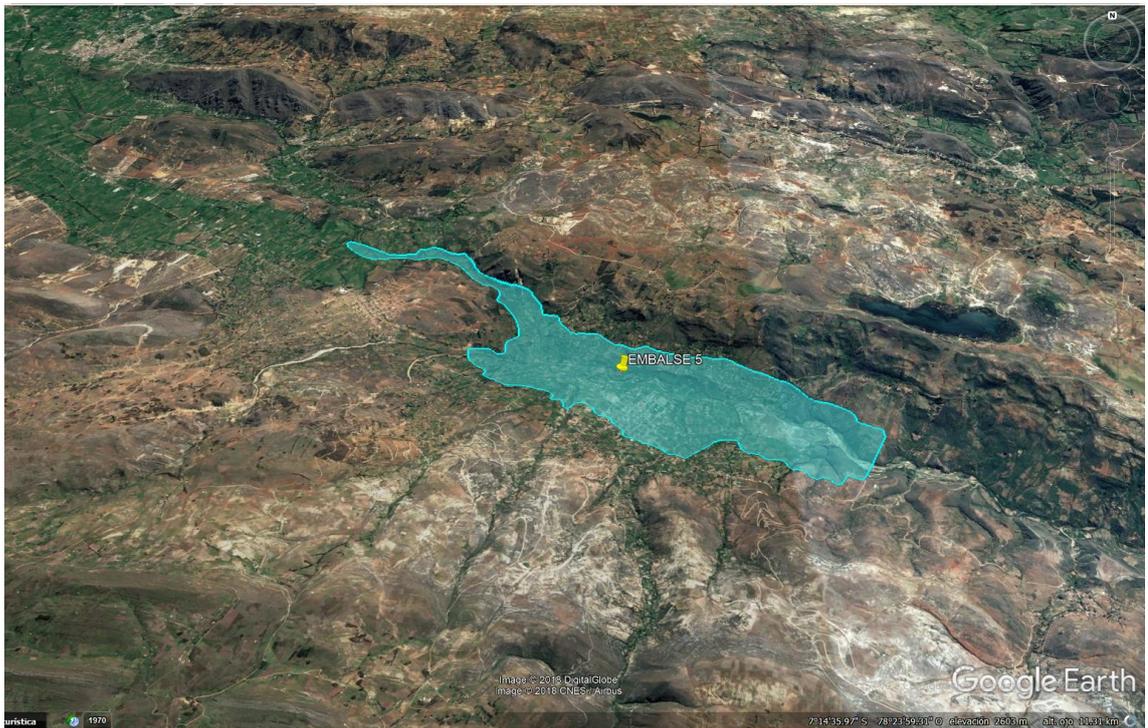


Figura N° 37. Ubicación de embalse 05



Figura N° 38. Ubicación de embalse 06

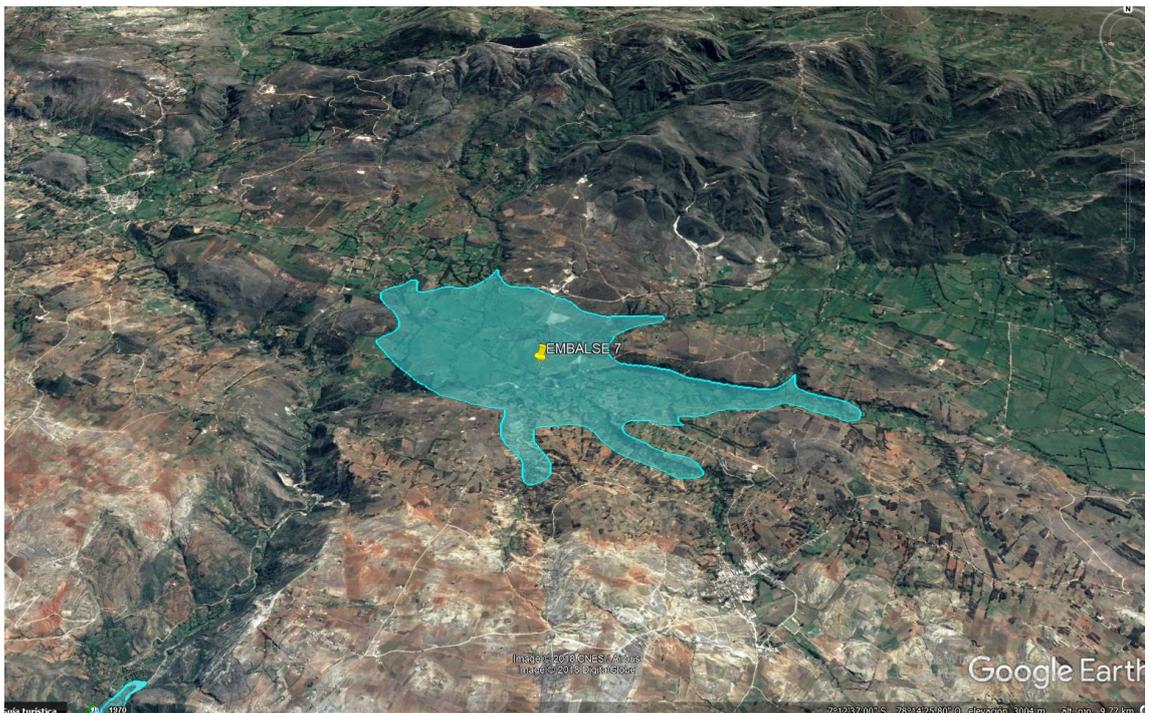


Figura N° 39. Ubicación de embalse 07



Figura N° 40. Ubicación de embalse 08

4.3.10. Generación de la topografía del vaso

Para realizar esta metodología es necesario utilizar el sistema informático de Arc Gis y continuar con los siguientes pasos:

1. Se requiere de la información cartográfica de las curvas de nivel (100 m) proporcionadas por el IGN en formato shapefile.
2. Ubicar los vasos topográficamente a lo largo del río. (Ver Anexo N°04)
3. Una vez ubicado los vasos, se procede a crear curvas cada 5 metros ya que la información cartográfica tiene las curvas de nivel cada 100 metros.
4. Para la creación de curvas cada 5 metros, es necesario el uso del software de Global Mapper y tener la geometría de cada embalse en un formato .kml. Exportar la información obtenida en formato shapefile.
5. Una vez obtenidas las curvas del software global mapper, es necesario proyectar dichas curvas al sistema informático Arc Gis

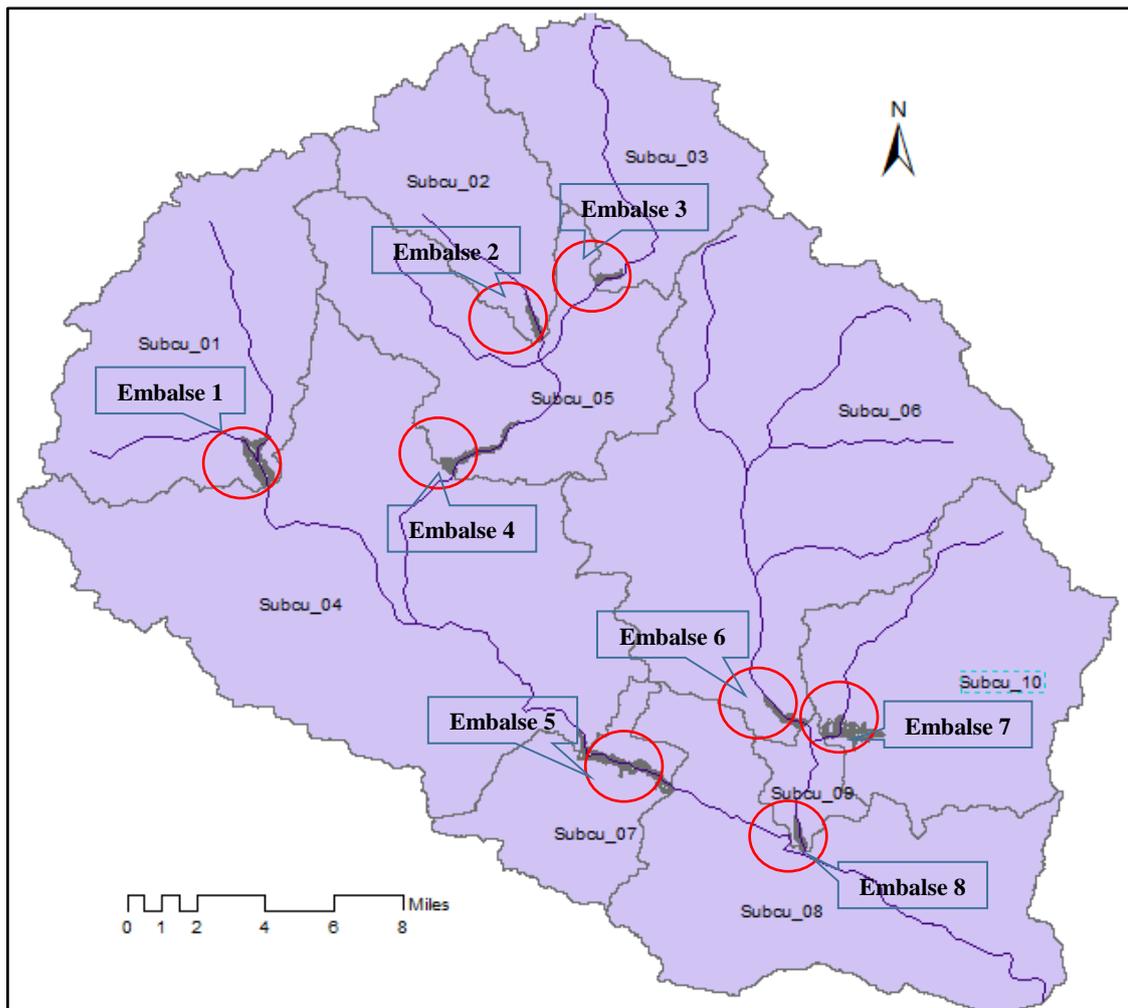


Figura N° 41: Ubicación de Embalses

Fuente: Elaboración Propia

4.3.11. Características de las presas

Para la ubicación de la presa es necesario asegurar criterios como el de asegurar una menor longitud para asegurar que el presupuesto de la construcción de la presa resulte más económica.

La altura de la presa puede estar controlada por la topografía del lugar.

Para el desarrollo de esta tesis todas las presas propuestas tienen una altura de 50 metros. En la siguiente Cuadro se puede observar las características de cada presa propuesta.

Cuadro N° 21: Características de Presas propuestas

Presas	Altura (m)	Altura de Corona (msnm)	Longitud de Corona (m)
Presa 1	50	2784	604.15
Presa 2	50	2968	289.14
Presa 3	50	3095	314.1
Presa 4	50	2811	321.81
Presa 5	50	2510	355.27
Presa 6	50	2684	326.7
Presa 7	50	2746	445.44
Presa 8	50	2445	265.13

Fuente: Elaboración Propia

4.3.12. Cálculo de la curva área – Volumen

El almacenamiento de un embalse se mide por el volumen de agua contenido en su vaso de almacenamiento para una altura dada de la presa y su aliviadero. Para calcular la capacidad se utiliza la información cartográfica del vaso de almacenamiento. Para ello, una vez que se fija la ubicación de la presa y la cota del fondo del río, se calcula el área abarcada por cada curva de nivel. (GUEVARA, 1991).

La metodología utilizada fue la siguiente:

Dado el plano topográfico a curvas de nivel del vaso de almacenamiento,

- Se calcula el área encerrada por la cota $Z+1$ (planimetrado), considerando que el punto de lecho del río se encuentra en la cota Z y esta tendrá como área el del espejo de agua a 1 metro de altura o en la cota relativa $Z+1$; de la misma manera se calcula el área para la cota $Z+1$ y así sucesivamente hasta llegar a la cota $Z+X$
- Para calcular el volumen en el caso del volumen en cota Z (V_z), se multiplicará el área de la cota Z (A_z) por la altura correspondiente; para obtener el volumen en la cota $Z+1$ (V_{z+1}) se procederá como sigue:

$$V_{z+1} = V_z + \frac{(A_z + A_{z+1})}{2} (\Delta h)$$

Donde:

V_z = Volumen en la cota Z

A_z = Área encerrada por la curva de nivel de cota Z

A_{z+1} = Área encerrada por la curva de nivel de cota Z+1

Δh = Diferencia entre las cotas A_z y A_{z+1}

En lo sucesivo se podrá usar la siguiente relación genérica:

$$V_i = V_{i-1} + \frac{(A_i + A_{i-1})}{2} (h_i - h_{i-1})$$

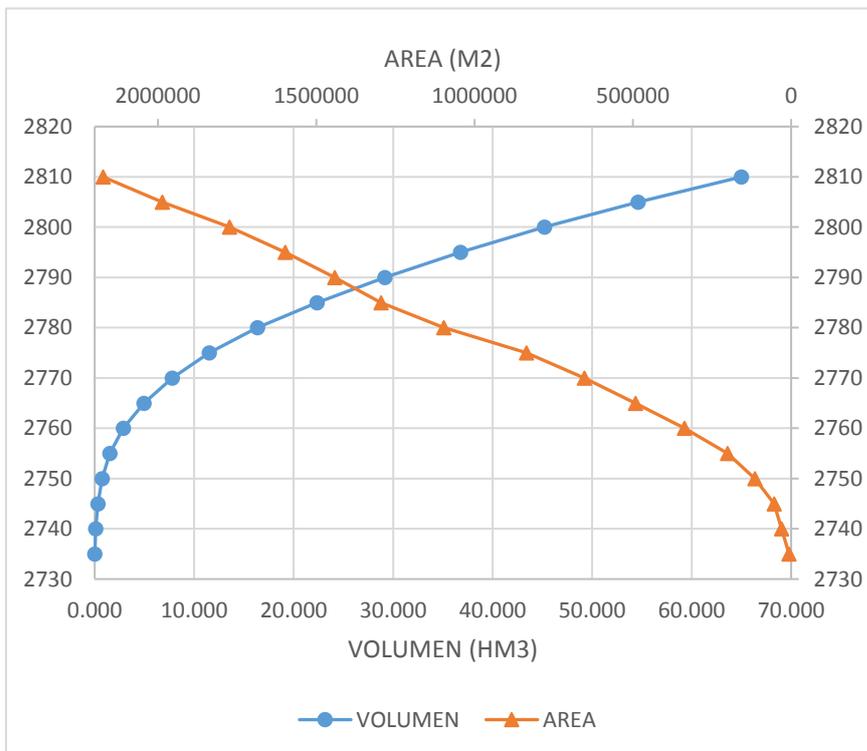
Donde:

i= Sub índice que indica la cota

h_i = Cota i – ésima

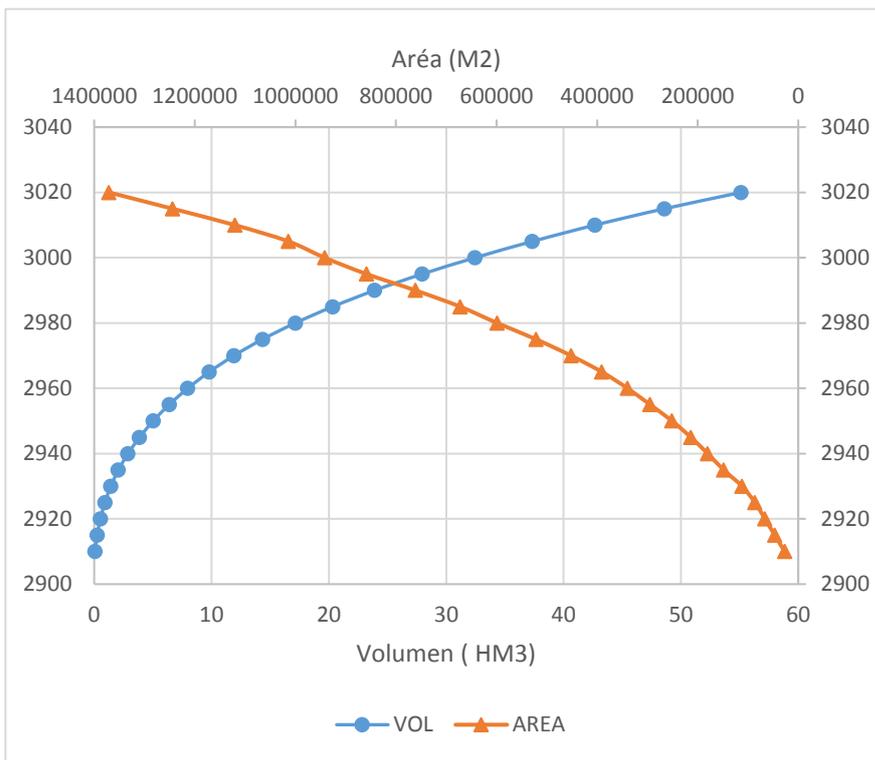
(Velásquez et al 2012)

Curva Área - Volumen del Embalse 01



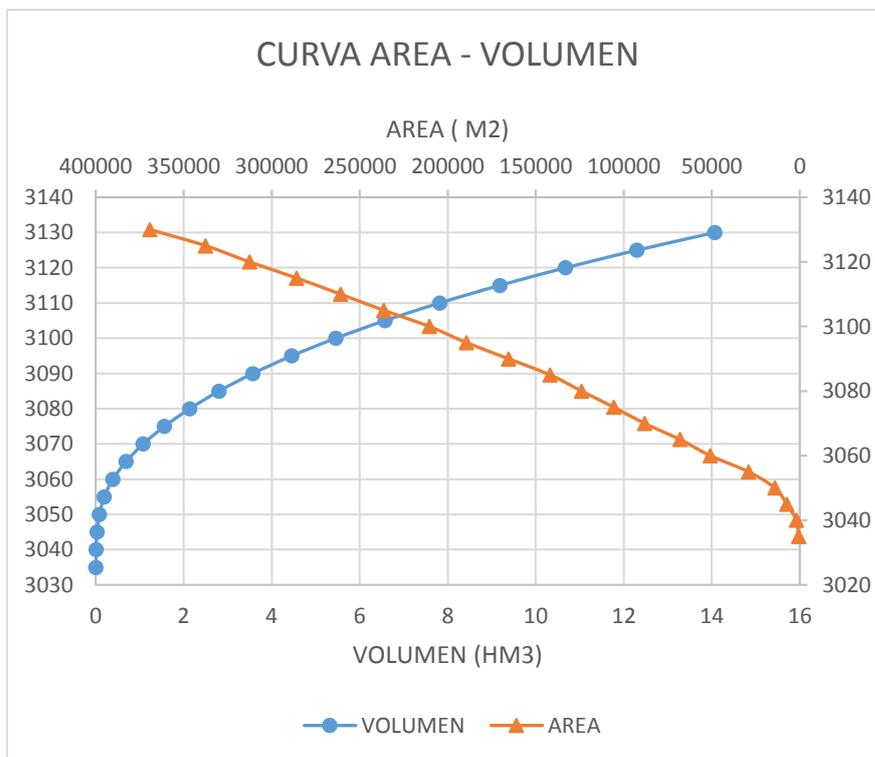
Elev (msnm)	Vol (hm3)
2730	-
2735	0.016
2740	0.108
2745	0.318
2750	0.740
2755	1.527
2760	2.871
2765	4.943
2770	7.804
2775	11.525
2780	16.357
2785	22.337

Curva Área - Volumen del Embalse 02



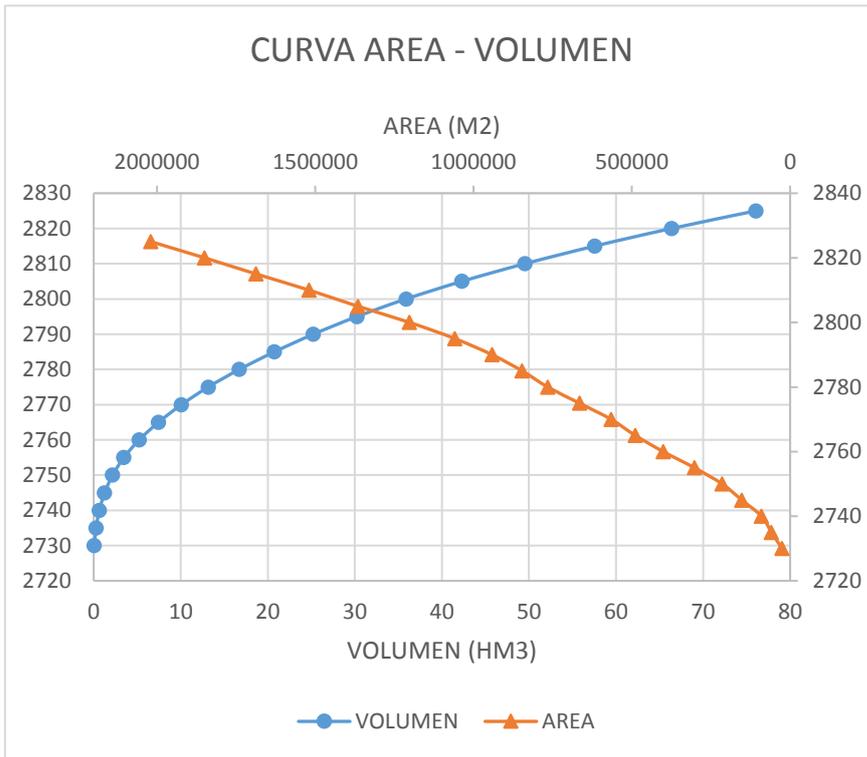
Elev (msnm)	Vol (hm3)
2905	-
2910	0.067
2915	0.251
2920	0.534
2925	0.915
2930	1.41
2935	2.063
2940	2.882
2945	3.8667
2950	5.028
2955	6.393
2960	7.979

Curva Área - Volumen del Embalse 03



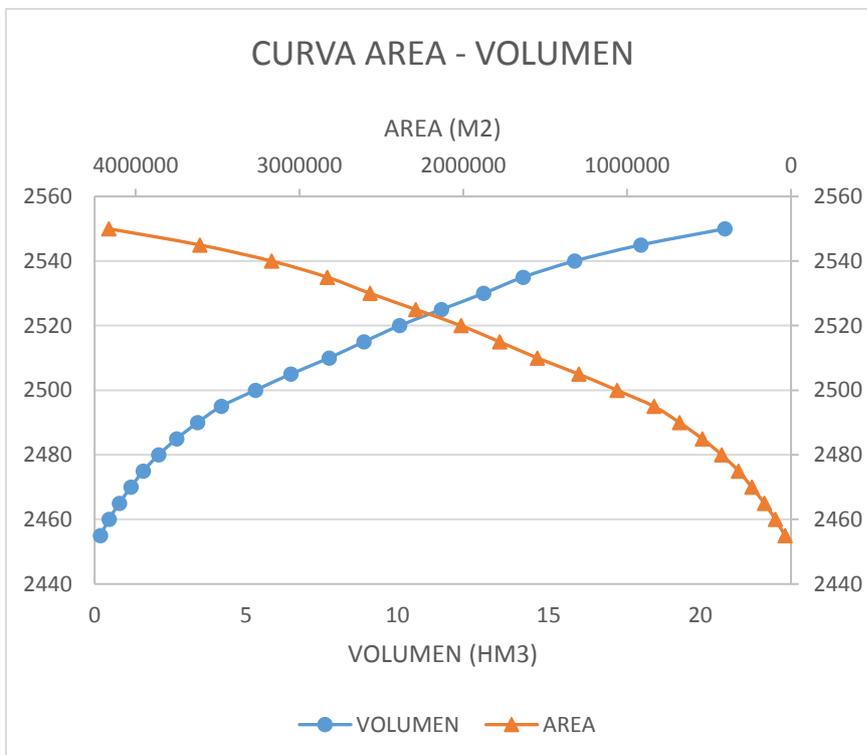
Elev (msnm)	Vol (hm3)
3030	-
3035	0.002
3040	0.008
3045	0.031
3050	0.085
3055	0.192
3060	0.392
3065	0.689
3070	1.079
3075	1.564
3080	2.138
3085	2.802

Curva Área - Volumen del Embalse 04



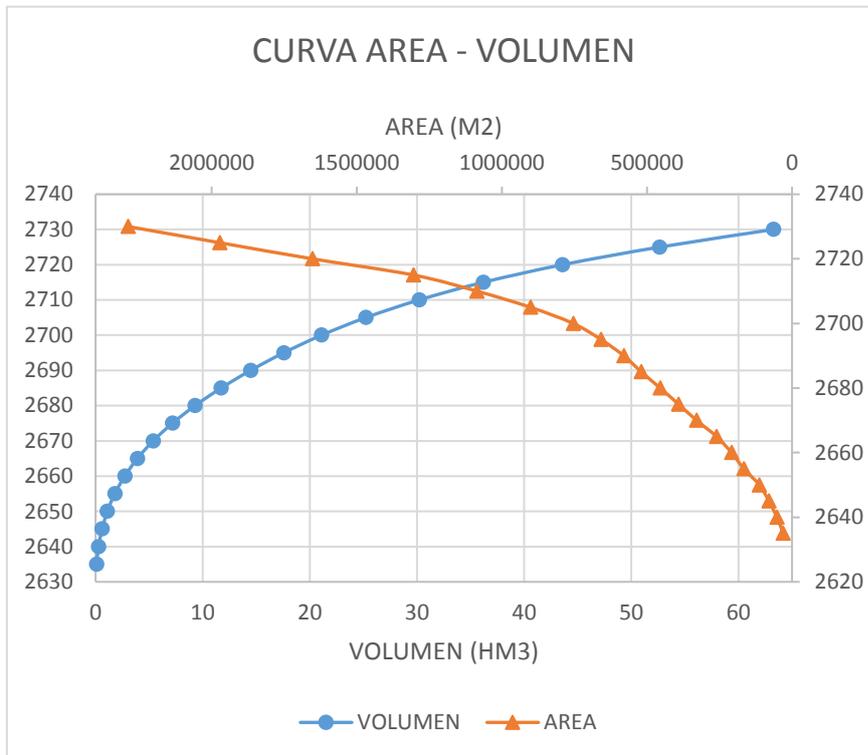
Elev (msnm)	Vol (hm3)
2725	-
2730	0.063
2735	0.274
2740	0.646
2745	1.253
2750	2.171
2755	3.464
2760	5.221
2765	7.445
2770	10.081
2775	13.158
2780	16.736

Curva Área - Volumen del Embalse 05



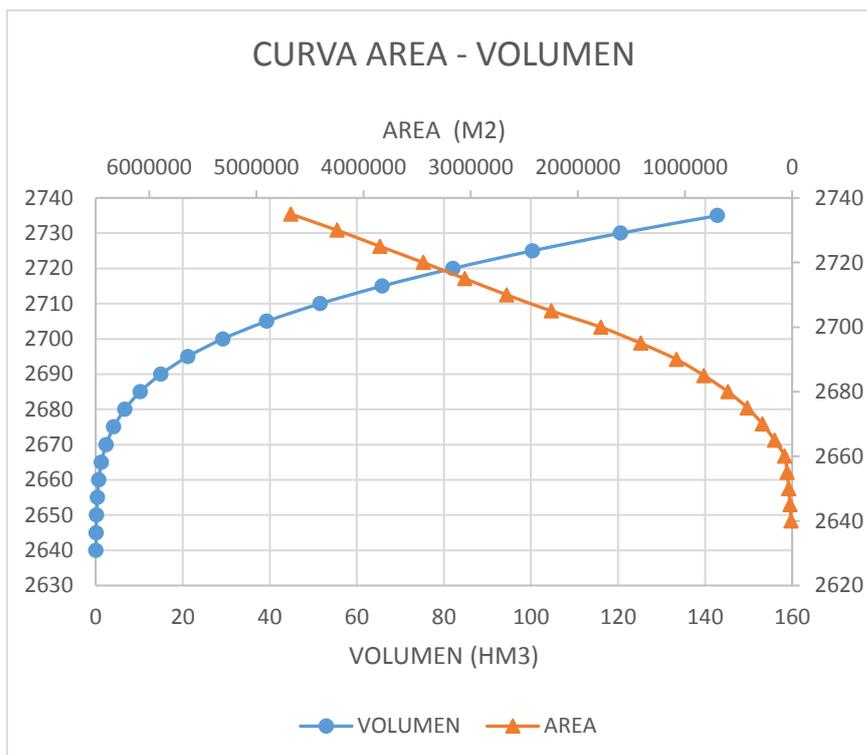
Elev (msnm)	Vol (hm3)
2450	-
2455	0.187
2460	0.475
2465	0.814
2470	1.199
2475	1.603
2480	2.114
2485	2.711
2490	3.404
2495	4.182
2500	5.31
2505	6.478

Curva Área - Volumen del Embalse 06



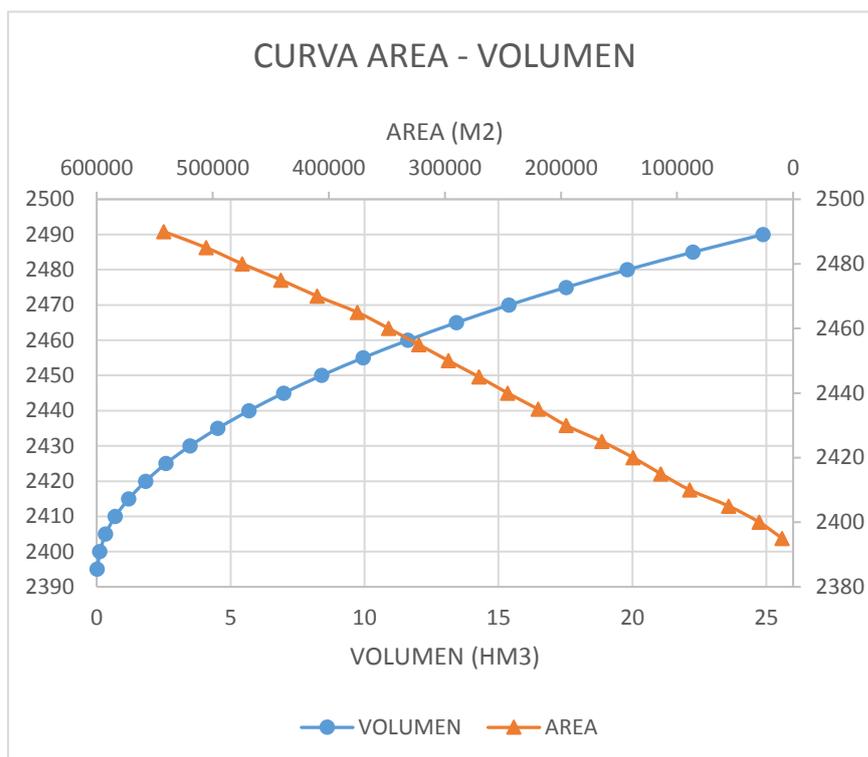
Elev (msnm)	Vol (hm3)
2630	-
2635	0.0759
2640	0.282
2645	0.61
2650	1.091
2655	1.787
2660	2.724
2665	3.895
2670	5.368
2675	7.167
2680	9.28
2685	11.715

Curva Área - Volumen del Embalse 07



Elev (msnm)	Vol (hm3)
2635	-
2640	0.021
2645	0.090
2650	0.219
2655	0.417
2660	0.711
2665	1.297
2670	2.397
2675	4.132
2680	6.672
2685	10.226
2690	14.977

Curva Área - Volumen del Embalse 08



Elev (msnm)	Vol (hm3)
2390	-
2395	0.024
2400	0.120
2405	0.331
2410	0.693
2415	1.200
2420	1.829
2425	2.585
2430	3.486
2435	4.524
2440	5.688
2445	6.979

4.3.13. Regulación de la oferta hídrica en el río Cajamarca con los embalses propuestos

Con el modelo hidrológico calibrado se generaron series de caudales en cada punto de interés (embalses propuestos), estos caudales representan volúmenes de agua que ingresan a cada embalse. Para simular la operación del embalse en WEAP es necesario la información de estos caudales y la información obtenida de los embalses propuestos (curvas altura volumen).

Se creó un escenario para simular la operación de todos los embalses a la vez (escenario 9) y obtener un caudal de oferta a través de continuas iteraciones con la finalidad de obtener una garantía aproximada al 100% en cobertura volumétrica, esta se define como el porcentaje del volumen total demandado (90.064 hm³) que ha logrado ser cubierto durante todo el período de simulación; y en cobertura temporal, esta se define como el porcentaje de meses en el cual la demanda impuesta fue totalmente satisfecha .

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DEL RÍO CAJAMARCA

5.1.1. Resultados de calibración y validación de modelo del modelo

Con la información hidrométrica registrada (2006-2015) en la estación Jesús Túnel es posible calibrar el modelo en el período (2006 – 2013) y validarlo en el período de (2014-2015). De la calibración y validación se obtuvieron indicadores satisfactorios (Índice de Nash, BIAS, coeficiente de Pearson), esto nos demuestra la eficiencia del modelo y lo bien que representa el modelo de la cuenca en estudio.

Cuadro N° 22: Indicadores de eficiencia del modelo

Estación hidrométrica	Calibración			Validación		
	NASH	BIAS	RMSE	NASH	BIAS	RMSE
Jesús Túnel	0.84	-0.08	0.4	0.82	-0.1	0.19

En los siguientes gráficos se puede observar los resultados de los procesos de calibración y validación, estas gráficas nos permite comparar los resultados de los caudales mensuales simulados con los caudales observados en la estación de aforo.

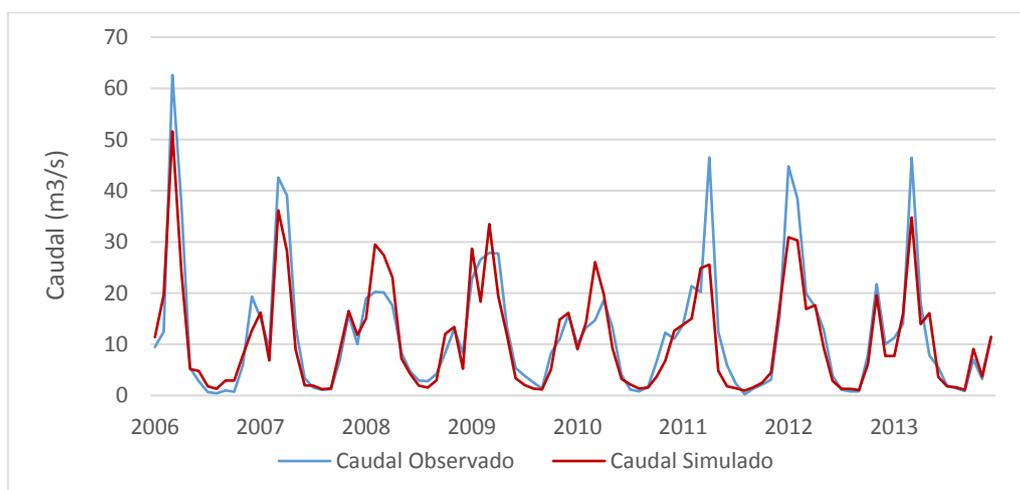


Figura N° 42: Comparación de caudales simulados y observados en el período de calibración (2006 – 2013)

Fuente: Elaboración Propia

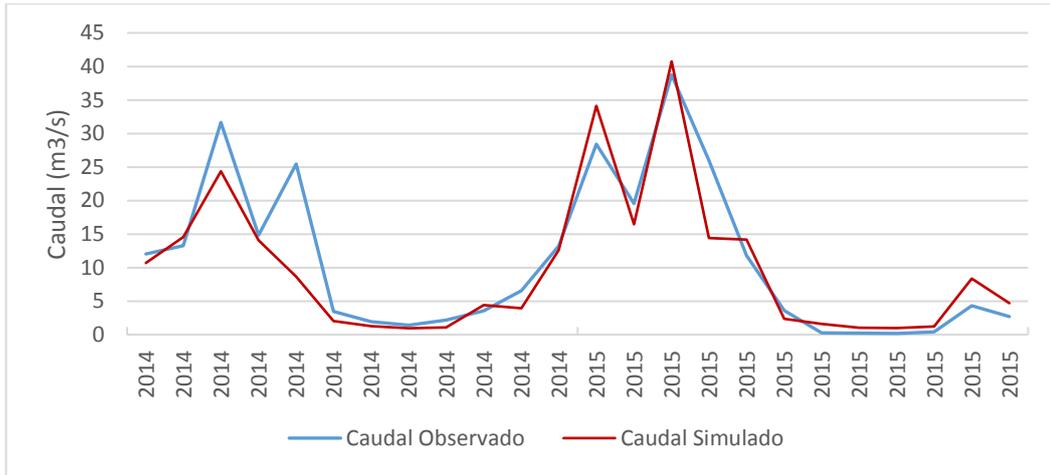


Figura N° 43: Comparación de caudales simulados y observados en el período de validación (2014 – 2015).

Fuente: Elaboración Propia

De los gráficos anteriores se puede apreciar el buen ajuste del al caudal simulado caudal observado, sin embargo, en ambos existe una tendencia a subestimar levemente los caudales en épocas de avenidas

En el período de calibración se observa un mejor ajuste, lo cual significa que los caudales simulados tienen una menor desviación respecto a los observados.

A continuación se muestra la correlación lineal existente entre los caudales simulados y observados en cada uno de los períodos:

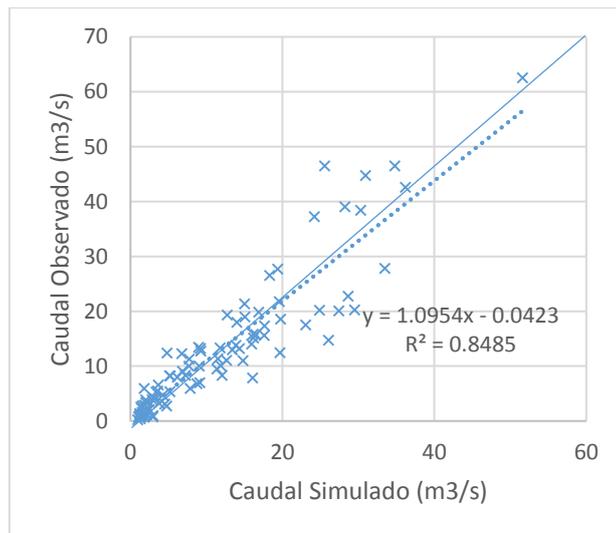


Figura N° 44: Comparación de caudales simulados y observados en el período de calibración (2006 – 2013)

Fuente: Elaboración Propia

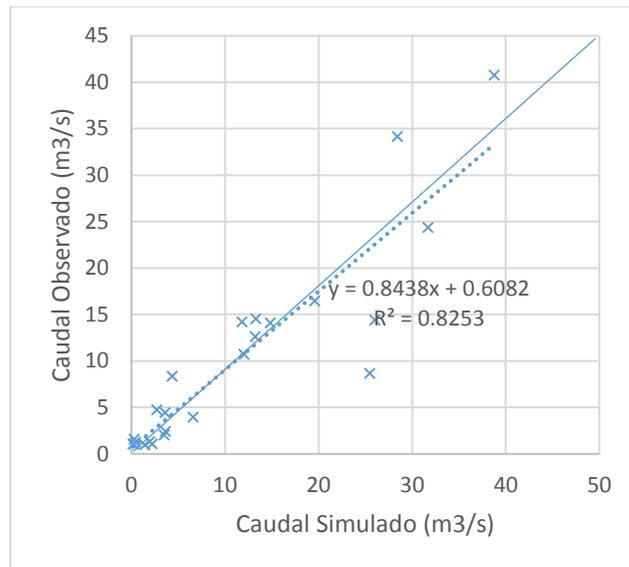


Figura N° 45: Comparación de caudales simulados y observados en el período de validación (2014 – 2015).

Fuente: Elaboración Propia

5.2. RESULTADO DE OFERTA HIDRICA DE CADA SUBCUENCA

Los resultados fueron los caudales simulados mensuales de oferta natural de cada subcuenca en estudio, sin regulación, producto de una buena calibración del modelo hidrológico en la cuenca en estudio.

Cuadro N° 1: Caudales mensuales simulados mensuales para cada subcuenca

Subcuencas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Subcuenca 01	2.86	3.73	5.43	2.81	1.18	0.45	0.26	0.20	0.28	0.97	1.73	2.57
Subcuenca 02	0.98	1.47	2.08	1.07	0.44	0.18	0.12	0.09	0.11	0.21	0.45	0.66
Subcuenca 03	2.92	4.02	5.33	3.27	1.68	0.60	0.31	0.21	0.43	1.38	2.17	2.51
Subcuenca 04	10.46	14.63	20.68	12.67	6.27	2.20	1.14	0.83	1.51	4.64	7.39	8.77
Subcuenca 05	2.10	2.91	4.23	2.69	1.34	0.48	0.25	0.18	0.30	0.85	1.44	1.71
Subcuenca 06	6.62	8.59	13.49	6.60	2.68	0.97	0.55	0.43	0.67	2.79	4.31	6.46
Subcuenca 07	6.34	8.70	12.27	7.07	3.28	1.20	0.65	0.48	0.76	2.27	3.96	5.34
Subcuenca 08	21.80	29.56	43.17	24.11	10.96	3.93	2.08	1.52	2.53	8.61	14.11	19.03
Subcuenca 09	0.33	0.43	0.72	0.43	0.20	0.07	0.03	0.02	0.03	0.14	0.25	0.29
Subcuenca 10	1.42	2.04	2.99	1.74	0.76	0.31	0.18	0.12	0.15	0.32	0.67	0.97
Promedio	5.583	7.608	11.039	6.246	2.879	1.039	0.557	0.408	0.677	2.218	3.648	4.831
Máximo	21.8	29.56	43.17	24.11	10.96	3.93	2.08	1.52	2.53	8.61	14.11	19.03
Mínimo	0.33	0.43	0.72	0.43	0.2	0.07	0.03	0.02	0.03	0.14	0.25	0.29

Fuente: Elaboración Propia

5.2.1. Oferta hídrica en la subcuenca 01

El punto de interés en la subcuenca 01 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

$Q_{\max} = 11.71 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\min} = 0.11 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{prom}} = 1.87 \text{ m}^3/\text{s}$

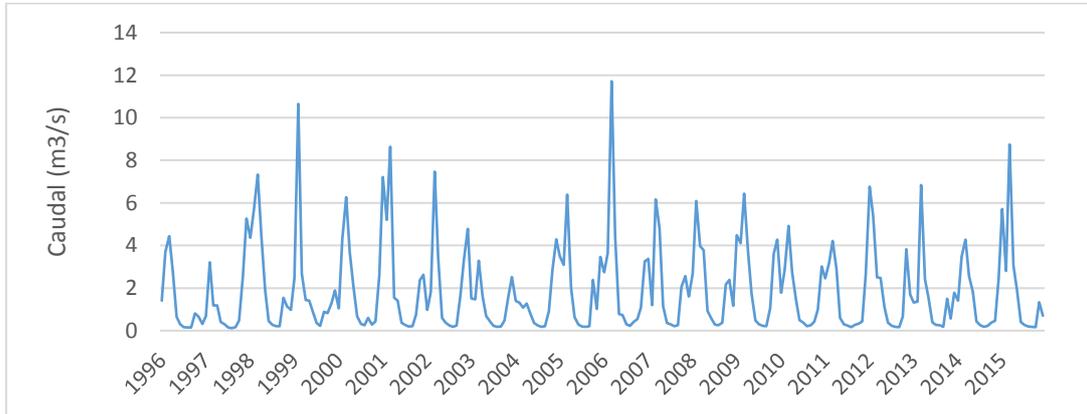


Figura N° 46: Serie de caudales generados en la Subcuenca 01

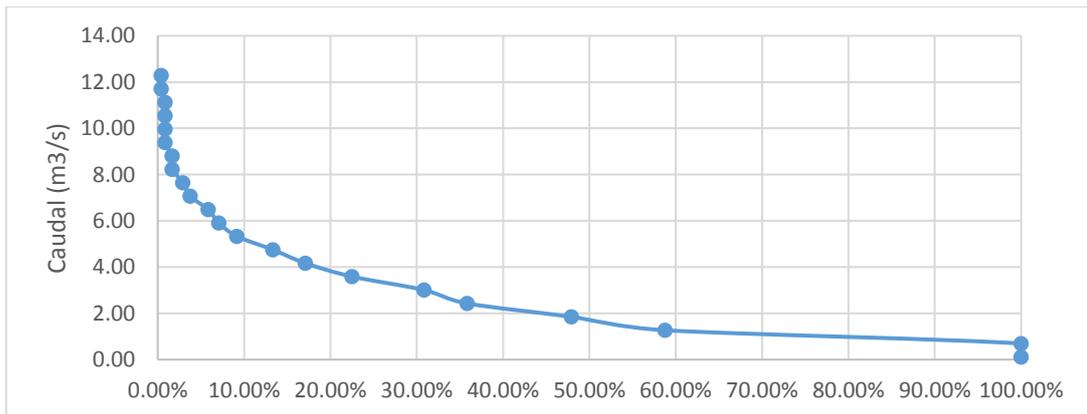


Figura N° 47: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 01

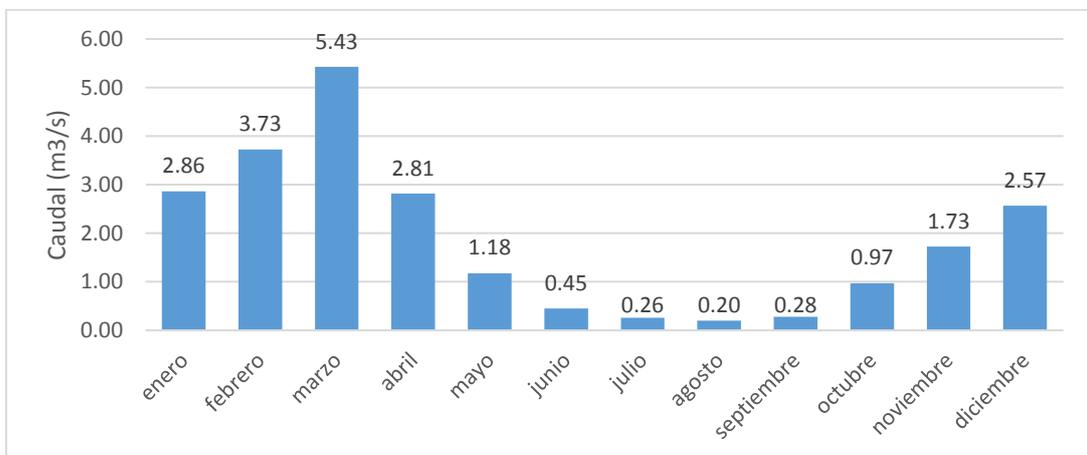


Figura N° 48: Caudales promedios mensuales de la Subcuenca 01

5.2.2. Oferta hídrica en la subcuenca 02

El punto de interés en la subcuenca 02 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

Q_{max}= 4.45 m³/s **Q_{mín}= 0.05 m³/s** **Q_{prom}= 0.65 m³/s**

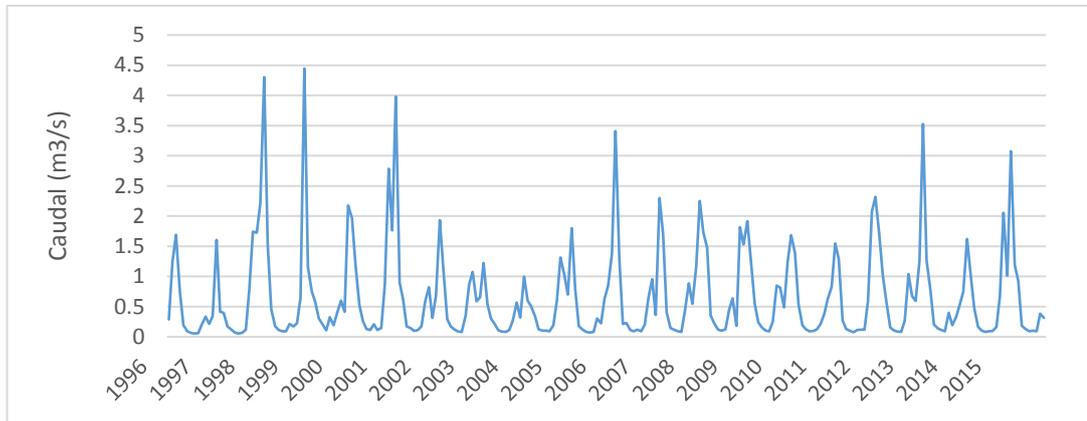


Figura N° 49: Serie de caudales generados en la Subcuenca 02

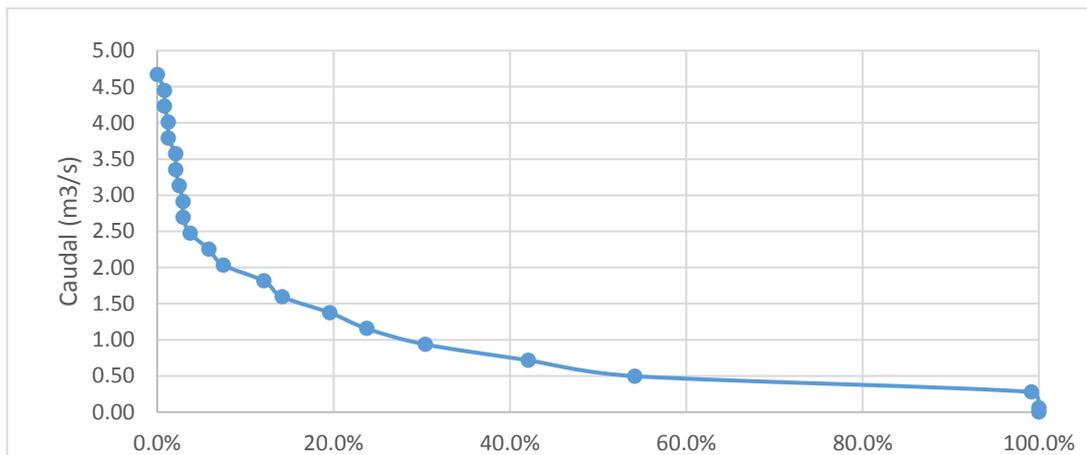


Figura N° 50: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 02

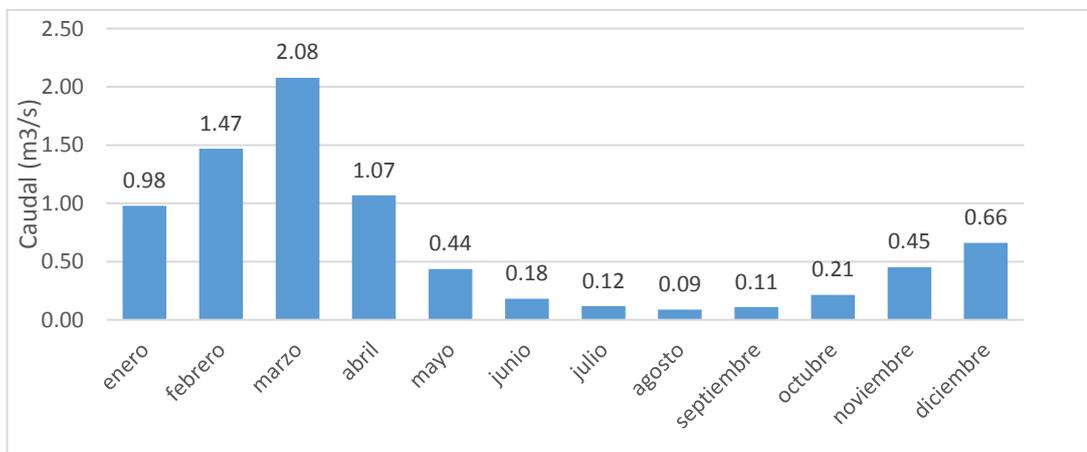


Figura N° 51: Serie de caudales generados en la Subcuenca 02

5.2.3. Oferta hídrica en la subcuenca 03

El punto de interés en la subcuenca 03 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

$$Q_{\max} = 10.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{prom}} = 2.07 \text{ m}^3/\text{s}$$

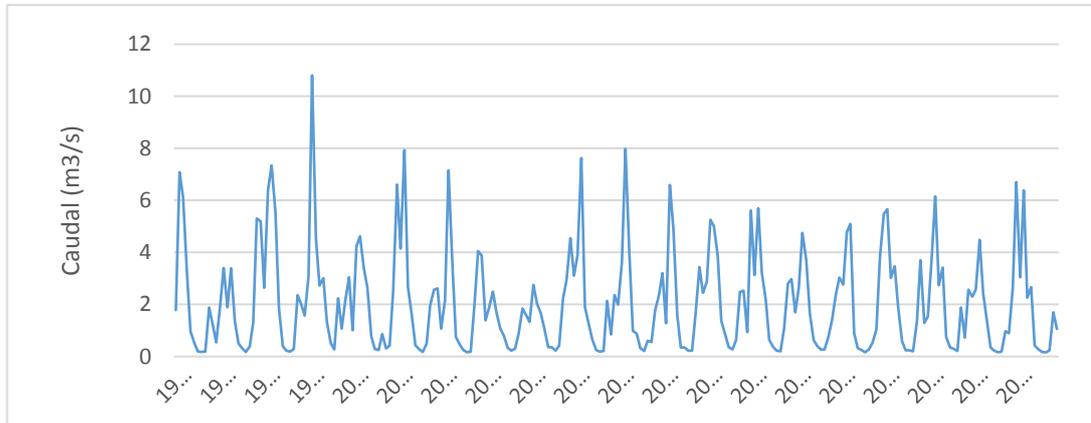


Figura N° 52: Serie de caudales generados en la Subcuenca 03

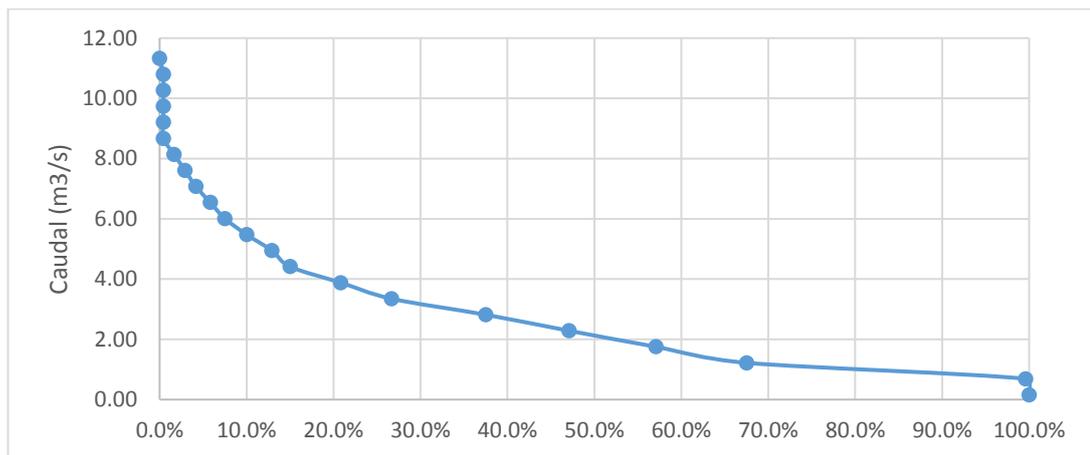


Figura N° 53: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 03

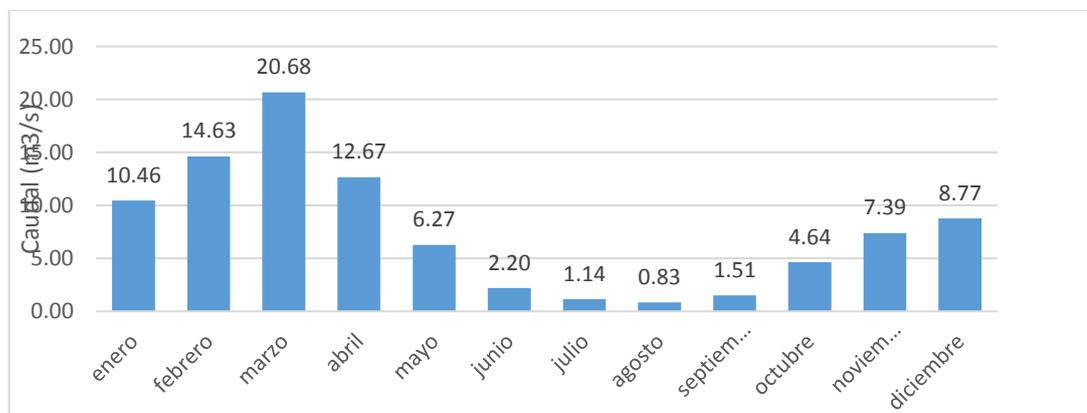


Figura N° 54: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 03

5.2.4. Oferta hídrica en la subcuenca 04

El punto de interés en la subcuenca 04 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

$$Q_{\max} = 40.50 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 0.60 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{prom}} = 7.60 \text{ m}^3/\text{s}$$

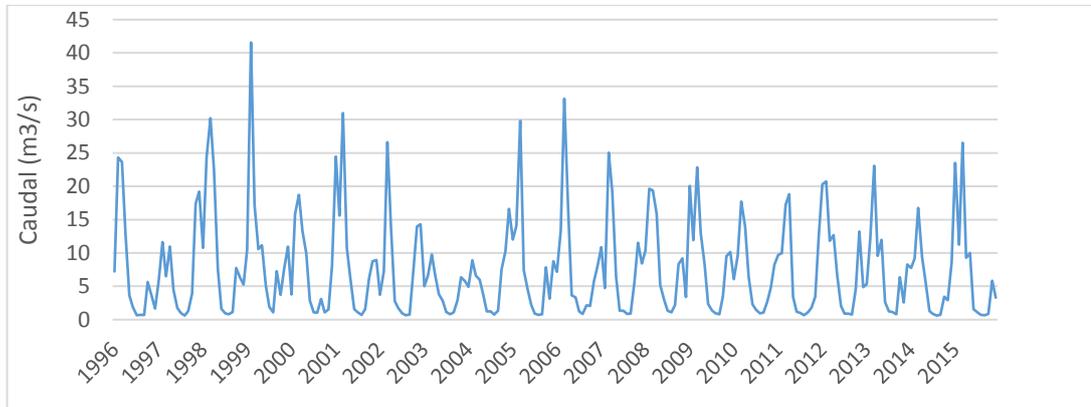


Figura N° 55: Serie de caudales generados en la Subcuenca 04

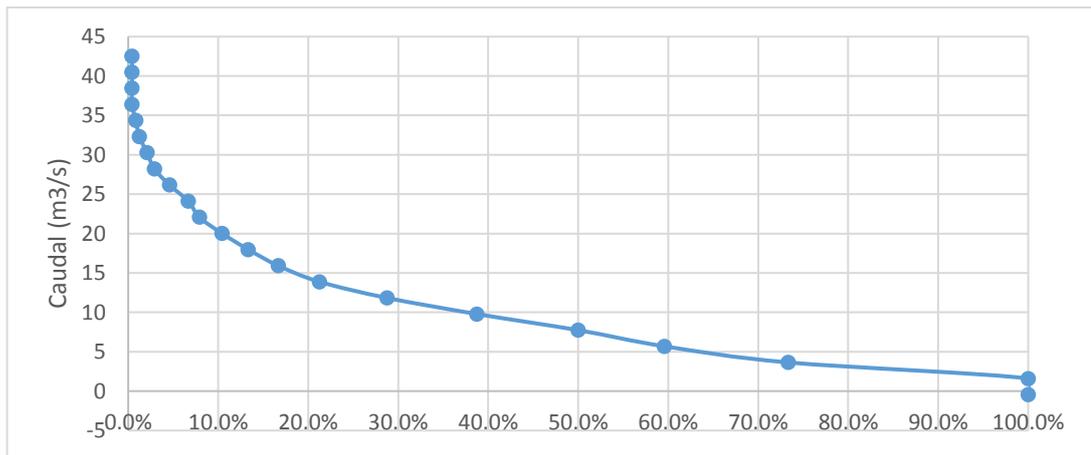


Figura N° 56: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 04

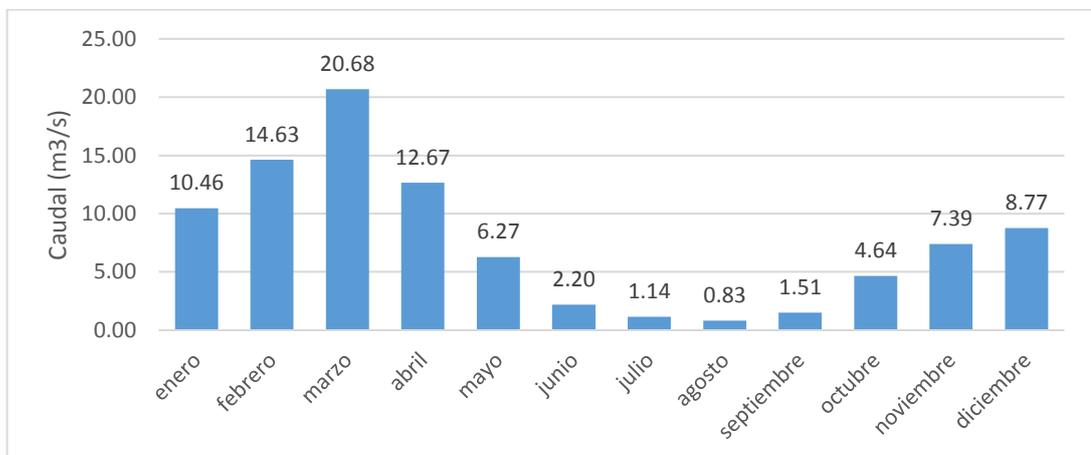


Figura N° 57: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 04

5.2.5. Oferta hídrica en la subcuenca 05

El punto de interés en la subcuenca 05 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

$$Q_{\max} = 8.74 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{prom}} = 1.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

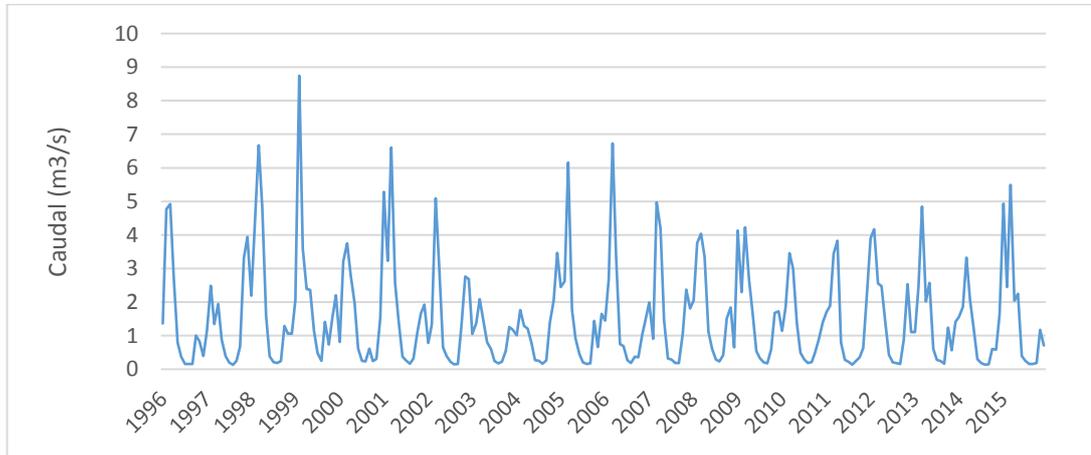


Figura N° 58: Serie de caudales generados en la Subcuenca 05

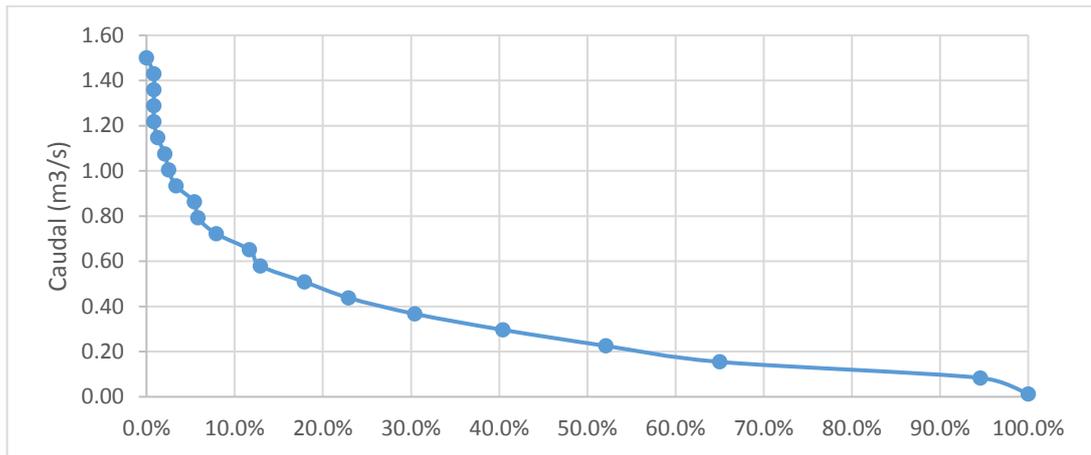


Figura N° 59: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 05

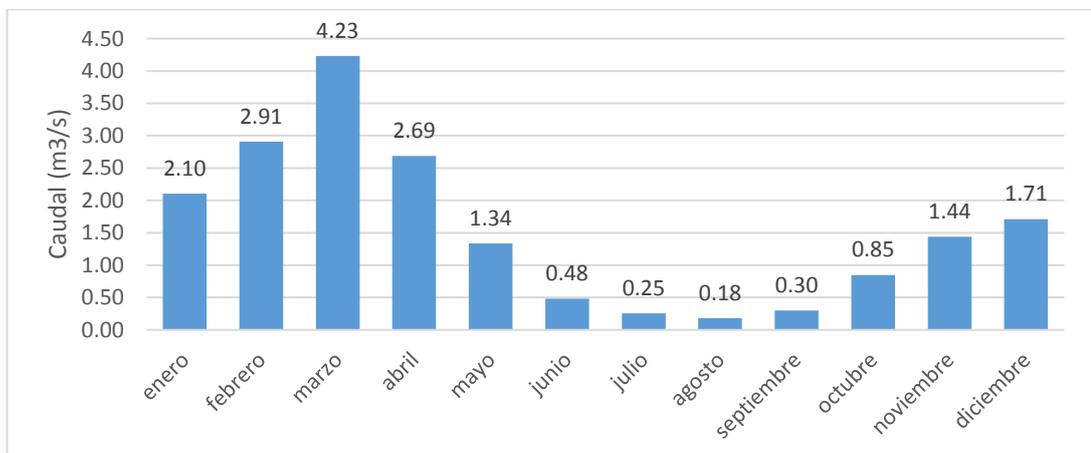


Figura N° 60: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 05

5.2.6. Oferta hídrica en la subcuenca 06

El punto de interés en la subcuenca 06 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

$$Q_{\max} = 32.07 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 0.24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{prom}} = 4.51 \text{ m}^3/\text{s}$$

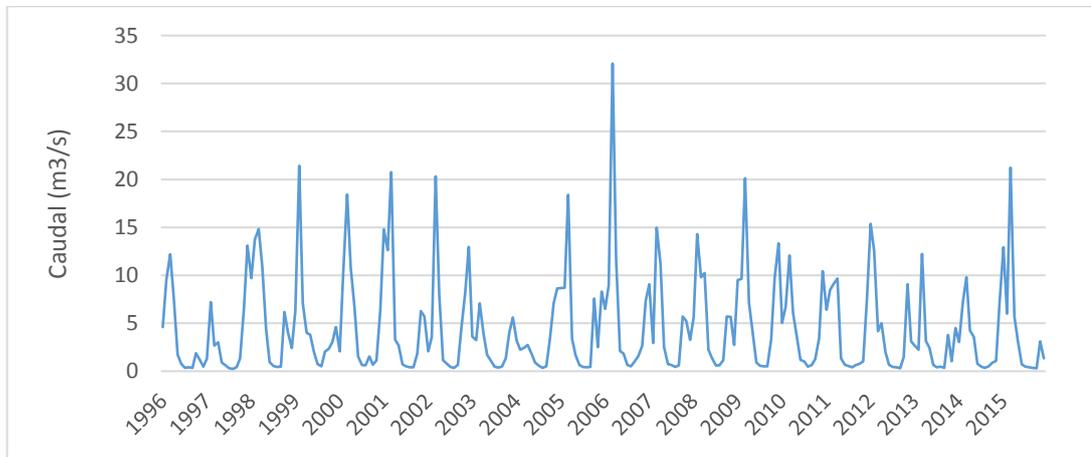


Figura N° 61: Serie de caudales generados en la Subcuenca 06

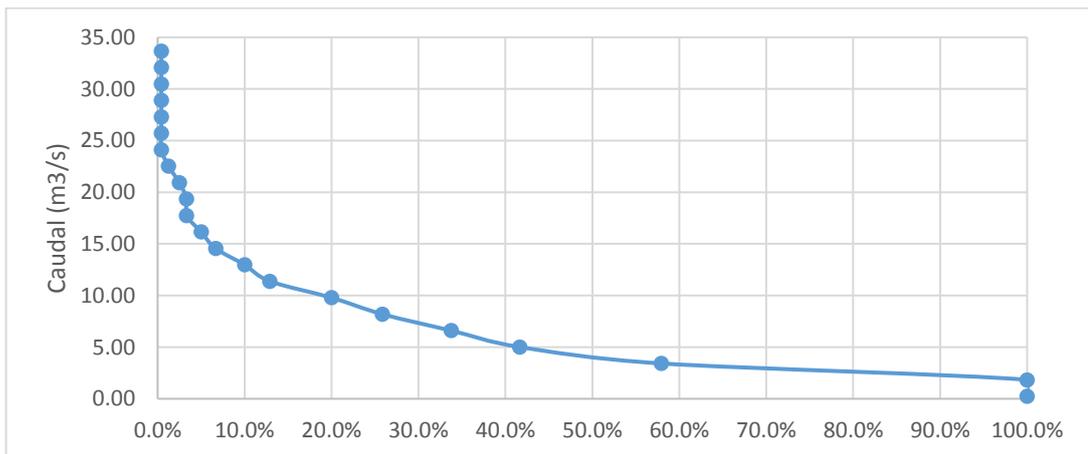


Figura N° 62: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 06

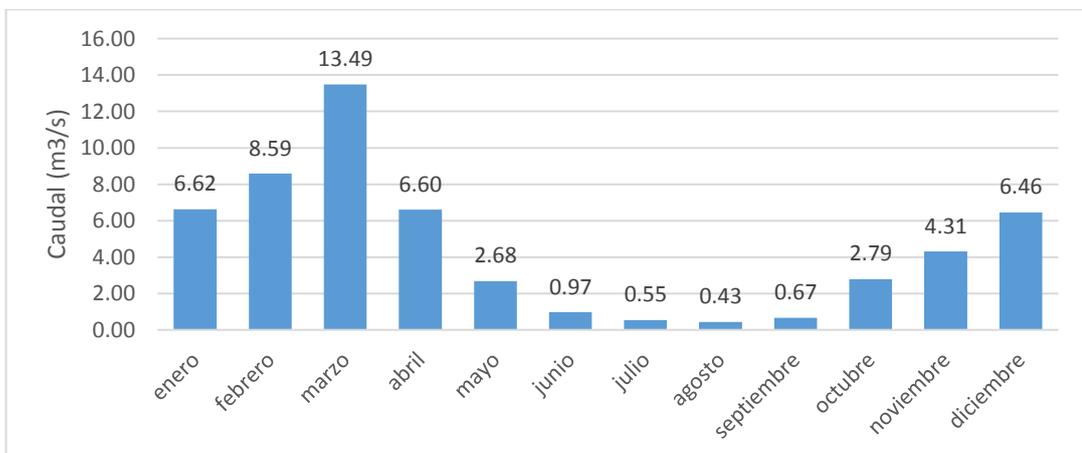


Figura N° 63: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 06

5.2.7. Oferta hídrica en la subcuenca 07

El punto de interés en la subcuenca 07 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

$$Q_{\max} = 25.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 0.32 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{prom}} = 4.36 \text{ m}^3/\text{s}$$

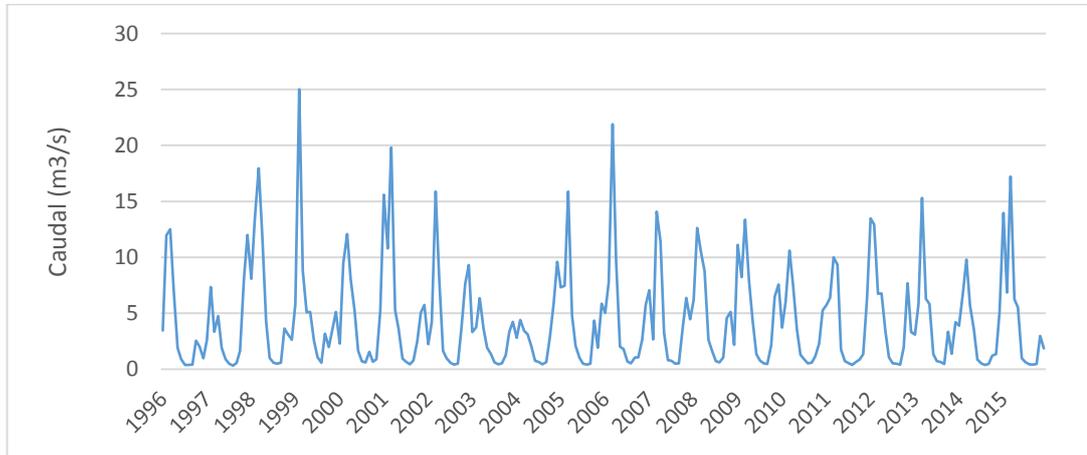


Figura N° 64: Serie de caudales generados en la Subcuenca 07

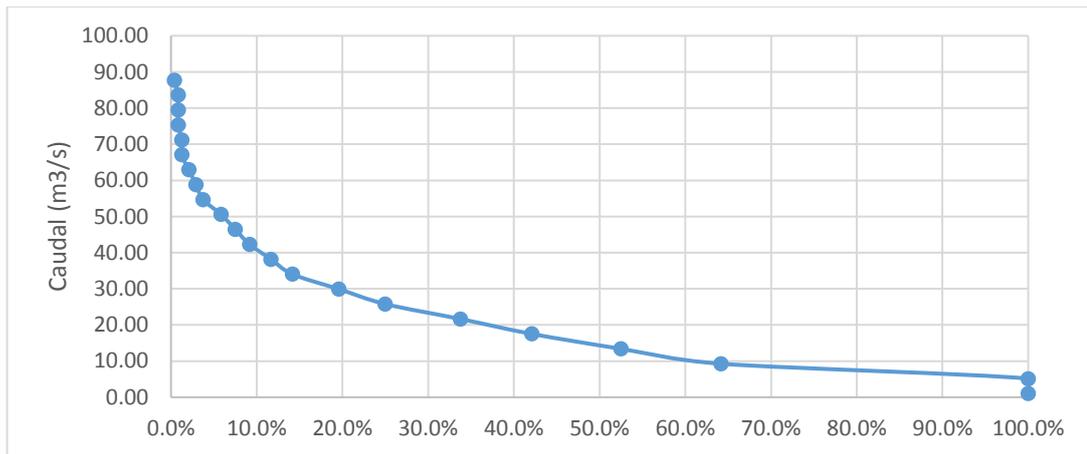


Figura N° 65: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 07

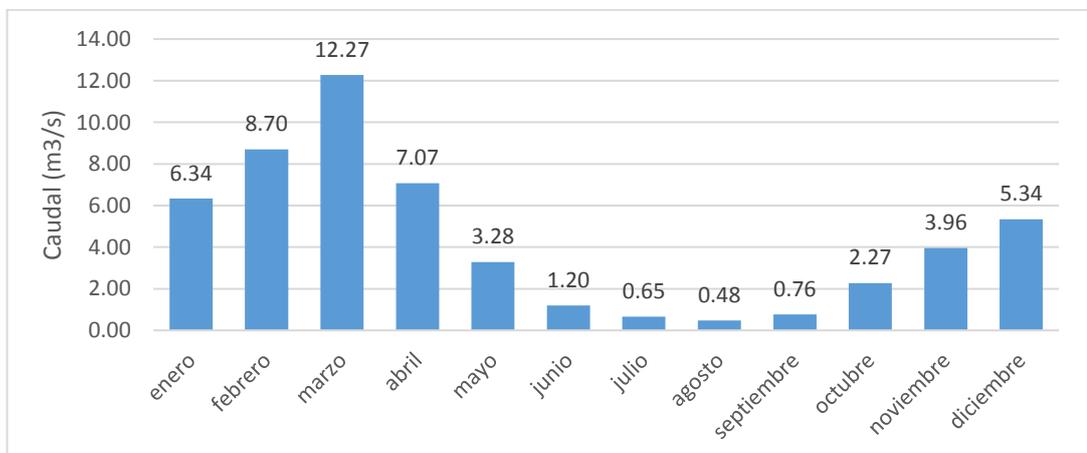


Figura N° 66: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 07

5.2.8. Oferta hídrica en la subcuenca 08

El punto de interés en la subcuenca 08 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

$$Q_{\max} = 83.61 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 1.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{prom}} = 15.12 \text{ m}^3/\text{s}$$

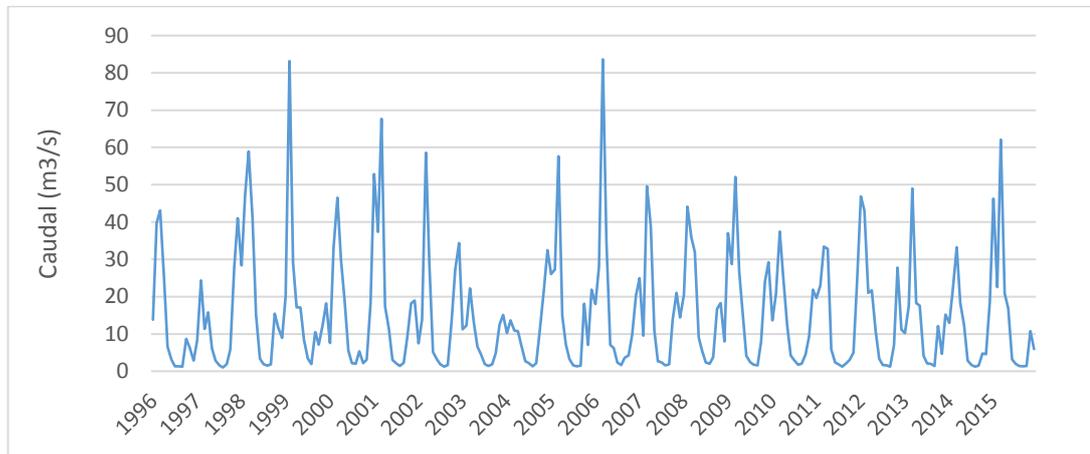


Figura N° 67: Serie de caudales generados en la Subcuenca 08

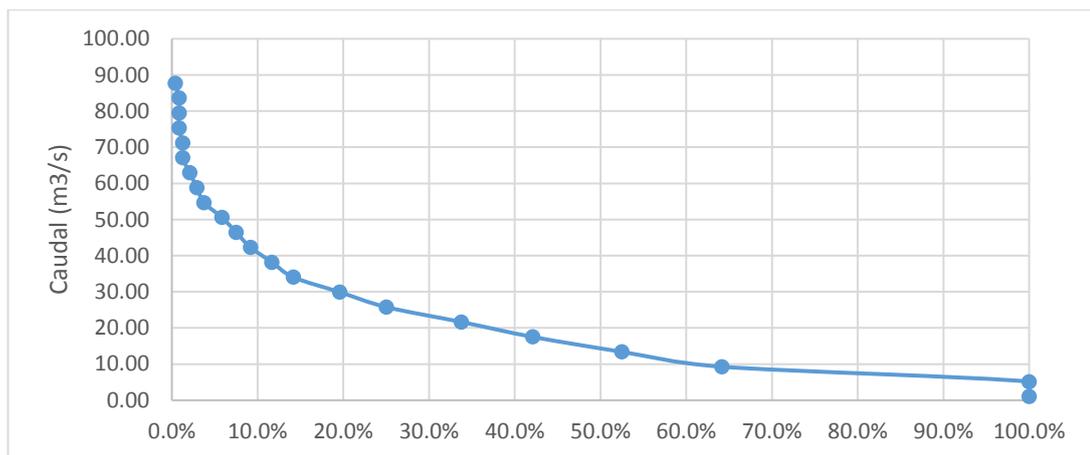


Figura N° 68: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 08

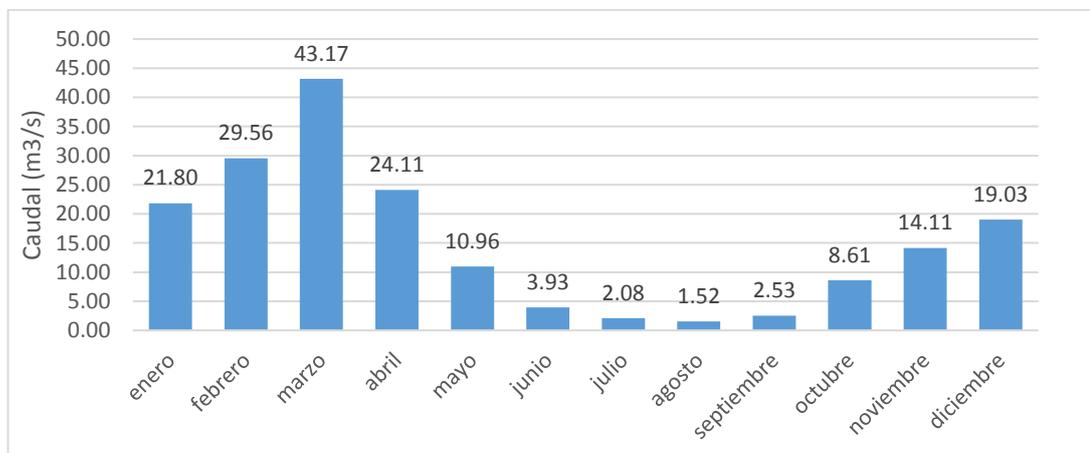


Figura N° 69: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 08

5.2.9. Oferta hídrica en la subcuenca 09

El punto de interés en la subcuenca 09 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

$$Q_{\max} = 1.43 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 0.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{prom}} = 0.24 \text{ m}^3/\text{s}$$

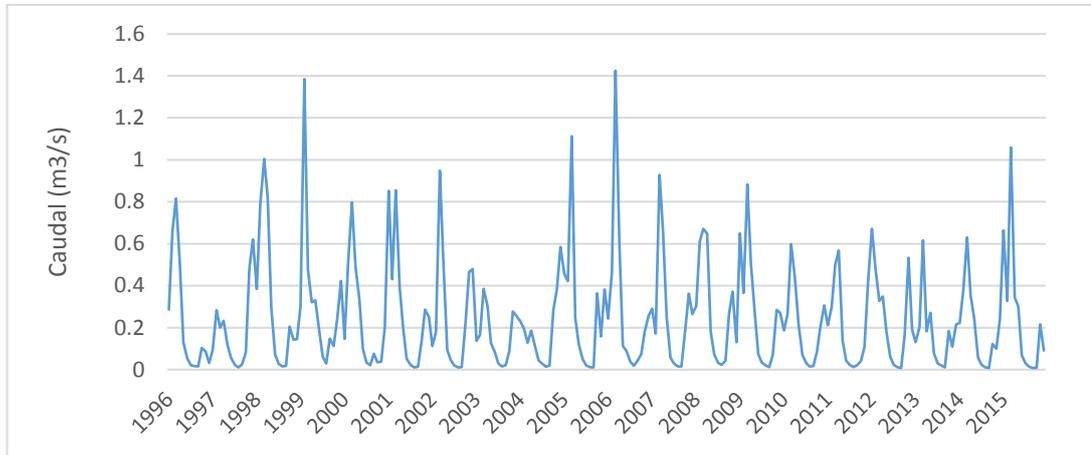


Figura N° 70: Serie de caudales generados en la Subcuenca 09

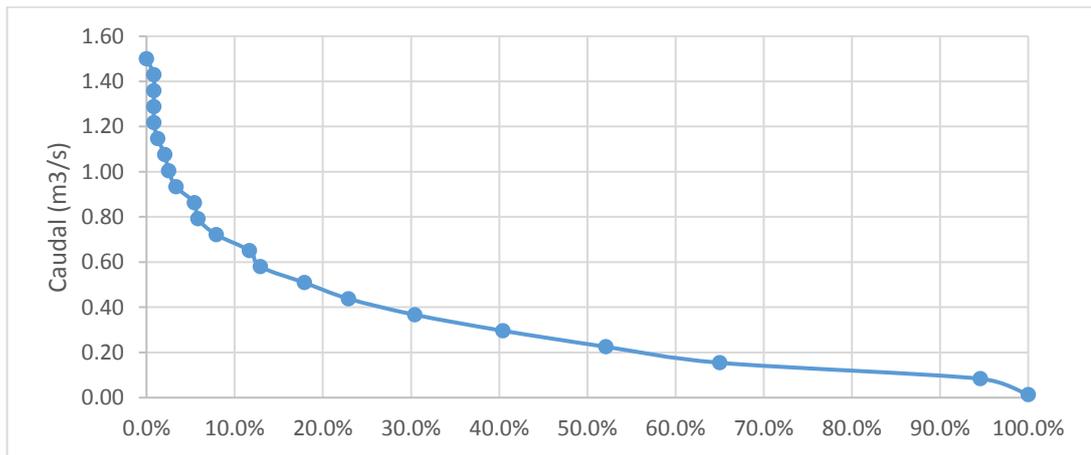


Figura N° 71: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 09

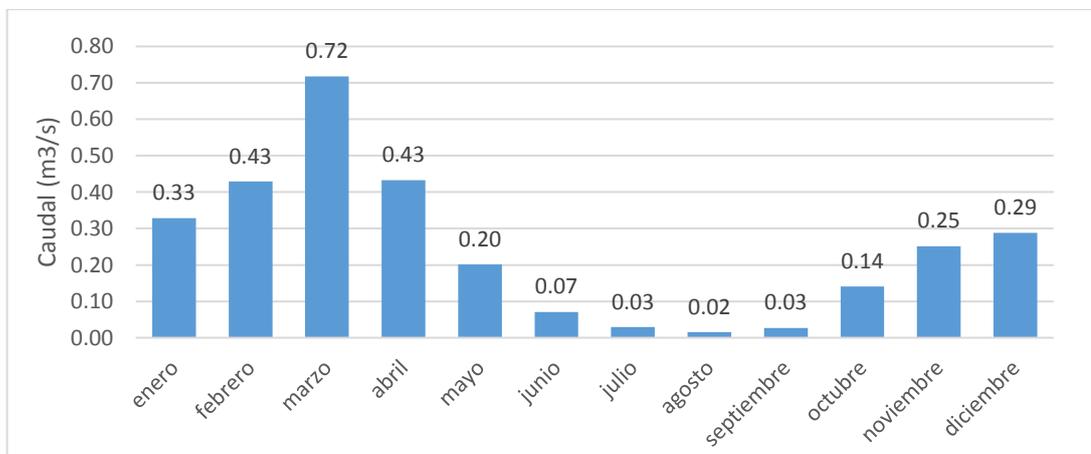


Figura N° 72: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 09

5.2.10. Oferta hídrica en la subcuenca 10

El punto de interés en la subcuenca 10 presenta la siguiente serie de caudales:

Se observan los siguientes valores estadísticos:

$$Q_{\max} = 6.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 0.07 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{prom}} = 0.97 \text{ m}^3/\text{s}$$

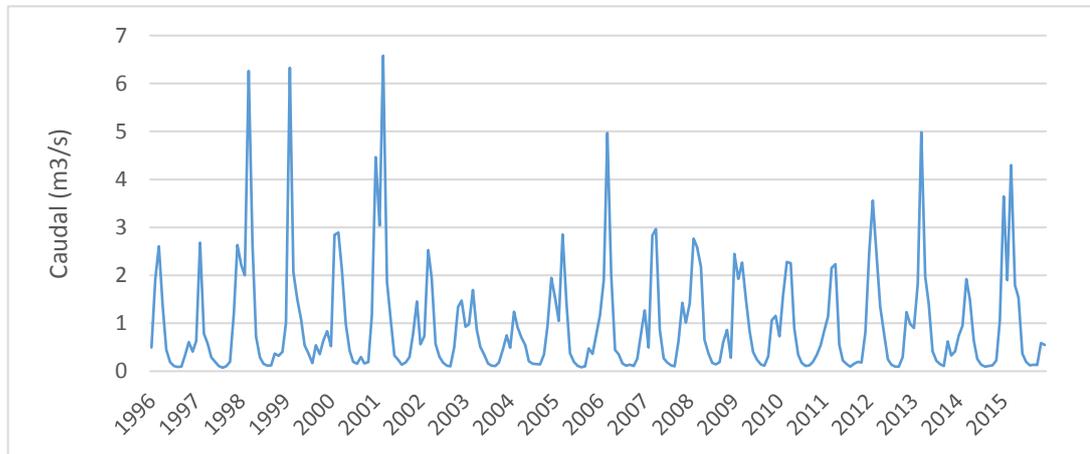


Figura N° 73: Serie de caudales generados en la Subcuenca 10

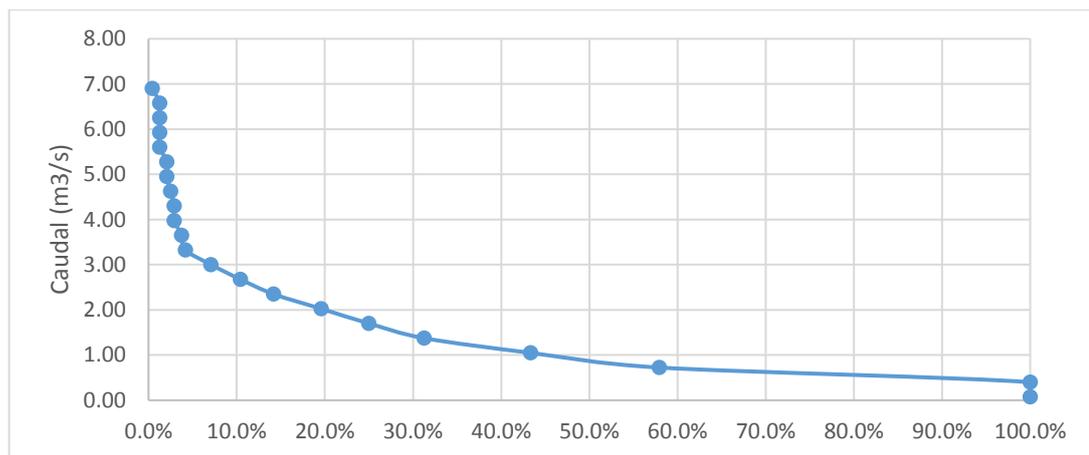


Figura N° 74: Curva de duración de caudales (CDC) en la Subcuenca 10

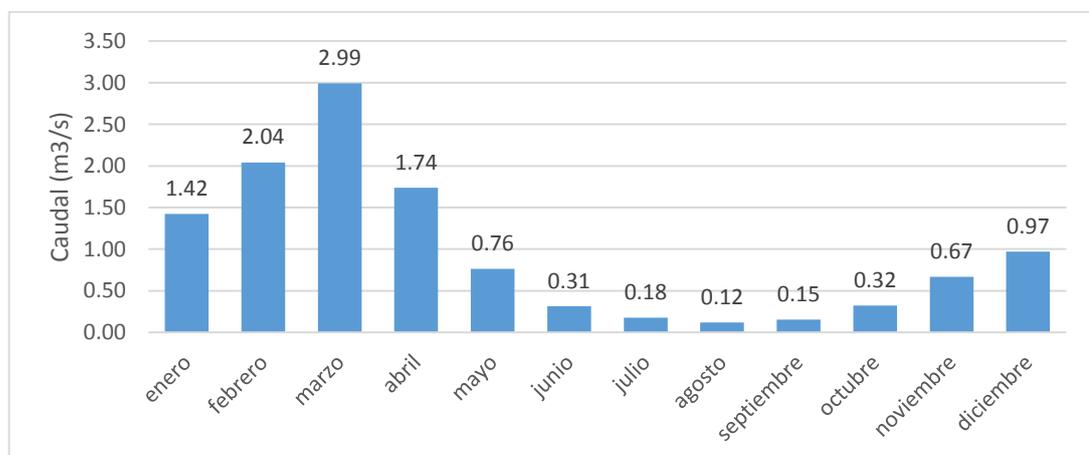


Figura N° 75: Caudales simulados mensuales de la Subcuenca 10

5.3. RESULTADOS DE PROPUESTAS DE EMBALSE

De la metodología descrita en el capítulo III, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se identificó 8 embalses en la zona de estudio, identificados en el gráfico N°74: “Ubicación de embalses propuestos”
- Se obtuvo las características de cada embalse, según el cuadro N°22: Características de los embalses propuestos”

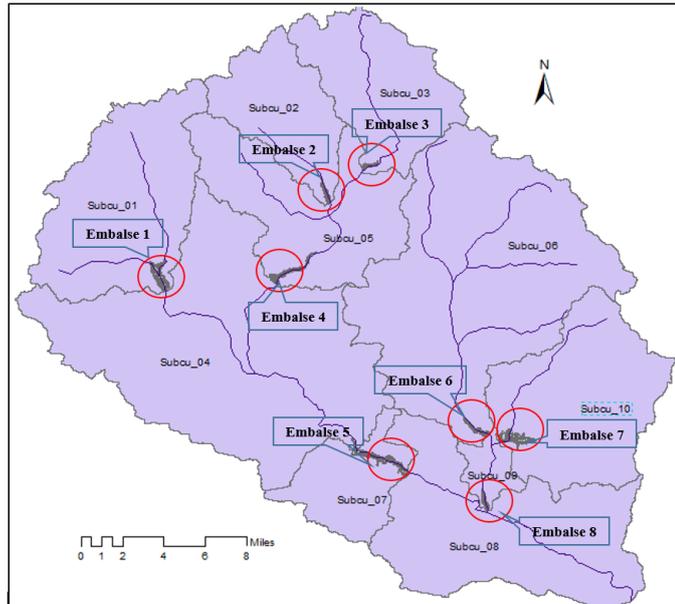


Figura N° 76: Ubicación de embalses propuestos

Cuadro N° 22: Características de los embalses propuestos

Presas	Altura (m)	Altura de Corona (msnm)	Longitud de Corona (m)	Almacenamiento (Hm3)
Presa 1	50	2784	604.15	22.377
Presa 2	50	2968	289.14	7.979
Presa 3	50	3095	314.1	2.823
Presa 4	50	2811	321.81	16.736
Presa 5	50	2510	355.27	6.478
Presa 6	50	2684	326.7	11.715
Presa 7	50	2746	445.44	14.977
Presa 8	50	2445	265.13	6.979

De los embalses propuestos, la construcción del embalse 01 implica la reubicación de la ciudad Namora

5.4. RESULTADOS DE LA OFERTA HIDRICA REGULADA EN LA CUENCA DEL RIO CAJAMARCA

Luego de obtener un total de capacidad de 90.064 Hm^3 se realizó la simulación de la operación de los embalses en la cuenca del río Cajamarca, la obtención del caudal regulado se hizo por medio de diferentes iteraciones obteniendo un caudal regulado óptimo de $9.5 \text{ m}^3/\text{s}$, superior a las ofertas hídricas promedios de cada punto de interés.

5.4.1. Movimiento del embalse

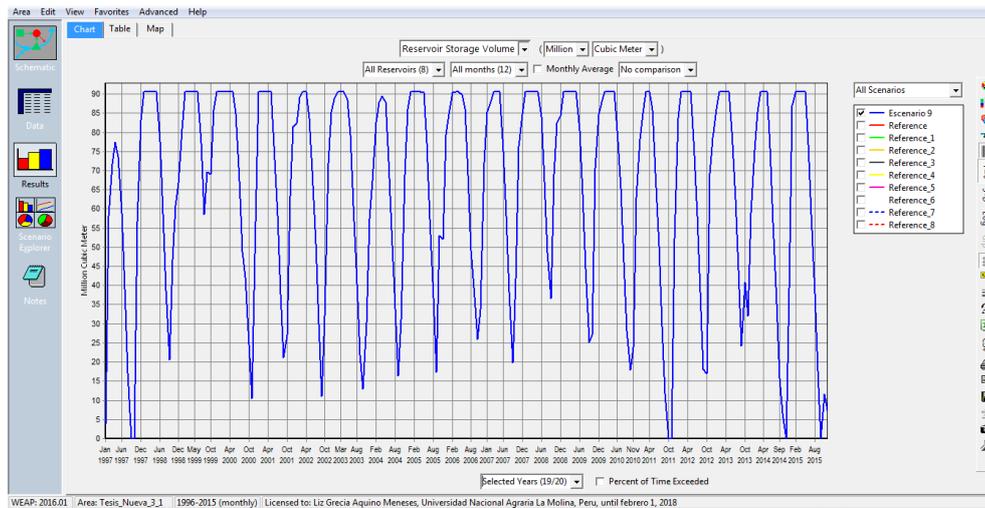


Figura N° 77: Movimiento de embalses en la Cuenca del Río Cajamarca

Se observa que el llenado de los embalses se realiza durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. Se observa un adecuado movimiento de los embalses.

5.4.2. Garantía del abastecimiento de agua

Cobertura volumétrica

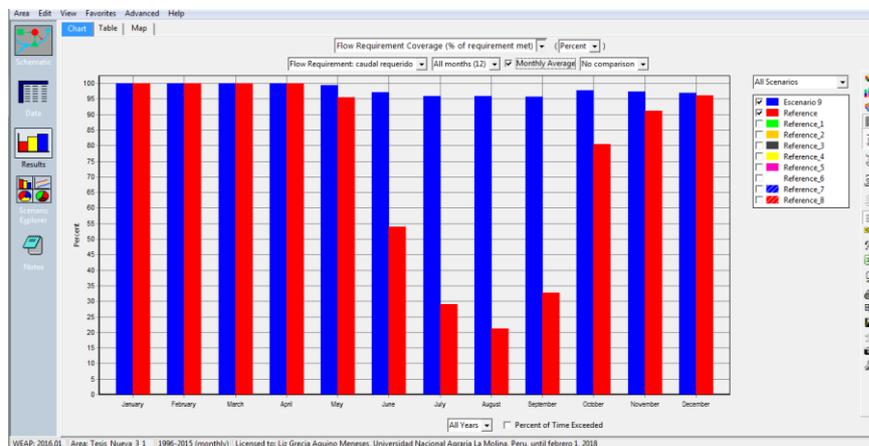


Figura N° 78: Cobertura Volumétrica

De la figura anterior se puede observar la cobertura volumétrica a nivel mensual, para una oferta hídrica regulada en la cuenca de $9.5\text{m}^3/\text{s}$ presenta coberturas de 100% en los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre (meses de lluvias), mientras que en los meses de estiaje (mayo, junio, julio y agosto) presenta una cobertura volumétrica superior al 95%.

Cobertura Temporal

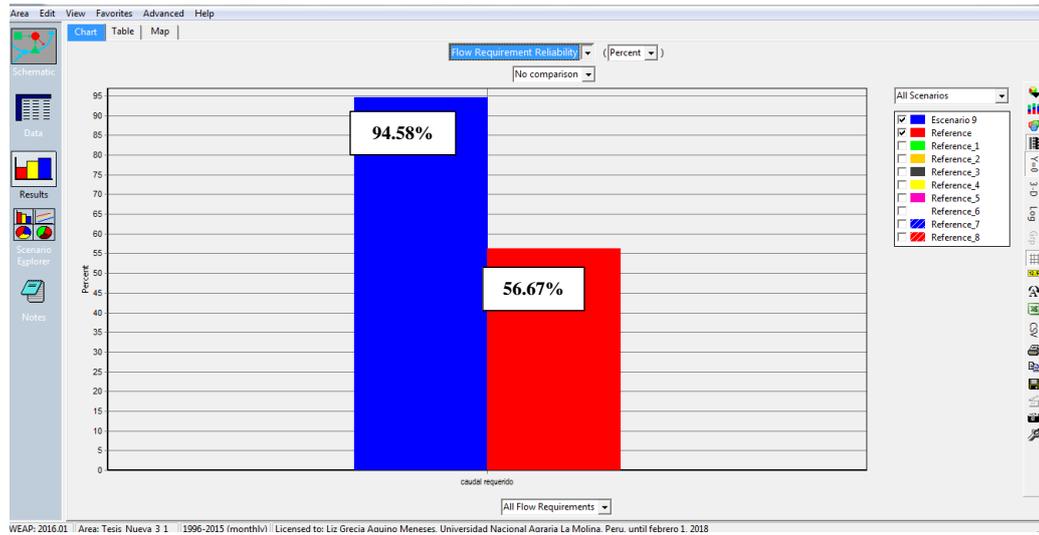


Figura N° 79: Cobertura Temporal

El escenario de color rojo es el escenario que representa a la cuenca “sin embalses”, actual condición, podemos observar que solo el 56.67% de todos los meses simulados (240 meses) han logrado la demanda impuesta en el modelo. Mientras que en el escenario de color azul que representa a la cuenca “la cuenca regulada”, condición futura, podemos observar que el 94.58% de todos los meses simulados (240 meses) han logrado la demanda impuesta en el modelo.

VI. CONCLUSIONES

1. Se encontraron parámetros de calibración y validación satisfactorios. en el punto de aforo Jesús Túnel, y se demuestra que la serie de datos simulados tienen un buen ajuste a la serie de datos observados. Además la simulación hidrológica, de la cuenca en estudio, realizada con el sistema informático WEAP, permite representar adecuadamente su comportamiento hídrico natural.
2. Se identificó 8 vasos de almacenamiento natural en la zona de estudio, las características de estos embalses se muestran en el cuadro N°22.
3. Con la simulación de la operación en WEAP de los 8 embalses identificados se encuentra una oferta hídrica de 9.5 m³/s, un caudal superior en la mayoría de los caudales promedios de cada punto de interés.
4. Del desarrollo de esta tesis se puede determinar la importancia del estudio de oferta hídrica en una cuenca, independiente a la demanda que requiera cubrir, para la formulación y ejecución de un proyecto de embalsamiento. Así como de la identificación de la formación de vasos naturales que almacenan gran cantidad de agua en la zona en estudio.

VII. RECOMENDACIONES

1. Antes de realizar un proyecto que tenga como fin el embalsamiento del recurso hídrico, se recomienda realizar un estudio similar a lo presentado pues permite tener conocimiento del potencial hídrico obtenido en el área y con ello los alcances de demanda y económicos que pueda cubrir el proyecto.
2. Se recomienda realizar la calibración con otro punto de aforo además de la estación Jesús Túnel, así como la revisión técnica de esta misma para tener mayor certeza en el caudal aforado.
3. Se obtuvo 10 años como periodo de registro hidrométrico, para estudios futuros se recomienda realizar la validación del modelo con mayor cantidad de registros.
4. Para determinar la curva elevación – volumen del área de los 8 embalses propuestos, fue necesario el uso de Carta nacional Geográfica, así como el de un modelo de elevación a través de imágenes satelitales. Se recomienda realizar un levantamiento topográfico en los puntos de interés para la verificación de lo presentado en el estudio.
5. Para estudios posteriores, se recomienda considerar las redes viales nacionales y departamentales como criterio para la ubicación del embalse.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. 2011. Gestión sostenible de los recursos hídricos para el desarrollo de Cajamarca. Consultado el 16 de septiembre del 2016. Disponible en: http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/preset_final_cajamarca_rrhh_27_dic_2011_2_0.pdf.

CABRERA, J. s.f. Calibración de modelos hidrológicos. 7 p. (en línea). Consultado el 22 de septiembre del 2017. Disponible en : http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_2.pdf

ESCALANTE V, MM. Simulación hidrológica de la laguna Aricota y Optimización de la Central Hidroeléctrica Aricota III. Tesis para el grado de Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola. 121 p.

GARCIA, C. 1981. Simulación de Operaciones del Sistema Hidrográfico en la Cuenca Alta del Río Cajamarca. Tesis para el grado de Ingeniero Agrícola – Universidad Nacional Agraria La Molina – Facultad de Ingeniería Agrícola. 150p.

GUEVARA, ME. 1991. Estructuras Hidráulicas: Embalses. s.n.t. 31p

GOBIERNO REGIONAL. 2010. Estudio Hidrológico de la región Cajamarca. 96p. (en línea). Consultado 22 de septiembre del 2016. Disponible en: <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/HIDROLOGIA.pdf>

MINAGRI. 2013. Vertientes y disponibilidad de agua. Lima – Perú. Consultado 15 de agosto del 2016. Disponible en: <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/42-sector-agrario/recurso-agua/324-vertientes-y-disponibilidad-de-agua>

ONERN, 1976. Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa, Lima – Perú 154 p.

SENHAMI. 2008. Evaluación y caracterización hidrológica en la región de Cajamarca. Lima – Perú. 22 p. (en línea)- Consultado 29 de Agosto de 2016. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/hidro_cajamarca.pdf.

Universidad Católica de Chile, SEI (Stockholm Environment Institute, SE). 2009. Guía metodológica – modelación hidrológica y de recursos hídricas con el modelo 83p. (en línea). Consultado 21 febrero del 2017. Disponible en: www.weap21.org/downloads/guia_modelación_WEAP_espanol.pdf

VELASQUEZ B, T et al 2012. Manual práctico de diseño de pequeñas presas de tierra. Lima PE. Colegio de Ingenieros, Perú. Capítulo de Ingeniería Agrícola. 67p.

Ven Te Chow Maidment, D. Mays, L. 1994. Hidrología Aplicada. Traducido por J. Saldarriaga de la primera edición en inglés. Santa Fé, Colombia. McGraw – Hill. Santa Fé de Bogotá, Colombia. McGraw-Hill. p 2-13.

VILLON, B. 2012. Hidrología. Primera Edición. Cartago – Costa Rica. Ed. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica, pp76-84

VILLON, B. 1993. Hidrología Estadística. Primera Edición. Cartago – Costa Rica. Ed. Villon. p 76-84

IX. ANEXOS

ANEXO N°1: REGISTRO HISTÓRICO TOTAL MENSUAL DE PRECIPITACION

Estación Augusto Weberbauer

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1996	65.3	121.6	119.4	53.6	13.7	0.8	0.5	9.4	20.3	74.9	70.1	34.1	583.7
1997	63.8	152.9	26.5	40.4	17.0	15.4	0.2	0.0	27.2	41.8	128.8	129.7	643.7
1998	103.0	107.4	266.1	82.3	21.2	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	46.3	763.6
1999	96.4	240.7	71.5	64.4	54.3	21.0	23.9	1.2	80.3	22.8	73.7	72.1	822.3
2000	37.8	170.5	121.9	80.9	41.3	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	36.2	130.6	716.8
2001	185.2	106.8	228.9	57.5	49.1	2.3	13.9	0.0	34.4	46.1	93.5	90.9	908.6
2002	27.0	60.0	133.0	77.3	21.0	10.8	10.7	3.4	10.3	94.6	99.9	86.1	634.1
2003	51.1	60.8	104.2	39.9	32.9	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7	528.9
2004	36.1	102.0	55.5	45.9	42.4	2.1	13.8	29.4	18.7	63.7	92.5	123.8	625.9
2005	84.9	49.6	140.5	54.2	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	89.8	32.5	87.8	586.3
2006	80.7	104.1	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7	689.6
2007	93.6	19.3	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	117.2	99.3	56.5	738.9
2008	92.5	133.3	118.4	99.1	20.2	17.9	2.3	11.7	34.7	96.5	72.0		698.6
2009	178.1	77.2	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2	794.8
2010	49.5	112.9	123.1	110.9	40.0	8.6	2.6	1.3	27.9	44.4	52.5	70.8	644.5
2011	76.6	73.3	125.2	101.6	17.1	0.4	8.3	0.0	47.1	31.5	24.4	109.7	615.2
2012	152.3	136.6	126.4	72.8	51.5	0.2	0.0	2.5	19.1	83.2	120.3	57.7	822.6
2013	62.1	98.0	213.3	74.1	62.6	7.5	5.7	8.9	3.7	110.7	17.0	51.9	715.5
2014	74.7	62.4	143.2	78.8	26.9	5.0	2.0	3.9	27.7	26.5	44.9	115.7	611.7
2015	178.2	60.8	198.0	67.2	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	97.9	40.8	770.8
TOTAL	1788.9	2050.2	2807.3	1468.8	673.1	185.4	118.9	120.4	556.6	1187.2	1418.2	1541.1	13916.1
MEDIA	89.45	102.51	140.37	73.44	33.66	9.27	5.95	6.02	27.83	59.36	70.91	81.11	695.81
MAX	185.2	240.7	266.1	111.5	75.8	23.9	23.9	29.4	80.3	117.2	128.8	130.6	908.6
MIN	27	19.3	26.5	39.9	7.2	0.2	0	0	3.7	9.9	17	34.1	528.9
DESV.	48.16	49.75	59.24	21.33	18.82	8.11	6.40	6.88	17.75	33.75	33.49	29.91	97.37

Estación San Marcos

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
1996	102.4	128.1	117.1	78.2	6.7	3.8	0	3.4	29.3	111.2	22.9	22.1	625.2
1997	70.1	107.6	55.2	63	10.7	15.6	0.4	0	37.2	76.2	124.2	176.5	736.7
1998	163.4	179.3	166.7	116.7	78.6	2.8	0	1.2	21.6	70.5	28.6	63.1	892.5
1999	112.4	341.3	42.9	13.1	49.7	41.1	1.1	3	93.6	35.4	75.3	92.9	901.8
2000	68.2	121.8	130.4	64	29.4	22.1	8.6	4.2	65.6	5.1	44	143.9	707.3
2001	262.9	109.7	196.6	19.6	71.3	0	0	0	17.6	109	101.2	108.3	996.2
2002	42.5	126.4	223.5	87	5.2	5.7	6	0	25.7	143.8	121	151.5	938.3
2003	41.8	64.4	156.1	46.7	6.2	6.7	3	3.5	15.3	68.1	113.1	123	647.9
2004	61.6	63.5	45.7	81.3	19.6	3.2	2	1.6	24.2	60.9	142.2	179	684.8
2005	100.9	87.9	151.7	87.3	2.3	0.7	0	6.6	35.5	129.7	32.1	175.4	810.1
2006	93.8	103.1	261.2	92.1	5.4	25.9	2.2	4.4	59.6	49.2	87.7	184.6	969.2
2007	88.7	44.8	209.8	123.4	26.5	0	7.7	4	27.3	125.9	110.3	71.8	840.2
2008	143.7	182.6	93.9	80.2	19.5	18.5	2.8	4.9	24.5	147.1	93.2	78	888.9
2009	183.8	133.6	133.4	151.1	46.4	2.7	1.2	0	6	99.5	130.3	99.1	987.1
2010	43.9	94.8	158.2	56	42.6	4.7	10.6	0	20.5	31.5	52.5	95.8	611.1
2011	92.7	99.1	164.7		9.7	0	6.1	0	43.7	32.1	53.6	126.2	627.9
2012	247.4	122	79.9	96.9	40.3	9	0	2.8	12.5	95	167.5	80.3	953.6
2013	61.4	77	283.3	114.4	65.4	0.5	13.8	26.6	9.3	118.9	29.5	124.8	924.9
2014	60.6	183.6	118.5	112.4	95.8	5.5	0	0					576.4
2015									5.5	34.5	121.2	36.7	197.9
TOT	2042	2371	2789	1483	631.3	168.5	65.5	66.2	574.5	1544	1650	2133	15518
MED	107.48	124.77	146.78	82.41	33.23	8.87	3.45	3.48	30.24	81.24	86.86	112.26	775.90
MAX	262.9	341.3	283.3	151.1	95.8	41.1	13.8	26.6	93.6	147.1	167.5	184.6	996.2
MIN	41.8	44.8	42.9	13.1	2.3	0	0	0	5.5	5.1	22.9	22.1	197.9
DESV.	65.32	65.30	68.24	35.40	28.37	11.03	4.16	5.97	22.35	42.77	43.91	48.15	196.65

Estación San Juan

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1996	162.8	203.2	295.9	84	10.1	13	0	4.1	14	64.1	32.6	31.4	915.2
1997	70.3	182.2	66.5	105.8	22.8	11.7	0	0	48.9	75.9	140.6	272.4	997.1
1998	299	410.8	369.4	154.2	48.3	12.3	0	5.4	12.1	54.6	22.2	53.3	1441.6
1999	121.4	512.6	159.2	92.1	70.2	44.3	16.8	0.5	59.8	20.6	74.3	137.8	1309.6
2000	101.1	316.9	292.7	144	73.2	42.7	1.8	5.6	62.6	12.7	47.6	157.5	1258.4
2001	315.3	136.9	456.3	72.9	43.5	0.6	0	0	14	46.9	126.7	62.4	1275.5
2002	40.9	198.2	350.1	108	11.6	10.1	9.7	0	6.7	128.7	106.6	182.8	1153.4
2003	99.8	108.6	187.1	80.6	37.9	30.2	5	1.6	4.6	28	49.3	90.4	723.1
2004	33.4	226.5	102.2	90.3	35.8	2.5	6	1	13.6	73.6	69.8	129.2	783.9
2005	136.5	108.9	289.2	47.6	9.1	4	0	1.5	10.6	71.8	24.7	109.1	813
2006	149.4	202.2	448.6	131.3	5.4	23.9	4.5	5.8	37.6	6.6	69.9	160.6	1245.8
2007	164	79.3	366.3	131.3	13.9	1.5	1.5	6.2	1.6	93.9	86.4	43.4	989.3
2008	285	301	225.4	198.5	31	5.7	0.6	10.6	32.7	69.4	101.9	18.4	1280.2
2009	319.6	255.5	418.6	118.7	50.7	9.6	14.6	2	2	103.1	114.9	124.5	1533.8
2010	81.1	176.8	220.7	105.6	49.7	9.6	5.2	0	16.1	31.4	64.3	65.4	825.9
2011	133.6	120.3	205	207.9	8.3	5.5	9.2	0	26	13.7	34	168.5	932
2012	295.7	247.8	161.6	102.6	63.3	3.2	0	2.2	3.8	128.2	127.9	89.6	1225.86
2013	95.7	254	386.2	85	53.7	4.7	4.2	10	0.7	94.9	4.8	93.6	1087.5
2014	110.7	87.9	230	54.3	80.8	5.5	0	1.6	22.6	32.4	83.7	118	827.5
2015	153.2	104.9	381.3	113.1	66.2	0	0	1.6	16.2	11.9	100.4	52.8	1001.6
TOTAL	3168.5	4235	5612.3	2228	785.5	240.6	79.1	59.7	406.2	1162	1483	2161.1	21620.26
MEDIA	158.43	211.73	280.62	111.39	39.28	12.03	3.96	2.99	20.31	58.12	74.13	108.06	1081.01
MAX	319.6	512.6	456.3	207.9	80.8	44.3	16.8	10.6	62.6	128.7	140.6	272.4	1533.8
MIN	33.4	79.3	66.5	47.6	5.4	0	0	0	0.7	6.6	4.8	18.4	723.1
DESV.	92.90	111.52	114.75	41.56	24.40	13.12	5.09	3.27	18.85	38.46	39.22	61.59	233.81

Estación Namora

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1996	101.4	181	227.8	105.6	20	0.3	0.5	6.5	26.1	90.4	55.2	18.8	833.6
1997	68.5	141.5	51.7	78.4	16.5	13.1	0	0.9	22.6	105.5	101.7	261.1	861.5
1998	160.6	195.5	210.5	151.2	36.2	1.1	0	2.6	21.6	110.2	66.1	66.5	1022.1
1999	122.3	308.7	114.5	56.5	78.1	44.1	7.2	1	88.2	30.6	71.3	97.2	1019.7
2000	46	178.3	187	105	139.3	12.4	1.8	23.7	73.5	24.7	61.5	161.9	1015.1
2001	253.4	114.5	234.4	57	61.7	0.4	2.9	0	24.6	91.8	106.5	125	1072.2
2002	59	116.7	236.8	102.9	18.5	10.6	13.9	3.5	52.2	122.6	87.9	153.7	978.3
2003	46.2	110.5	119.8	86.8	24	19.1	3.1	10.1	16.3	67.9	111.4	93.6	708.8
2004	68.3	102	75.7	37.8	40.4	5.1	14.1	6.2	18.2	90.1	83.4	136.4	677.7
2005	127.2	70	207.2	83	22.1	1	1.4	5.6	9.2	126.1	14.1	153.5	820.4
2006	79	104.7	253.6	93.1	8	40.7	2.9	11.5	47.9	53.4	80.1	124.5	899.4
2007	188.1	36.3	246.5	127	50.4	0	6.4	6.9	22.2	142	153.7	101.8	1081.3
2008	132.2	176	151.6	104.5	32.3	31.1	1.9	9.5	52.3	141.3	83	38.4	954.1
2009	248	118.5	192.8	127.9	59.5	17.9	6.9	7.8	10.8	116.2	121.5	133.8	1161.6
2010	68.6	116.7	171	57.7	39.9	20.2	9.9	0	30.2	49.1	86.8	122.4	772.5
2011	122.3	108.9	150.5	169.2	6.8	0.3	10.4	1.3	33.8	27.8	59	146.2	836.5
2012	222.7	127.7	118.7	121.1	34.3	7.7	0	5	4.6	149.3	109	50.8	950.9
2013	61.3	106.9	280.5	89	88.2	0.4	0.7	19.9	1.9	85.1	23.2	120.2	877.3
2014	36.1	397.4	185.7	63.3	89.2	1.3	4.3	0	22.9	49.7	76.8	153.8	1080.5
2015	222.1	93.3	232.2	78.4	141.7	0.2	3.5	0.2	2.9	23.3	118.8	60.5	977.1
TOT	2433.3	2905.1	3648.5	1895.4	1007.1	227	91.8	122.2	582	1697.1	1671	2320.1	18601
MEDIA	121.67	145.26	182.43	94.77	50.36	11.35	4.59	6.11	29.10	84.86	83.55	116.01	930.03
MAX	253.4	397.4	280.5	169.2	141.7	44.1	14.1	23.7	88.2	149.3	153.7	261.1	1161.6
MIN	36.1	36.3	51.7	37.8	6.8	0	0	0	1.9	23.3	14.1	18.8	677.7
DESV.	71.35	81.92	62.28	33.41	39.36	13.79	4.50	6.50	23.13	41.86	33.07	54.09	130.70

Estación Encañada

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1997										81.1	177.6	153	411.7
1998	102.15	188.4	230.5	181.2	71.9	6.7	0.5	8.4	36.3	132.4	40.7	82.1	1081.3
1999	119.8	293.2	110.1	96	106.7	61.9	12	9.3	121.6	41.5	122.4	146.3	1240.8
2000	43.7	159.1	182.2	109.2	89.7	18.2	0.9	20	88.1	4.7	47.2	120.6	883.6
2001	232.1	78.3	203.8	105.1	60.7	0.5	2.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4	1032.4
2002	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	22.3	165.7			711.3
2003	33.1	80.6	144.9	93.6	37.8	38.3	0	9.9	41.9	93.8	124.4	85	783.3
2004	95.4	72.5	54	91.7	39.8	5.8	21.7	0.5	43.6	173.7	108.5	170.2	877.4
2005	120.7	104.6	261.5	53	42	12.4	1.2	7	13.4	203.8	39.9	145.4	1004.9
2006	70.1	139.2	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7	1024
2007	93.1	56.9	259.4	140.5	70.9	0	9.4	5.3	26.4	133.1	127.5	92.9	1015.4
2008	109.3	149	173.7	153.7	43.5	15.7	9.2	22.6	53.7	140.9	119.1	38.3	1028.7
2009	220.5	73.1	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90	114.8	67.1	1017.8
2010	70	94.8	173.3	111.4	62.4	11.8	7.7	0	35.7	100	98.9	94	860
2011	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0	51.2	52.1	93.8	149.5	849.4
2012	166.1	101.5	108	108.3	59.7	10.6	0	7.7	1.5	169.6	152.8	56	941.8
2013	60.5	96.9	181.5	39.4	114.7	11.2	3.6	19.1	0	157	39.5	106.9	830.3
2014	90.3	119.1	175.4	95.3	79.8	0	0.3	0.6	0	157	39.5	106.9	864.2
2015	185.1	75.7	254.7	77.3	104.1	3.3	5.3	0	3	27.8	166.2	22.7	925.2
TOT	1921.3	2069.1	3415	1960.3	1119.2	262	115.9	127.7	641.8	2114.7	1821.5	1815	17383
MEDIA	106.74	114.95	189.72	108.91	62.18	14.56	6.44	7.09	35.66	111.30	101.19	100.83	914.92
MAX	1921.3	2069.1	3415	1960.3	1119.2	262	115.9	127.7	641.8	2114.7	1821.5	1815	17383
MIN	33.1	56.9	54	39.4	12.6	0	0	0	0	4.7	39.5	22.7	411.7
DESV.	59.03	56.29	62.06	33.91	30.03	16.66	6.08	7.27	32.61	55.84	44.06	41.01	172.17

Estación Jesús Túnel

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1996	76.6	111.7	126.3	113.4	18.2	7	0.5	11.9	22.1	76.6	47.7	17.2	629.2
1997	75.6	125.1	30.9	70.9	16.3	8.2	0.6	1.2	31.3	71.3	102.9	154.3	688.6
1998	136.3	128.3	182.2	86.9	21.9	3.2	0	2.2	20	64.7	37.1	70.3	753.1
1999	99.7	251.2	94.9	57.6	47.7	22.7	4.7	7.6	69.7	29.2	65.3	77.2	827.5
2000	43.7	151.9	132.4	55.2	54.5	19.2	3.7	21.6	36.9	6.3	34.2	144.3	703.9
2001	226.3	120.6	236.3	26.8	41.5	5.4	3.7	0.3	29.9	99	81.9	106.8	978.5
2002	36.7	58.6	183.5	68.1	15	6.5	7.6	0	17.6	142.6	82.3	97.8	716.3
2003	46.1	51.9	114.7	36.9	13.9	21.3	3.1	8.4	7.4	62.7	95	64.3	525.7
2004	66.4	66.7	49.5	40	56.4	20.7	7.5	4.7	15.8	65.3	75.1	102.8	570.9
2005	94.9	57.1		35.5	6	4.7	0.3	5.4	15	86.1	17.2	90.9	413.1
2006	90.4	73.7		71.6	6.4	30.6	0.8	4.2	56.4	19.2	74.9	100.8	529
2007	87.9	21.5	209.7	112.6	18.1	0.6	7.9	7.6	10.9	116.5	87.1	63	743.4
2008	103.3	154.7	143	78.2	7.1	16.2	1.9	6.8	32.1	105.4	62.6	0	711.3
2009	195.6	108.8	140.4	99.5	43.2	18.6	14.1	13.9	7.9	80.4	72.9	101.1	896.4
2010	70.9	110.4	92.9	56.7	40.8	12.4	10	0.2	20.5	41.2	64	42.1	562.1
2011	80.3	65	138.7	110.1	9.1	0	6.7	0.8	35.5	34.2	43.3	139.4	663.1
2012	152.7	127.6	68.3	60.6	40.7	13.1	0	2.7	8.8	130.1	57.2	63.6	725.4
2013	85.8	124.2	207.5	47.6	58.5	0.4	0	11.6	3.2	91.8	7.9	85.1	723.6
2014	78.9	63.5	124.2	64	54.5	10.8	5.8	0	14.6	33.7	41.6	82.8	574.4
2015	165.5	60.7	186.5	44.2	72.3	0	2	0.5	14.5	19.5	95.6	57.3	718.6
TOT	2013.6	2033.2	2461.9	1336.4	642.1	221.6	80.9	111.6	470.1	1375.8	1245.8	1661.1	13654
MEDIA	100.68	101.66	136.77	66.82	32.11	11.08	4.05	5.58	23.51	68.79	62.29	83.06	682.71
MAX	226.3	2033.2	2461.9	1336.4	642.1	221.6	80.9	111.6	470.1	1375.8	1245.8	1661.1	13654
MIN	36.7	21.5	30.9	26.8	6	0	0	0	3.2	6.3	7.9	0	413.1
DESV.	50.25	51.27	56.86	26.39	20.99	8.94	3.94	5.75	16.79	38.65	26.28	38.92	132.38

Estación Victoria

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1996	59.8	97.6		54	21		0.3	8.9	13.2	74.5	30	38	397.3
1997	68	107	33.1		9.4	10.5	0	0	44.3	56.4	69.6	134.4	532.7
1998	88.1	2	89.9	65	19.6	4.5	0	10.4	18.8	52.6	17	66	433.9
1999	72.3	172.4	54.4	69.9	43.9	24.8	26.3	2.7	66.3	32.4	44.8	46.7	656.9
2000	36.5	104.3	96.5	87.3	35.8	13.9		14.8	38.3	0.5	25.4	101.7	555.0
2001	191.4	68.4	190.1	40.6	45	2.5	5.9	0	35.6	50.4	43.8	113.5	787.2
2002	22.7	50.8	174.3	74.4	7.3	11.3	6.8	0	6.9	100.3	72.6	74.5	601.9
2003	62.3	57.2	102.9	33.8	18.8	20.8	1.6	3.8	11.7	41.2	62.1	39.9	456.1
2004	30.5	66.3	54.5	41.4	28.6	2.6	9.7	7.7	16.6	61.4			319.3
2005	43.1	48.3	149.2	57.2	1.6	0.8	1	0.5	11.3	74.3	8.7	53	449.0
2006	92.9	69.3	166.8	22.8	6.3	12.7	0.5	8.3	0	0	62.5	105	547.1
2007	61	15.4	111.4	96.5	21.4	1.1	5.8	5.7	7.2	69.8	67.7	59.2	522.2
2008	88.2	81.4	69	50.1	20.7	12.1	1.8	12.1	35.9	34.6	44.1	36.1	486.1
2009	139.5	65.6	96.8	23.6	29.5	10.2	14.9	4.1	9.5	40.5	51	67.6	552.8
2010	33.6	46.9	73.3	35.4	19	8.5	1.2	1.5	14.7	33.6	42.8	28.7	339.2
2011	59.4	61.4	90.9	65.5	3.6	4.4	7.5	0	27.8	32.1	22.2	71.3	446.1
2012	84.8	102.5	0	0	0	0	0	0	0	36.6	52.1	66.2	342.2
2013	62.7	111	135.6	35.5	52.4	6.7	3.2	10.8	0.6	93.6	5.9	46.9	564.9
2014	60.7	64.8	19.6	29.4	32.4	3.6	0.8	2.2	21.7	6.3	58.5	87.7	387.7
2015	122.4		91.7	42.4	50.2	1.5	2	0	19.7	22.8	77.4	53.1	483.2
TOT	1479.9	1392.6	1800	924.8	466.5	152.5	89.3	93.5	400.1	913.9	858.2	1289.5	9860.8
MEDIA	74.00	73.29	94.74	48.67	23.33	8.03	4.70	4.68	20.01	45.70	45.17	67.87	493.04
MAX	191.4	172.4	190.1	96.5	52.4	24.8	26.3	14.8	66.3	100.3	77.4	134.4	787.2
MIN	22.7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5.9	28.7	319.3
DESV.	40.31	37.81	51.88	23.93	16.19	6.89	6.59	4.81	16.99	28.01	21.81	28.97	114.52

Estación Sondor Matara

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1996	162.3	161.8	196.7	118.4	27.1	11.5	0	21	14.9	116	39	11.7	880.4
1997	78	179.7	51.5	75.3	13.1	14.6	2.2	0	46.1	84.4	166.2	230.3	941.4
1998	162.8	190.6	214.9	149.4	67	4	0	4.5	22.7	214.2	82	57.2	1169.3
1999	154.7	290.7	103.8	67.4	76.1	34.3	5.8	4.3	102.5	76	81.4	112.2	1109.2
2000	49.2	206	276.8	152.3	103.8	16.3	0	14.6	80.1	14.7	60.4	185.6	1159.8
2001	243.4	179.2	294.2	33.6	54	0	2.2	0	17.7	116.2	157.4	119.9	1217.8
2002	43.8	92.3	332.9	111.4	7.9	10.4	0	0	60.9	158.6	158.8	220.7	1197.7
2003	64.3	67.2	154.3	67.5	33.8	21.4	0	2.5	34.9	85.9	121.8	131.3	784.9
2004	67.4	52.7	77.2	72.1	49.2	20.7	13.9	2	42.4	135.2	154	156.6	843.4
2005	154.1	136.5	269.3	44.8	29.3	0	0	12.7	29.6	231.7	44.4	182.2	1134.6
2006	125.8	146.9	430.2	145.8	25.7	35.4	0	7	64	67.8	85.5	176.3	1310.4
2007	170.1	44.1	260.1	158.8	30	0	11	3.6	44.2	193.1	100.1	71.4	1086.5
2008	133.7	224.3	148.8	155.6	28.9	25.4	2.2	22	65.5	166.2	110.1	61.2	1143.9
2009								10.7	25.5	155.3	195.1	226.1	612.7
2010	85.5	122.5	203.8	91.7	65.2	13.6	27.6	0	36.2	71.1	113.6	216.5	1047.3
2011	118.3	144.1	155.3	153	8.1	2.9	9.3	2.8	52.1	44.2	48.5	208.1	946.7
2012	250.8	176	65.9	98.9	35.4	1.8	0	11.5	3.6	108	206.1	59.8	1017.8
2013	72.1	53.6	250.1	48.9	48.1	0	0	24.5	4.8	174	13.1	142.3	831.5
2014	70.2	149.2	172.2	68.3	74.2	3.4	2	0	48.1	47.1	53.9	202.9	891.5
2015	217.9	91.4	317.5	78.2	51	0	0		9.6	11.1	159.1	33.1	968.9
TOT	2424.4	2708.8	3975.5	1891.4	827.9	215.7	76.2	143.7	805.4	2270.8	2150.5	2805.4	20295.7
MEDIA	127.60	142.57	209.24	99.55	43.57	11.35	4.01	7.56	40.27	113.54	107.53	140.27	1014.79
MAX	250.8	290.7	430.2	158.8	103.8	35.4	27.6	24.5	102.5	231.7	206.1	230.3	1310.4
MIN	43.8	44.1	51.5	33.6	7.9	0	0	0	3.6	11.1	13.1	11.7	612.7
DESV.	64.10	65.06	100.18	42.31	25.46	11.68	7.11	8.09	25.88	63.88	55.76	70.83	174.11

Estación Granja Porcón

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1996	198.8	402.7	311.3	147.5	59.7	49.7	0	20.3	48.5	231.4	82.1	58	1610.00
1997	187.5	190.3	123.2	260	81	18.5	39	9.9	76.8	172.9	301.1	305.6	1765.80
1998	168.5	370.3	308.9	243.2	85.4	0	0	14.8	67.6	224.9	168.6	99	1751.20
1999	210.3	490.5	257.2	123.5	169.2	53.9	20.3	6.4	228.3	65.3	137.4	167.3	1929.60
2000	64.9	247.2	221.1	168.6	160.7	40.7	1.6	16.3	123.2	19.3	61.7	237.6	1362.90
2001	335.8	227.8	424.4	92.6	88.7	17.6	15.2	0.4	145.2	166.7	158.9	171.8	1845.10
2002	76	188.9	390.2	159	36.9	29	15.2	2.6	50.7	204.7	225.9	243.6	1622.70
2003	103.8	134.4	124.54	79.6	77.9	54.4	28.9	15.6	47.2	101.8	112.6	100	980.74
2004	70.3	230.4	165.6	85	75.4	11.7	41	19.1	84.8	145.6	167.8	236.2	1332.90
2005	164.1	227.1	344.9	95.6	91.6	53.7	0	7.1	54.4	148.1	33.3	164.8	1384.70
2006	142.9	189	347.4	184.7	62.8	62	5.1	15.7	116.2	40.2	158.5	183.6	1508.10
2007	245.4	65.7	352.3	226.3	57.5	1.3	42.6	20.1	32.8	171.5	211.4	146.4	1573.30
2008	214.6	291.2	246	156.5	76.2	73.3	16	11	110.9	182.6	127.3	72.3	1577.90
2009	341.6	200.7	307.3	149.6	127.4	31.3	18.1	8	27	184	187.6	235.1	1817.70
2010	108	169.7	264.5	173.2	84.6	39.4	44.3	33.6	29.6	82.7	96.5	182.6	1308.70
2011	257	148.9	284.6	269.4	21.2	8.5	13.7	4.8	55.4	84.5	93	265.4	1506.40
2012	325.1	320.8	154.8	211.6	109.6	32.4	0	45.8	33.7	137.3	202.9	67.6	1641.60
2013	141	279.9	352.4	196.2	193.4	32.8	17.7	33.8	30.4	174.5	28	243.7	1723.80
2014	137.4	174.9	242.4	103.4	79.3	5.1	9.6	10.5	65.8	97.4	90.3	209.2	1225.30
2015	367.4	164	283.2	111.8	158.4	1.7	9.7	0.4	24.6	88.4	124.5	107.1	1441.20
TOT	3860.40	4714.40	5506.24	3237.30	1896.90	617.00	338.00	296.20	1453.10	2723.80	2769.40	3496.90	30909.64
MEDIA	193.02	235.72	275.31	161.87	94.85	30.85	16.90	14.81	72.66	136.19	138.47	174.85	1545.48
MAX	367.4	490.5	424.4	269.4	193.4	73.3	44.3	45.8	228.3	231.4	301.1	305.6	1929.6
MIN	64.9	65.7	123.2	79.6	21.2	0	0	0.4	24.6	19.3	28	58.00	980.74
DESV.	94.06	100.28	85.44	58.92	45.32	22.30	15.00	11.82	50.85	60.57	68.07	72.55	235.19

ANEXO N°02: CAUDALES SIMULADOS EN WEAP

Caudales Simulados en Subcuenca 01

SUB CUENCA 01												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	1.41	3.70	4.44	2.79	0.64	0.29	0.16	0.15	0.15	0.81	0.66	0.31
1997	0.69	3.20	1.18	1.18	0.41	0.29	0.16	0.11	0.17	0.47	2.58	5.27
1998	4.37	5.66	7.33	4.51	1.91	0.45	0.26	0.20	0.21	1.55	1.14	0.97
1999	2.46	10.64	2.67	1.44	1.42	0.85	0.37	0.23	0.89	0.83	1.28	1.88
2000	1.05	4.32	6.27	3.68	2.00	0.67	0.31	0.26	0.60	0.29	0.43	2.61
2001	7.21	5.20	8.64	1.54	1.41	0.37	0.27	0.19	0.20	0.75	2.37	2.62
2002	0.97	1.81	7.47	3.39	0.60	0.38	0.24	0.18	0.24	1.67	3.34	4.78
2003	1.51	1.47	3.29	1.60	0.69	0.44	0.22	0.18	0.19	0.48	1.60	2.52
2004	1.40	1.32	1.09	1.27	0.78	0.36	0.24	0.18	0.22	0.91	2.83	4.29
2005	3.50	3.09	6.39	2.02	0.63	0.29	0.20	0.17	0.21	2.38	1.02	3.47
2006	2.74	3.64	11.71	4.43	0.78	0.73	0.30	0.23	0.42	0.54	1.08	3.25
2007	3.37	1.20	6.16	4.80	1.15	0.36	0.30	0.21	0.25	2.05	2.57	1.60
2008	2.68	6.09	3.97	3.77	0.92	0.59	0.28	0.25	0.37	2.17	2.39	1.17
2009	4.48	4.11	6.44	3.71	1.74	0.48	0.30	0.23	0.22	1.07	3.62	4.28
2010	1.79	2.86	4.91	2.76	1.46	0.50	0.38	0.22	0.26	0.42	0.99	3.01
2011	2.45	3.18	4.21	2.89	0.60	0.30	0.24	0.17	0.28	0.33	0.43	2.67
2012	6.76	5.38	2.50	2.47	1.11	0.37	0.22	0.19	0.16	0.66	3.83	1.70
2013	1.31	1.37	6.84	2.41	1.54	0.38	0.26	0.26	0.19	1.50	0.57	1.79
2014	1.41	3.48	4.28	2.57	1.81	0.43	0.25	0.18	0.22	0.37	0.46	2.42
2015	5.71	2.80	8.75	3.06	1.92	0.41	0.27	0.20	0.18	0.17	1.33	0.71
Total	57.27	74.54	108.53	56.29	23.53	8.95	5.22	3.99	5.63	19.41	34.53	51.34
Prom	2.86	3.73	5.43	2.81	1.18	0.45	0.26	0.20	0.28	0.97	1.73	2.57
Maximo	7.21	10.64	11.71	4.80	2.00	0.85	0.38	0.26	0.89	2.38	3.83	5.27
Minimo	0.69	1.20	1.09	1.18	0.41	0.29	0.16	0.11	0.15	0.17	0.43	0.31

Caudales Simulados en Subcuenca 02

SUB CUENCA 02												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	0.29	1.25	1.69	0.74	0.19	0.09	0.06	0.05	0.06	0.20	0.33	0.21
1997	0.35	1.60	0.42	0.40	0.17	0.13	0.07	0.05	0.07	0.12	0.80	1.74
1998	1.72	2.21	4.30	1.53	0.46	0.17	0.11	0.09	0.09	0.21	0.17	0.22
1999	0.64	4.45	1.15	0.75	0.57	0.30	0.20	0.11	0.32	0.19	0.40	0.60
2000	0.41	2.18	1.96	1.19	0.52	0.26	0.13	0.11	0.21	0.11	0.14	0.86
2001	2.79	1.76	3.98	0.90	0.62	0.17	0.15	0.10	0.11	0.18	0.57	0.82
2002	0.32	0.68	1.93	1.12	0.29	0.17	0.12	0.09	0.08	0.34	0.86	1.08
2003	0.59	0.65	1.22	0.54	0.30	0.21	0.11	0.09	0.08	0.11	0.27	0.57
2004	0.32	0.99	0.60	0.50	0.34	0.12	0.10	0.10	0.09	0.19	0.60	1.31
2005	1.03	0.70	1.80	0.78	0.18	0.12	0.08	0.07	0.08	0.30	0.22	0.63
2006	0.84	1.37	3.41	1.29	0.21	0.23	0.11	0.09	0.12	0.09	0.20	0.66
2007	0.95	0.36	2.30	1.70	0.41	0.14	0.12	0.09	0.08	0.43	0.89	0.55
2008	1.16	2.25	1.73	1.47	0.35	0.22	0.12	0.10	0.12	0.44	0.64	0.18
2009	1.82	1.53	1.92	1.26	0.55	0.24	0.16	0.10	0.09	0.25	0.85	0.82
2010	0.49	1.23	1.69	1.39	0.53	0.19	0.12	0.09	0.10	0.12	0.21	0.38
2011	0.63	0.83	1.55	1.29	0.27	0.13	0.10	0.07	0.11	0.12	0.12	0.60
2012	2.07	2.32	1.69	1.02	0.58	0.15	0.10	0.08	0.08	0.26	1.04	0.67
2013	0.59	1.26	3.52	1.26	0.77	0.20	0.14	0.11	0.09	0.40	0.19	0.33
2014	0.53	0.74	1.62	1.03	0.48	0.16	0.10	0.08	0.09	0.10	0.16	0.67
2015	2.05	1.01	3.08	1.19	0.93	0.18	0.13	0.09	0.10	0.09	0.38	0.31
Total	19.59	29.36	41.56	21.36	8.72	3.60	2.34	1.78	2.17	4.26	9.04	13.21
Prom	0.98	1.47	2.08	1.07	0.44	0.18	0.12	0.09	0.11	0.21	0.45	0.66
Maximo	2.79	4.45	4.30	1.70	0.93	0.30	0.20	0.11	0.32	0.44	1.04	1.74
Minimo	0.29	0.36	0.42	0.40	0.17	0.09	0.06	0.05	0.06	0.09	0.12	0.18

Caudales Simulados en Subcuenca 03

SUB CUENCA 03												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	1.78	7.08	6.11	3.22	0.98	0.52	0.18	0.18	0.19	1.88	1.23	0.54
1997	1.92	3.40	1.89	3.39	1.34	0.51	0.31	0.18	0.38	1.30	5.30	5.19
1998	2.64	6.40	7.34	5.56	1.84	0.40	0.23	0.19	0.28	2.35	2.01	1.58
1999	3.09	10.80	4.52	2.73	3.01	1.33	0.51	0.27	2.24	1.07	2.21	3.04
2000	1.01	4.23	4.62	3.38	2.64	0.78	0.28	0.25	0.87	0.31	0.43	2.51
2001	6.60	4.15	7.93	2.66	1.57	0.43	0.28	0.17	0.49	1.97	2.56	2.61
2002	1.06	2.14	7.15	3.58	0.75	0.46	0.25	0.16	0.19	2.04	4.05	3.88
2003	1.39	1.87	2.50	1.69	1.07	0.80	0.34	0.23	0.30	0.87	1.85	1.59
2004	1.33	2.75	2.04	1.66	1.07	0.36	0.35	0.22	0.42	2.23	2.95	4.54
2005	3.10	3.88	7.62	1.90	1.24	0.65	0.25	0.18	0.21	2.14	0.85	2.36
2006	1.99	3.61	7.97	4.00	0.98	0.88	0.32	0.22	0.60	0.56	1.76	2.35
2007	3.20	1.28	6.60	4.92	1.59	0.35	0.35	0.22	0.22	1.63	3.44	2.44
2008	2.87	5.25	5.01	3.85	1.36	0.85	0.36	0.27	0.64	2.48	2.53	0.94
2009	5.60	3.13	5.70	3.20	2.20	0.64	0.37	0.23	0.19	1.05	2.80	2.97
2010	1.70	2.66	4.75	3.71	1.67	0.63	0.41	0.26	0.28	0.77	1.38	2.38
2011	3.03	2.77	4.78	5.10	0.88	0.32	0.25	0.16	0.27	0.53	1.03	3.80
2012	5.47	5.66	3.03	3.46	1.86	0.58	0.24	0.24	0.20	1.34	3.69	1.29
2013	1.54	3.81	6.15	2.73	3.41	0.75	0.34	0.30	0.21	1.88	0.73	2.57
2014	2.29	2.56	4.47	2.42	1.42	0.35	0.22	0.16	0.18	0.97	0.90	2.62
2015	6.70	3.05	6.38	2.26	2.67	0.42	0.27	0.17	0.15	0.24	1.69	1.05
Total	58.34	80.48	106.55	65.44	33.57	11.98	6.10	4.24	8.51	27.61	43.37	50.26
Prom	2.92	4.02	5.33	3.27	1.68	0.60	0.31	0.21	0.43	1.38	2.17	2.51
Maximo	6.70	10.80	7.97	5.56	3.41	1.33	0.51	0.30	2.24	2.48	5.30	5.19
Minimo	1.01	1.28	1.89	1.66	0.75	0.32	0.18	0.16	0.15	0.24	0.43	0.54

Caudales Simulados en Subcuenca 04

SUB CUENCA 04												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	7.20	24.32	23.65	12.86	3.61	1.85	0.67	0.72	0.70	5.64	3.79	1.68
1997	5.75	11.64	6.52	10.97	4.49	1.76	1.02	0.62	1.31	3.91	17.38	19.19
1998	10.79	24.35	30.22	22.50	7.57	1.61	0.95	0.82	1.13	7.77	6.32	5.27
1999	10.49	41.57	17.24	10.56	11.14	5.15	1.93	1.07	7.26	3.70	7.60	10.96
2000	3.79	15.82	18.73	13.33	9.91	2.89	1.08	1.02	3.09	1.12	1.52	8.13
2001	24.45	15.62	30.95	10.77	6.15	1.59	1.09	0.72	1.57	6.18	8.74	8.92
2002	3.71	7.25	26.61	14.09	2.78	1.73	0.97	0.66	0.77	6.87	13.96	14.29
2003	5.03	6.60	9.75	6.57	3.81	2.82	1.15	0.82	1.10	2.93	6.38	5.81
2004	4.94	8.88	6.58	5.99	3.72	1.26	1.23	0.76	1.34	7.56	10.24	16.60
2005	12.01	14.07	29.83	7.40	4.53	2.24	0.91	0.73	0.82	7.87	3.13	8.75
2006	7.18	13.35	33.15	16.41	3.65	3.35	1.24	0.87	2.15	2.06	5.75	7.97
2007	10.85	4.72	25.05	19.23	6.35	1.31	1.33	0.86	0.91	5.64	11.55	8.44
2008	10.32	19.64	19.40	15.91	5.19	3.02	1.33	1.08	2.22	8.35	9.17	3.39
2009	20.05	11.92	22.81	12.99	8.34	2.35	1.40	0.93	0.80	3.47	9.51	10.16
2010	6.09	9.60	17.70	13.98	6.41	2.27	1.50	0.94	1.05	2.71	4.85	8.23
2011	9.71	9.93	17.22	18.82	3.42	1.21	0.99	0.64	1.09	1.78	3.43	12.64
2012	20.29	20.73	11.81	12.68	6.75	2.05	0.91	0.91	0.74	4.64	13.23	4.89
2013	5.30	12.11	23.09	9.56	11.95	2.61	1.25	1.13	0.79	6.38	2.59	8.28
2014	7.75	9.20	16.77	9.43	5.66	1.29	0.85	0.64	0.71	3.45	2.89	8.55
2015	23.50	11.23	26.51	9.30	10.00	1.59	1.07	0.70	0.67	0.86	5.84	3.30
Total	209.19	292.53	413.60	253.35	125.45	43.95	22.86	16.64	30.21	92.89	147.85	175.45
Prom	10.46	14.63	20.68	12.67	6.27	2.20	1.14	0.83	1.51	4.64	7.39	8.77
Maximo	24.45	41.57	33.15	22.50	11.95	5.15	1.93	1.13	7.26	8.35	17.38	19.19
Minimo	3.71	4.72	6.52	5.99	2.78	1.21	0.67	0.62	0.67	0.86	1.52	1.68

Caudales Simulados en Subcuenca 05

SUB CUENCA 05												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	1.36	4.77	4.92	2.72	0.79	0.37	0.15	0.16	0.15	1.00	0.83	0.39
1997	1.14	2.48	1.34	1.94	0.88	0.39	0.21	0.13	0.25	0.67	3.33	3.94
1998	2.19	4.32	6.67	4.84	1.58	0.38	0.22	0.18	0.24	1.29	1.06	1.06
1999	2.06	8.74	3.59	2.39	2.36	1.14	0.48	0.25	1.42	0.74	1.54	2.20
2000	0.81	3.22	3.75	2.80	1.98	0.63	0.25	0.23	0.61	0.24	0.30	1.53
2001	5.28	3.23	6.60	2.56	1.43	0.37	0.26	0.16	0.32	1.08	1.66	1.92
2002	0.78	1.33	5.09	3.07	0.65	0.39	0.22	0.15	0.16	1.27	2.76	2.69
2003	1.05	1.36	2.09	1.41	0.81	0.60	0.24	0.18	0.22	0.54	1.26	1.18
2004	1.02	1.77	1.29	1.21	0.78	0.27	0.25	0.17	0.26	1.39	2.05	3.46
2005	2.45	2.62	6.16	1.76	0.91	0.45	0.20	0.15	0.17	1.44	0.66	1.65
2006	1.45	2.67	6.73	3.34	0.75	0.69	0.27	0.19	0.38	0.35	1.03	1.50
2007	1.99	0.91	4.97	4.19	1.46	0.31	0.29	0.19	0.19	1.05	2.37	1.81
2008	2.04	3.76	4.03	3.35	1.12	0.62	0.29	0.23	0.42	1.52	1.83	0.65
2009	4.13	2.29	4.23	2.68	1.71	0.54	0.32	0.20	0.17	0.59	1.68	1.72
2010	1.15	1.86	3.46	3.00	1.35	0.49	0.29	0.19	0.21	0.52	0.92	1.39
2011	1.70	1.89	3.44	3.83	0.79	0.28	0.22	0.14	0.24	0.36	0.63	2.29
2012	3.90	4.17	2.55	2.48	1.38	0.43	0.20	0.18	0.15	0.87	2.54	1.10
2013	1.10	2.47	4.85	2.02	2.58	0.60	0.28	0.24	0.17	1.24	0.56	1.41
2014	1.56	1.86	3.32	2.08	1.17	0.30	0.19	0.14	0.15	0.60	0.59	1.64
2015	4.93	2.44	5.49	2.04	2.25	0.39	0.25	0.16	0.15	0.18	1.18	0.71
Total	42.10	58.15	84.57	53.71	26.72	9.64	5.07	3.62	6.03	16.94	28.77	34.25
Prom	2.10	2.91	4.23	2.69	1.34	0.48	0.25	0.18	0.30	0.85	1.44	1.71
Maximo	5.28	8.74	6.73	4.84	2.58	1.14	0.48	0.25	1.42	1.52	3.33	3.94
Minimo	0.78	0.91	1.29	1.21	0.65	0.27	0.15	0.13	0.15	0.18	0.30	0.39

Caudales Simulados en Subcuenca 06

SUB CUENCA 06												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	4.60	9.54	12.21	7.67	1.75	0.77	0.36	0.40	0.33	1.88	1.25	0.48
1997	1.30	7.20	2.68	3.02	0.92	0.61	0.33	0.24	0.41	1.30	6.48	13.08
1998	9.71	13.72	14.84	10.96	4.37	0.93	0.54	0.44	0.47	6.19	4.04	2.42
1999	6.32	21.43	7.09	4.00	3.80	1.99	0.73	0.50	2.03	2.36	3.03	4.62
2000	2.09	10.42	18.43	10.82	6.61	1.54	0.63	0.61	1.53	0.68	1.10	6.33
2001	14.79	12.64	20.74	3.31	2.68	0.72	0.52	0.40	0.41	1.85	6.26	5.72
2002	2.08	3.58	20.33	8.14	1.15	0.81	0.46	0.36	0.65	4.51	8.21	12.95
2003	3.61	3.24	7.07	3.87	1.71	1.07	0.48	0.37	0.48	1.36	4.05	5.61
2004	3.19	2.26	2.43	2.73	1.83	0.91	0.58	0.34	0.52	3.32	7.10	8.65
2005	8.65	8.70	18.39	3.41	1.69	0.63	0.43	0.40	0.44	7.58	2.51	8.31
2006	6.51	8.97	32.07	11.68	2.12	1.83	0.65	0.52	1.05	1.56	2.66	7.32
2007	9.06	2.94	14.97	11.19	2.50	0.73	0.63	0.44	0.62	5.72	5.24	3.28
2008	5.61	14.28	9.79	10.24	2.25	1.37	0.61	0.62	1.15	5.71	5.67	2.73
2009	9.50	9.62	20.11	7.14	4.17	0.91	0.58	0.51	0.51	3.31	9.76	13.31
2010	5.05	6.71	12.07	6.06	3.55	1.17	1.00	0.49	0.64	1.28	3.45	10.44
2011	6.41	8.48	9.08	9.67	1.33	0.69	0.55	0.40	0.65	0.79	1.06	7.74
2012	15.36	12.61	4.17	5.02	2.04	0.69	0.44	0.40	0.32	1.48	9.07	3.11
2013	2.65	2.23	12.23	3.15	2.44	0.64	0.42	0.46	0.33	3.79	1.05	4.51
2014	3.05	7.22	9.81	4.23	3.56	0.77	0.47	0.34	0.51	0.89	1.09	7.18
2015	12.94	6.01	21.23	5.71	3.10	0.72	0.49	0.40	0.35	0.31	3.09	1.35
Total	132.4	171.7	269.7	132.0	53.58	19.49	10.91	8.64	13.41	55.86	86.17	129.1
Prom	6.62	8.59	13.49	6.60	2.68	0.97	0.55	0.43	0.67	2.79	4.31	6.46
Maximo	15.36	21.43	32.07	11.68	6.61	1.99	1.00	0.62	2.03	7.58	9.76	13.31
Minimo	1.30	2.23	2.43	2.73	0.92	0.61	0.33	0.24	0.32	0.31	1.05	0.48

Caudales Simulados en Subcuenca 07

SUB CUENCA 07												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	3.47	11.95	12.51	6.98	1.88	0.91	0.39	0.38	0.40	2.55	2.05	0.97
1997	2.60	7.34	3.34	4.76	1.88	0.89	0.51	0.32	0.57	1.63	8.04	12.00
1998	8.09	13.47	17.96	12.01	4.28	1.00	0.58	0.48	0.58	3.65	3.13	2.65
1999	5.82	25.02	8.79	5.08	5.11	2.51	1.08	0.59	3.16	1.97	3.55	5.12
2000	2.28	9.49	12.07	8.03	5.26	1.67	0.68	0.60	1.55	0.66	0.90	5.24
2001	15.60	10.80	19.81	5.28	3.59	0.95	0.67	0.44	0.78	2.52	5.06	5.75
2002	2.25	4.20	15.86	8.13	1.63	0.99	0.59	0.40	0.49	3.62	7.66	9.31
2003	3.31	3.75	6.35	3.62	1.92	1.34	0.61	0.45	0.52	1.27	3.35	4.24
2004	2.80	4.41	3.44	3.11	2.01	0.76	0.63	0.44	0.63	2.84	5.90	9.60
2005	7.31	7.46	15.89	4.79	2.10	1.04	0.50	0.41	0.48	4.34	1.92	5.87
2006	5.03	7.79	21.91	9.65	2.01	1.81	0.69	0.51	1.04	1.06	2.64	5.73
2007	7.06	2.66	14.09	11.40	3.26	0.82	0.75	0.50	0.54	3.68	6.39	4.47
2008	6.16	12.61	10.43	8.78	2.65	1.65	0.73	0.60	1.05	4.58	5.12	2.17
2009	11.12	8.23	13.35	7.93	4.46	1.35	0.79	0.53	0.48	2.12	6.48	7.56
2010	3.72	6.05	10.60	7.50	3.55	1.28	0.87	0.53	0.59	1.15	2.28	5.26
2011	5.74	6.37	10.00	9.35	1.75	0.72	0.56	0.38	0.63	0.87	1.35	6.38
2012	13.48	12.93	6.75	6.77	3.41	1.07	0.53	0.49	0.42	1.96	7.67	3.33
2013	3.10	5.83	15.30	6.28	5.83	1.34	0.72	0.65	0.46	3.34	1.37	4.20
2014	3.88	6.80	9.79	5.72	3.57	0.88	0.53	0.39	0.47	1.20	1.35	5.15
2015	13.97	6.87	17.22	6.25	5.51	0.99	0.64	0.43	0.42	0.48	2.99	1.87
Suma Total	126.79	174.00	245.44	141.43	65.65	23.99	13.05	9.53	15.27	45.49	79.21	106.88
Promedio	6.34	8.70	12.27	7.07	3.28	1.20	0.65	0.48	0.76	2.27	3.96	5.34
Maximo	15.60	25.02	21.91	12.01	5.83	2.51	1.08	0.65	3.16	4.58	8.04	12.00
Minimo	2.25	2.66	3.34	3.11	1.63	0.72	0.39	0.32	0.40	0.48	0.90	0.97

Caudales Simulados en Subcuenca 08

SUB CUENCA 08												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	13.83	39.79	43.07	24.91	6.53	3.12	1.29	1.33	1.26	8.69	6.25	2.85
1997	8.23	24.34	11.33	15.79	6.13	2.83	1.58	1.01	1.95	5.85	27.55	41.03
1998	28.36	47.31	58.96	41.10	15.08	3.38	1.88	1.53	1.87	15.42	11.65	8.95
1999	20.15	83.16	29.14	17.14	17.09	8.46	3.34	1.91	10.52	7.15	12.35	18.16
2000	7.59	33.16	46.52	29.86	19.26	5.54	2.19	1.96	5.36	2.21	3.13	18.17
2001	52.81	37.32	67.69	17.41	11.36	3.05	2.05	1.38	2.29	9.03	18.18	18.98
2002	7.47	13.78	58.54	28.07	5.17	3.17	1.79	1.25	1.68	13.56	27.17	34.37
2003	11.25	12.26	22.20	13.03	6.64	4.57	1.95	1.43	1.80	4.84	12.50	15.13
2004	10.21	13.64	10.90	10.70	6.81	2.70	2.13	1.35	2.13	11.80	21.15	32.46
2005	26.09	27.23	57.62	14.86	7.23	3.32	1.59	1.32	1.51	18.12	7.09	21.84
2006	18.04	28.03	83.61	35.07	7.08	6.18	2.31	1.67	3.66	4.23	9.74	20.35
2007	24.93	9.57	49.61	38.86	10.96	2.69	2.38	1.57	1.81	13.84	20.98	14.44
2008	20.48	44.15	35.89	31.91	9.04	5.30	2.35	2.00	3.79	16.74	18.30	7.95
2009	37.01	28.72	52.09	26.59	15.29	4.17	2.46	1.73	1.57	7.99	24.10	29.25
2010	13.67	20.59	37.42	24.92	12.26	4.27	2.98	1.70	1.98	4.45	9.31	21.86
2011	19.61	22.98	33.45	32.84	5.85	2.36	1.84	1.24	2.08	3.01	5.03	23.69
2012	46.84	43.12	20.97	21.69	10.73	3.40	1.67	1.53	1.26	6.95	27.74	11.12
2013	10.23	17.49	48.97	18.25	17.57	4.10	2.12	1.97	1.38	12.12	4.62	15.17
2014	12.98	22.02	33.22	18.36	12.27	2.88	1.70	1.21	1.47	4.76	4.60	18.79
2015	46.22	22.55	62.12	20.86	16.87	3.17	1.99	1.36	1.28	1.42	10.77	5.96
Suma Total	435.99	591.22	863.33	482.23	219.23	78.64	41.61	30.44	50.65	172.18	282.21	380.53
Promedio	21.80	29.56	43.17	24.11	10.96	3.93	2.08	1.52	2.53	8.61	14.11	19.03
Maximo	52.81	83.16	83.61	41.10	19.26	8.46	3.34	2.00	10.52	18.12	27.74	41.03
Minimo	7.47	9.57	10.90	10.70	5.17	2.36	1.29	1.01	1.26	1.42	3.13	2.85

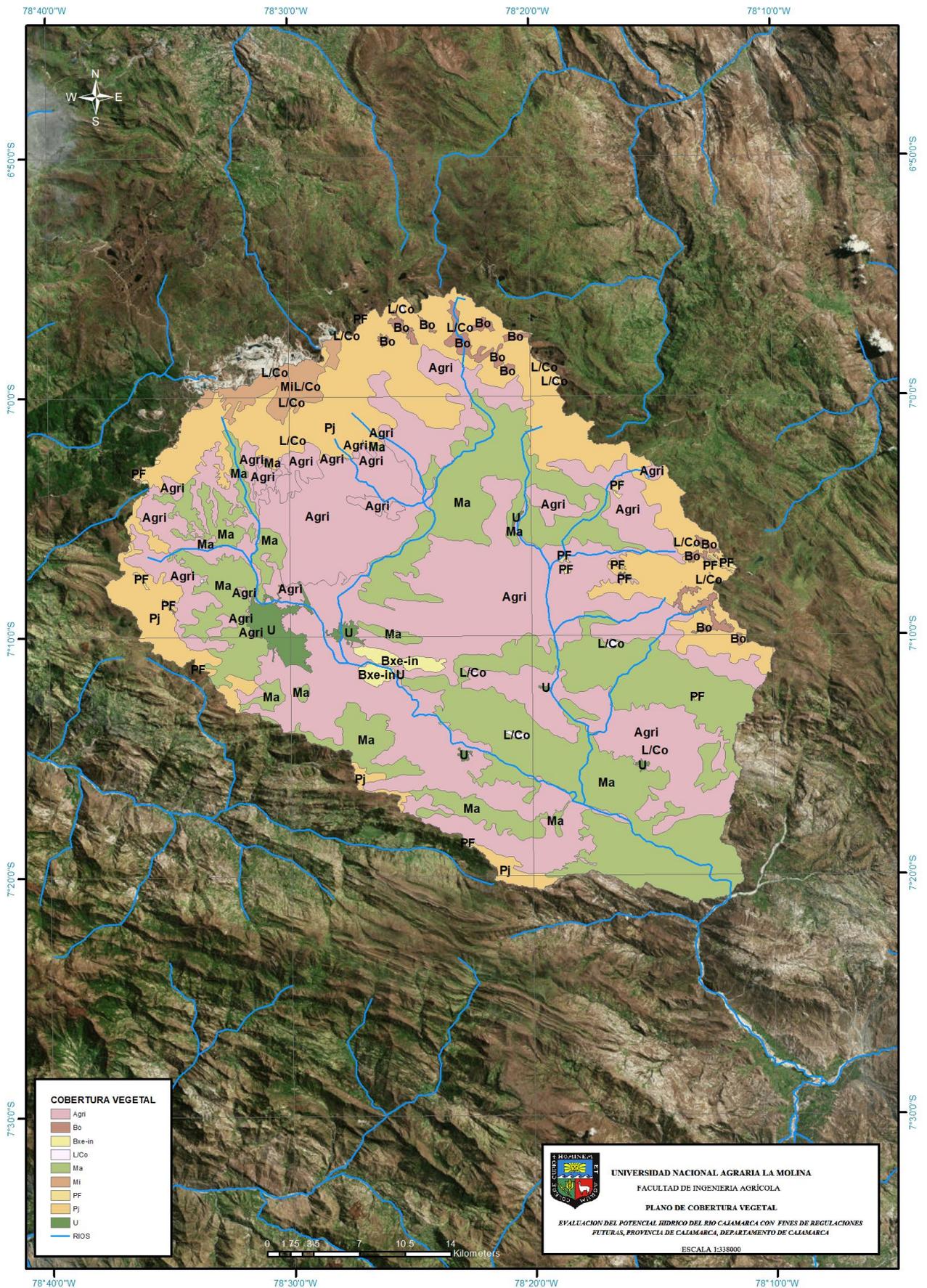
Caudales Simulados en Subcuenca 09

SUB CUENCA 09												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	0.29	0.66	0.82	0.50	0.13	0.05	0.02	0.02	0.01	0.10	0.09	0.03
1997	0.09	0.28	0.20	0.23	0.12	0.06	0.02	0.01	0.02	0.08	0.48	0.62
1998	0.38	0.79	1.01	0.82	0.30	0.07	0.03	0.02	0.02	0.21	0.14	0.14
1999	0.30	1.38	0.48	0.32	0.33	0.20	0.06	0.03	0.15	0.11	0.24	0.42
2000	0.15	0.51	0.80	0.49	0.33	0.10	0.03	0.02	0.08	0.03	0.04	0.20
2001	0.85	0.43	0.86	0.40	0.20	0.05	0.02	0.01	0.01	0.13	0.29	0.25
2002	0.11	0.18	0.95	0.52	0.09	0.05	0.02	0.01	0.01	0.23	0.47	0.48
2003	0.14	0.17	0.39	0.31	0.13	0.08	0.03	0.02	0.02	0.09	0.28	0.25
2004	0.23	0.19	0.13	0.19	0.11	0.04	0.03	0.01	0.02	0.29	0.38	0.58
2005	0.46	0.42	1.11	0.25	0.12	0.05	0.02	0.01	0.01	0.36	0.16	0.38
2006	0.24	0.46	1.43	0.61	0.11	0.09	0.04	0.02	0.04	0.07	0.18	0.26
2007	0.29	0.17	0.93	0.65	0.25	0.06	0.03	0.01	0.02	0.18	0.36	0.26
2008	0.30	0.61	0.67	0.65	0.18	0.07	0.03	0.02	0.04	0.26	0.37	0.13
2009	0.65	0.36	0.88	0.51	0.27	0.07	0.03	0.02	0.01	0.07	0.28	0.27
2010	0.19	0.27	0.60	0.43	0.22	0.07	0.03	0.02	0.02	0.08	0.21	0.31
2011	0.21	0.30	0.50	0.57	0.14	0.04	0.02	0.01	0.02	0.04	0.11	0.41
2012	0.67	0.49	0.33	0.35	0.18	0.06	0.02	0.01	0.01	0.16	0.53	0.19
2013	0.13	0.20	0.62	0.18	0.27	0.08	0.03	0.02	0.01	0.18	0.11	0.22
2014	0.22	0.37	0.63	0.35	0.24	0.06	0.02	0.01	0.01	0.12	0.10	0.24
2015	0.66	0.33	1.06	0.34	0.30	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.22	0.09
Suma Total	6.57	8.58	14.36	8.66	4.03	1.42	0.58	0.31	0.55	2.82	5.03	5.76
Promedio	0.33	0.43	0.72	0.43	0.20	0.07	0.03	0.02	0.03	0.14	0.25	0.29
Maximo	0.85	1.38	1.43	0.82	0.33	0.20	0.06	0.03	0.15	0.36	0.53	0.62
Minimo	0.09	0.17	0.13	0.18	0.09	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03

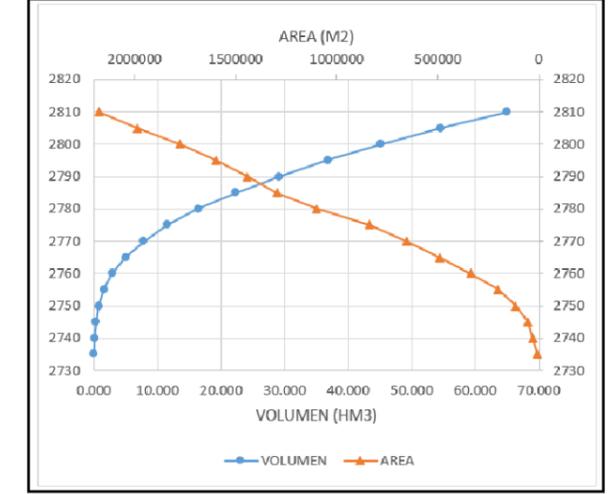
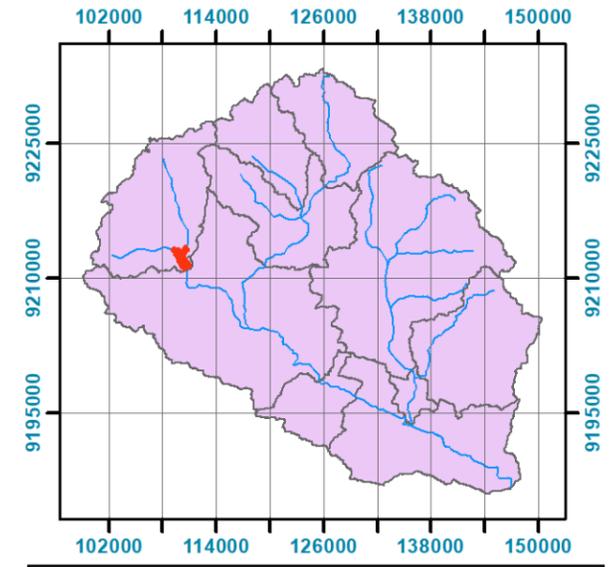
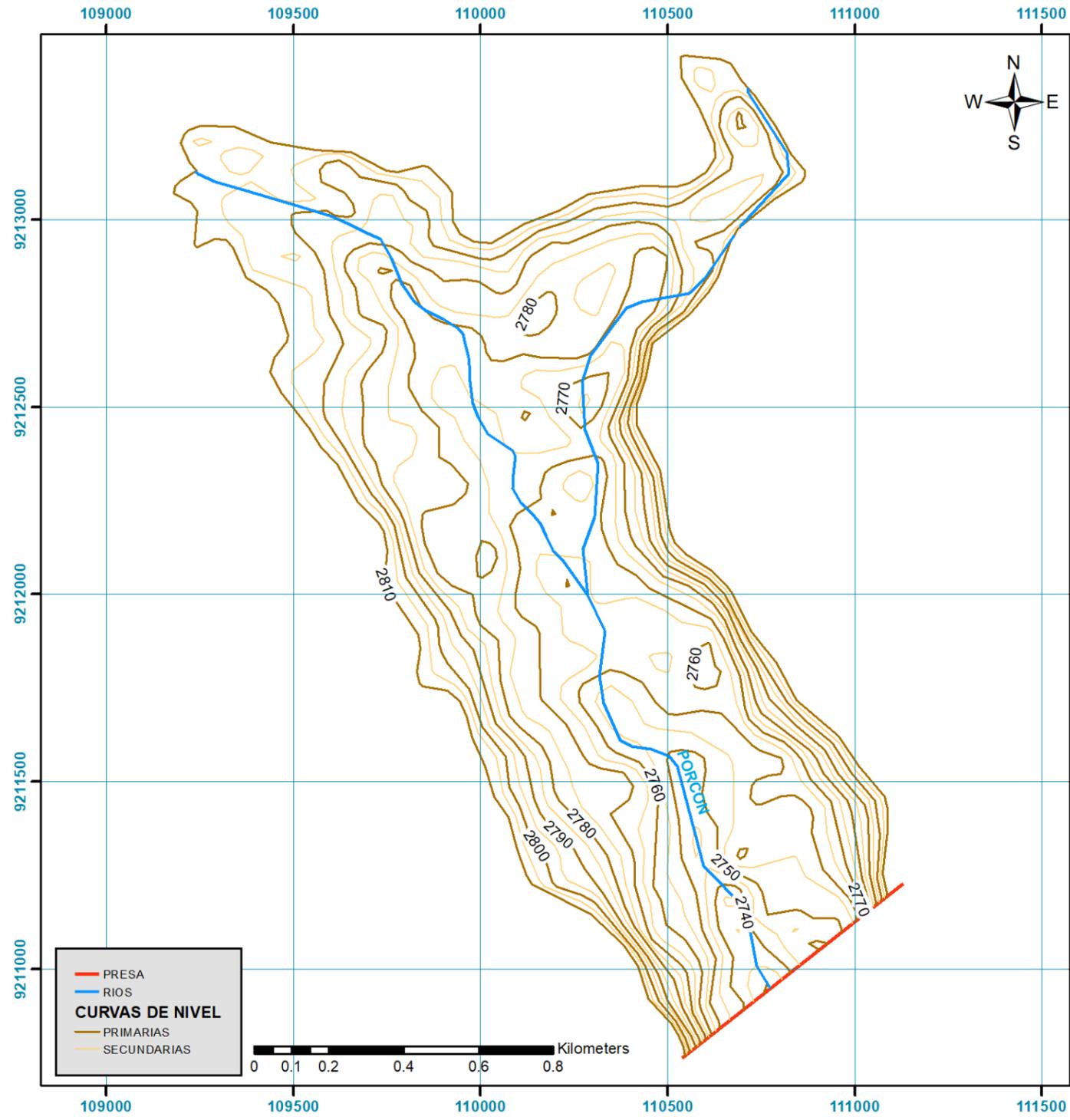
Caudales Simulados en Subcuenca 10

SUB CUENCA 10												
Años	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1996	0.50	1.94	2.60	1.35	0.45	0.19	0.11	0.09	0.09	0.35	0.61	0.41
1997	0.63	2.68	0.78	0.59	0.29	0.20	0.11	0.07	0.10	0.19	1.21	2.63
1998	2.21	2.00	6.26	2.63	0.72	0.29	0.16	0.12	0.12	0.37	0.32	0.40
1999	1.01	6.33	2.07	1.51	1.08	0.54	0.37	0.17	0.54	0.36	0.63	0.83
2000	0.52	2.84	2.89	2.10	0.99	0.43	0.19	0.16	0.30	0.17	0.19	1.17
2001	4.46	3.04	6.58	1.87	1.11	0.33	0.23	0.14	0.18	0.30	0.77	1.45
2002	0.56	0.73	2.53	1.94	0.57	0.30	0.18	0.12	0.10	0.50	1.34	1.47
2003	0.93	0.98	1.69	0.87	0.51	0.35	0.16	0.12	0.11	0.18	0.45	0.75
2004	0.49	1.24	0.92	0.70	0.54	0.21	0.15	0.15	0.14	0.35	0.94	1.95
2005	1.51	1.05	2.85	1.42	0.37	0.20	0.11	0.08	0.10	0.48	0.36	0.75
2006	1.16	1.91	4.97	2.01	0.44	0.35	0.16	0.12	0.14	0.11	0.26	0.80
2007	1.27	0.49	2.83	2.96	0.86	0.27	0.18	0.12	0.10	0.62	1.42	1.01
2008	1.42	2.76	2.58	2.18	0.65	0.37	0.18	0.14	0.19	0.60	0.86	0.28
2009	2.44	1.93	2.26	1.55	0.85	0.40	0.24	0.14	0.11	0.31	1.06	1.15
2010	0.73	1.56	2.28	2.25	0.90	0.35	0.17	0.11	0.13	0.20	0.34	0.54
2011	0.84	1.14	2.16	2.23	0.55	0.22	0.15	0.09	0.16	0.19	0.18	0.81
2012	2.49	3.56	2.40	1.35	0.79	0.25	0.14	0.10	0.09	0.30	1.24	0.99
2013	0.90	1.83	4.98	1.98	1.41	0.41	0.21	0.15	0.11	0.62	0.33	0.42
2014	0.73	0.94	1.92	1.49	0.64	0.25	0.14	0.10	0.11	0.13	0.22	1.05
2015	3.65	1.90	4.30	1.80	1.54	0.37	0.20	0.12	0.13	0.13	0.59	0.55
Suma Total	28.45	40.85	59.86	34.77	15.27	6.29	3.55	2.40	3.06	6.43	13.33	19.41
Promedio	1.42	2.04	2.99	1.74	0.76	0.31	0.18	0.12	0.15	0.32	0.67	0.97
Maximo	4.46	6.33	6.58	2.96	1.54	0.54	0.37	0.17	0.54	0.62	1.42	2.63
Minimo	0.49	0.49	0.78	0.59	0.29	0.19	0.11	0.07	0.09	0.11	0.18	0.28

**ANEXO N°03: MAPA DE COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA EN
ESTUDIO**

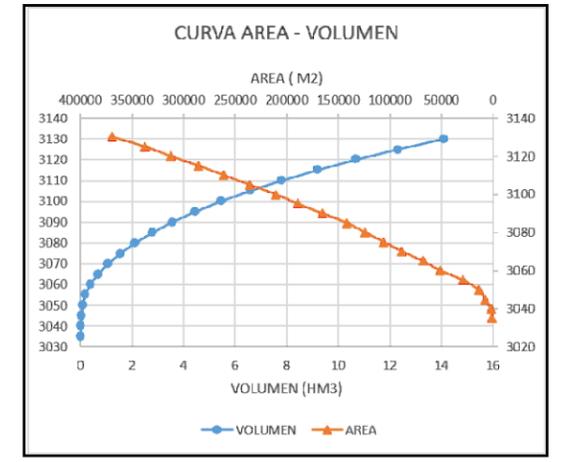
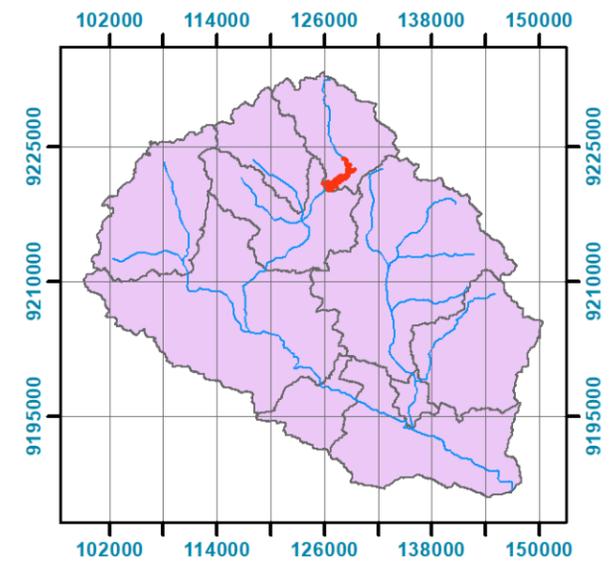
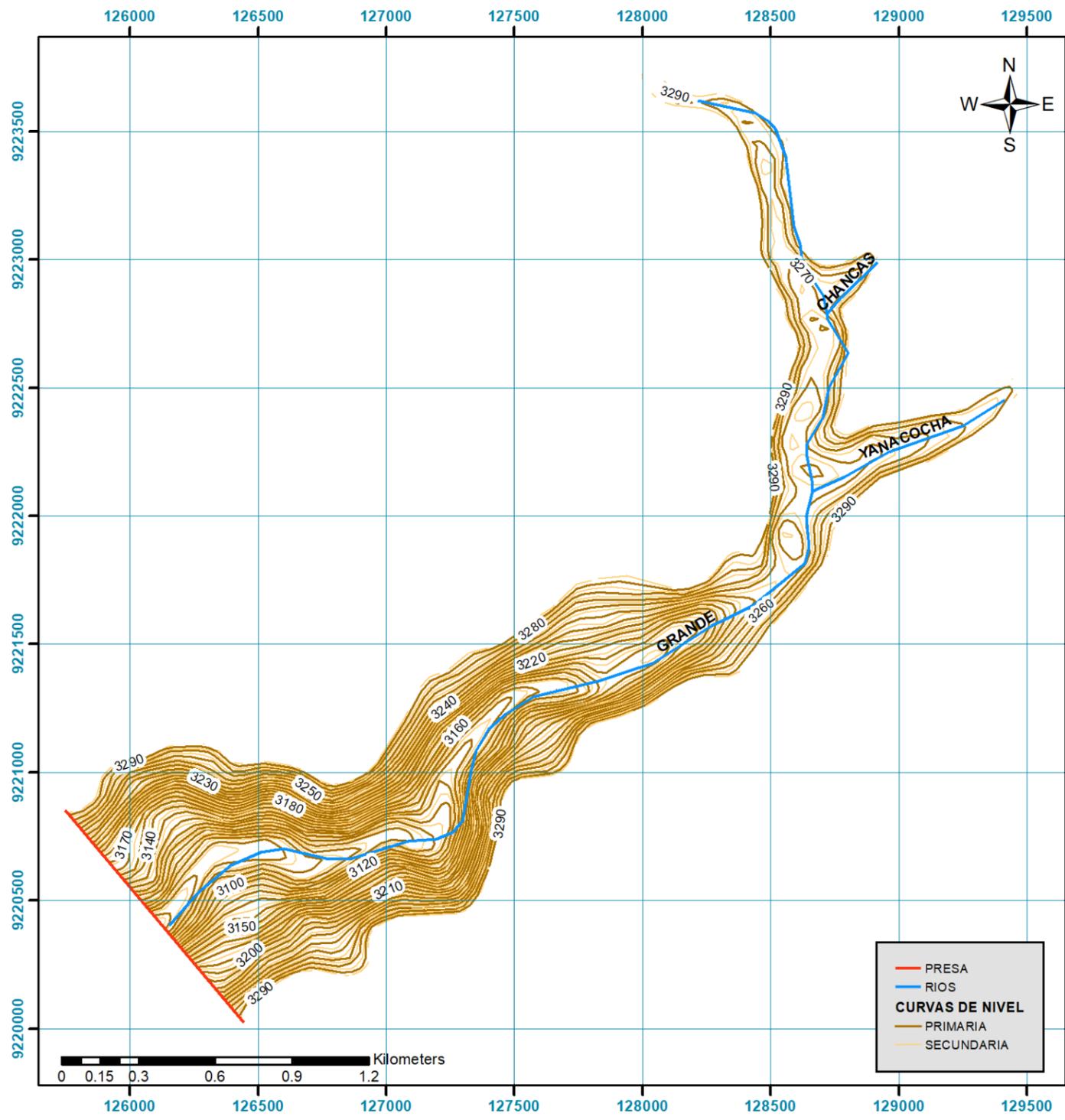


ANEXO N°04: PLANOS TOPOGRÁFICO DE PROPUESTA DE EMBALSES



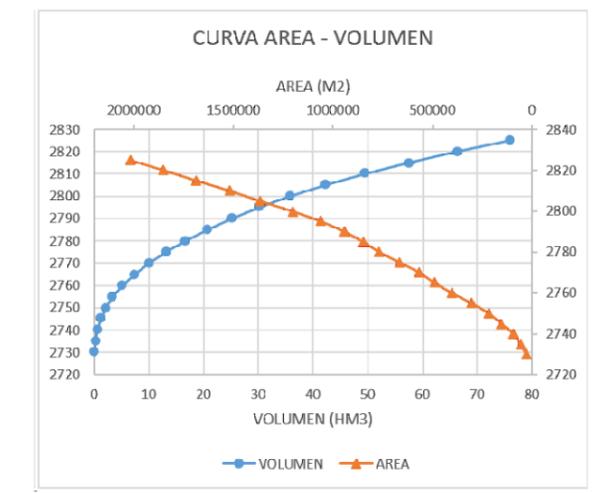
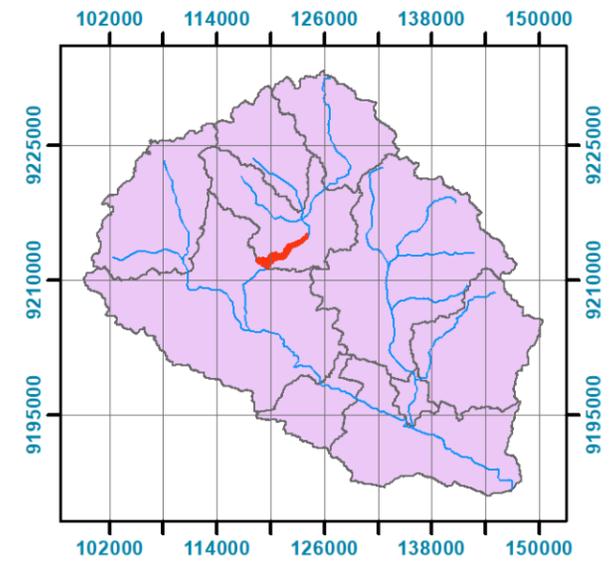
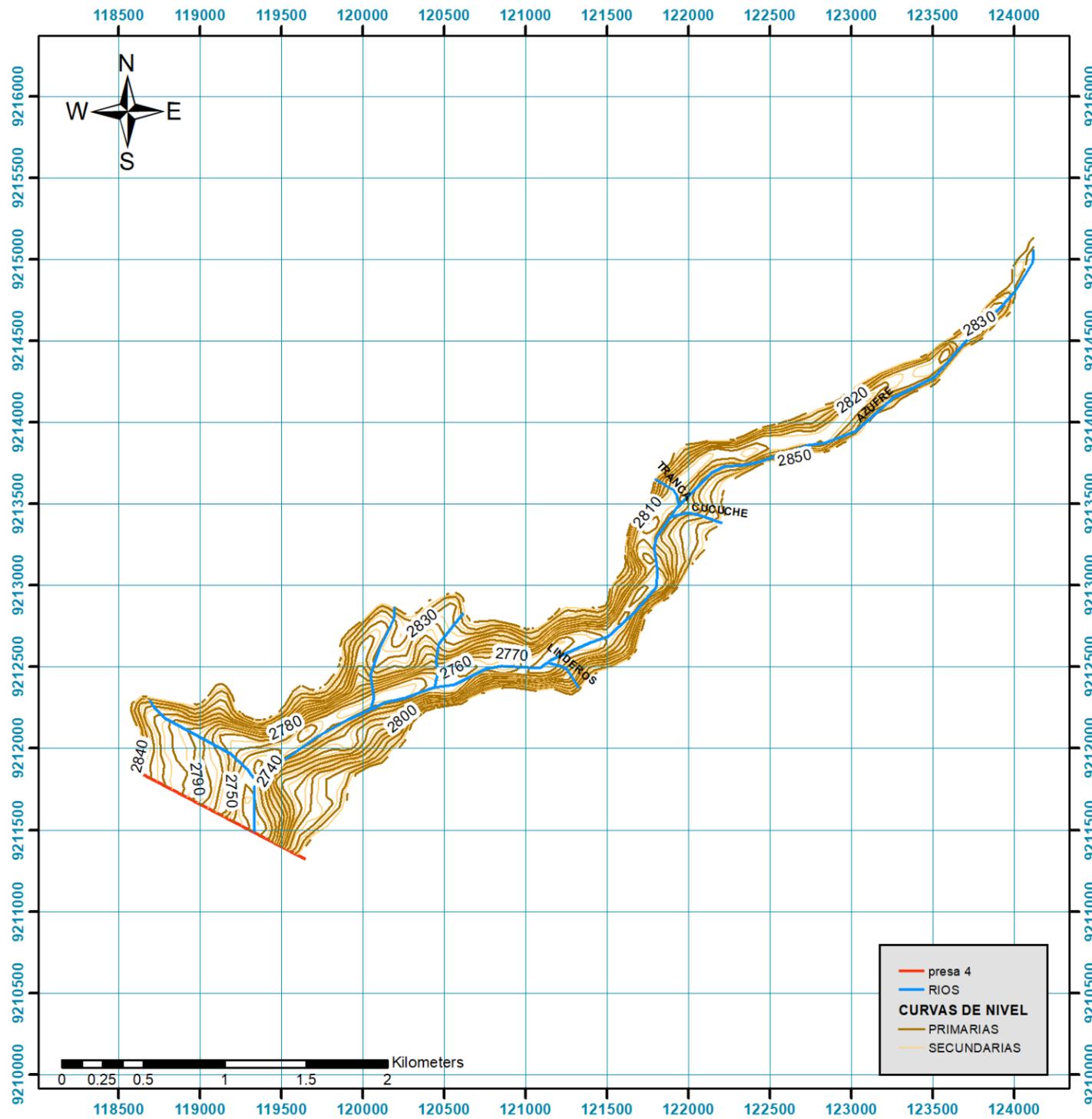
Presas	Altura (m)	Altura de Corona (msnm)	Longitud de Corona (m)	Almacenamiento (Hm3)
Presa 1	50	2784	604.15	22.377


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA
PLANO TOPOGRÁFICO DEL EMBALSE 01
 EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRICO DEL RIO CAJAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 ESCALA 1:14500



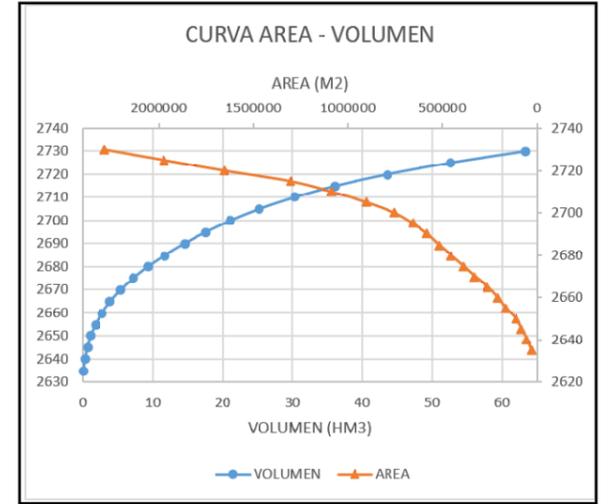
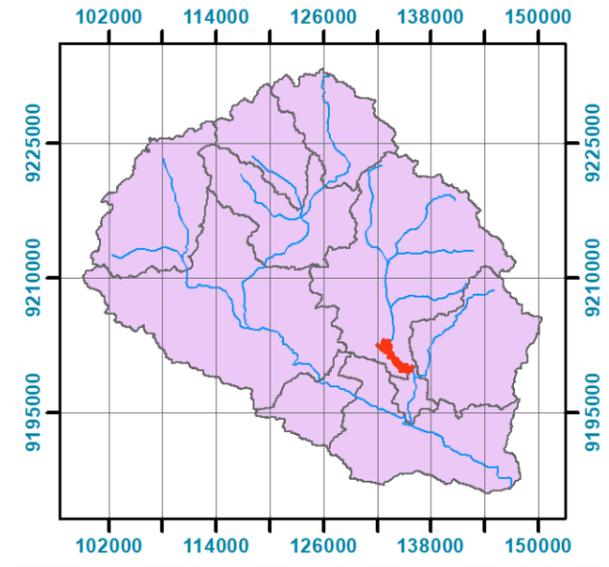
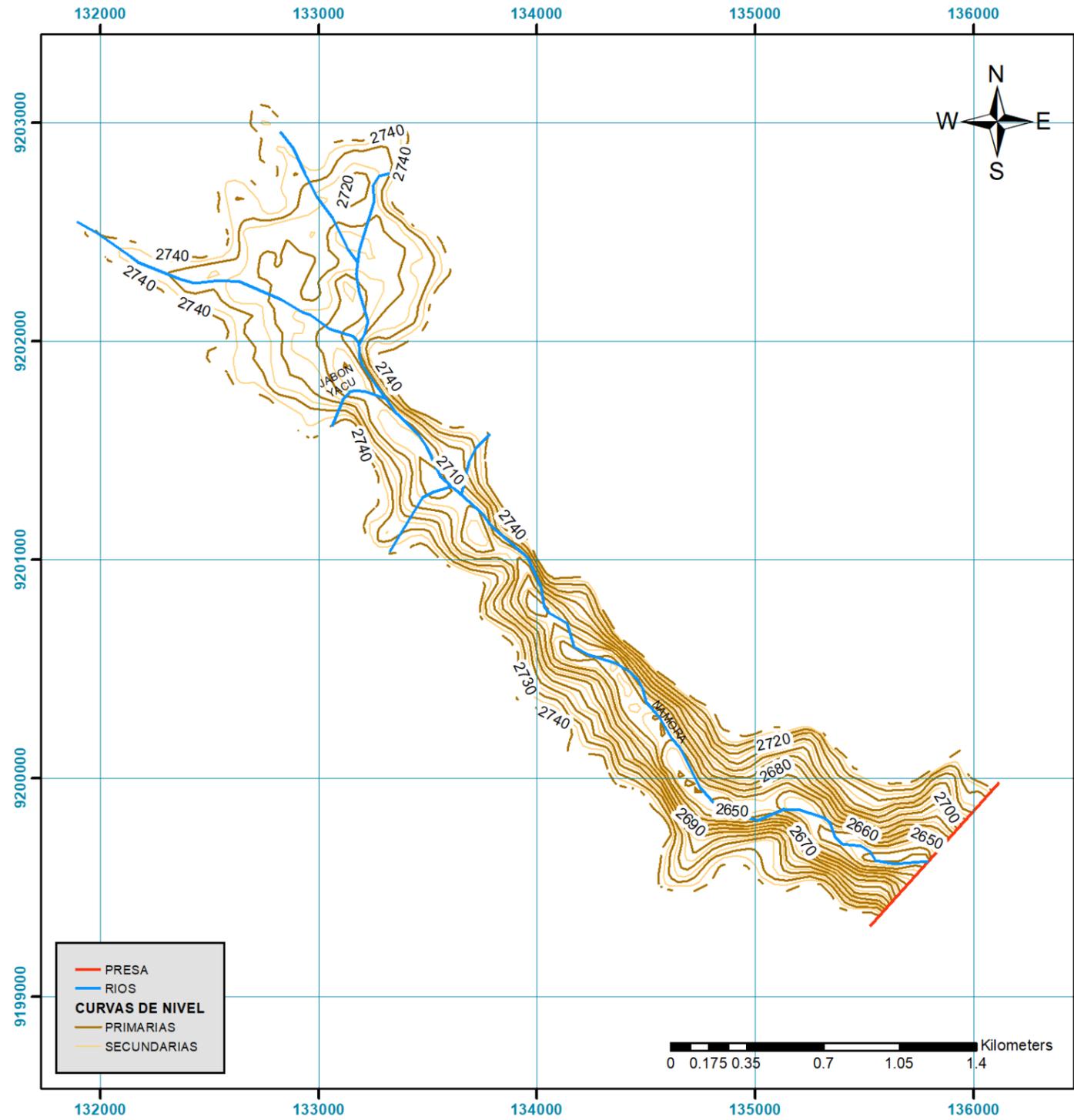
Presas	Altura (m)	Altura de Corona (msnm)	Longitud de Corona (m)	Almacenamiento (Hm3)
Presas 3	50	3095	314.1	2.823


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
PLANO TOPOGRAFICO DEL EMBALSE 03
 EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRICO DEL RIO CAJAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 ESCALA 1:14500



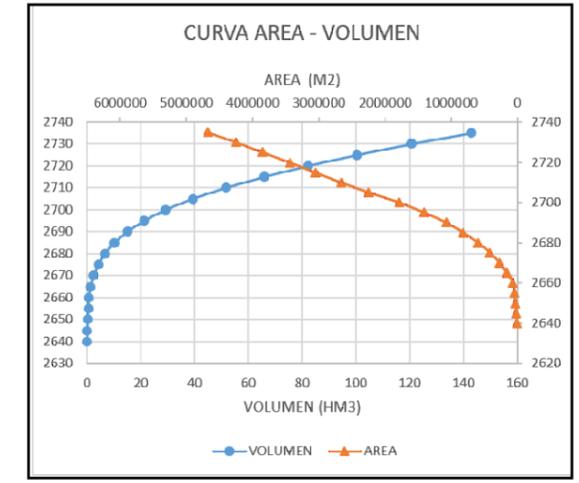
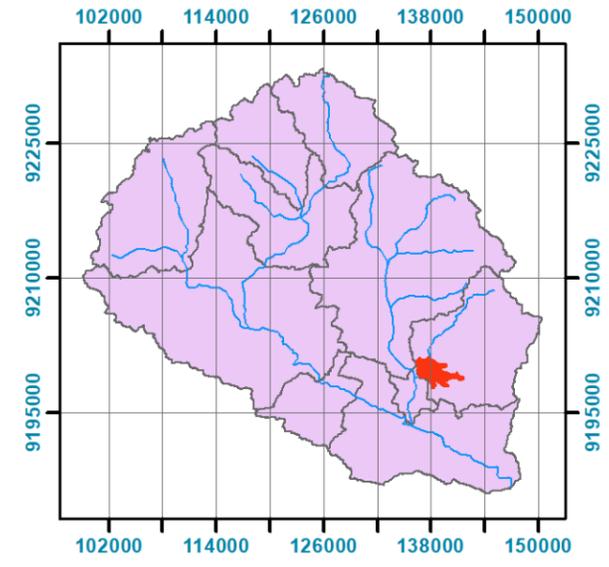
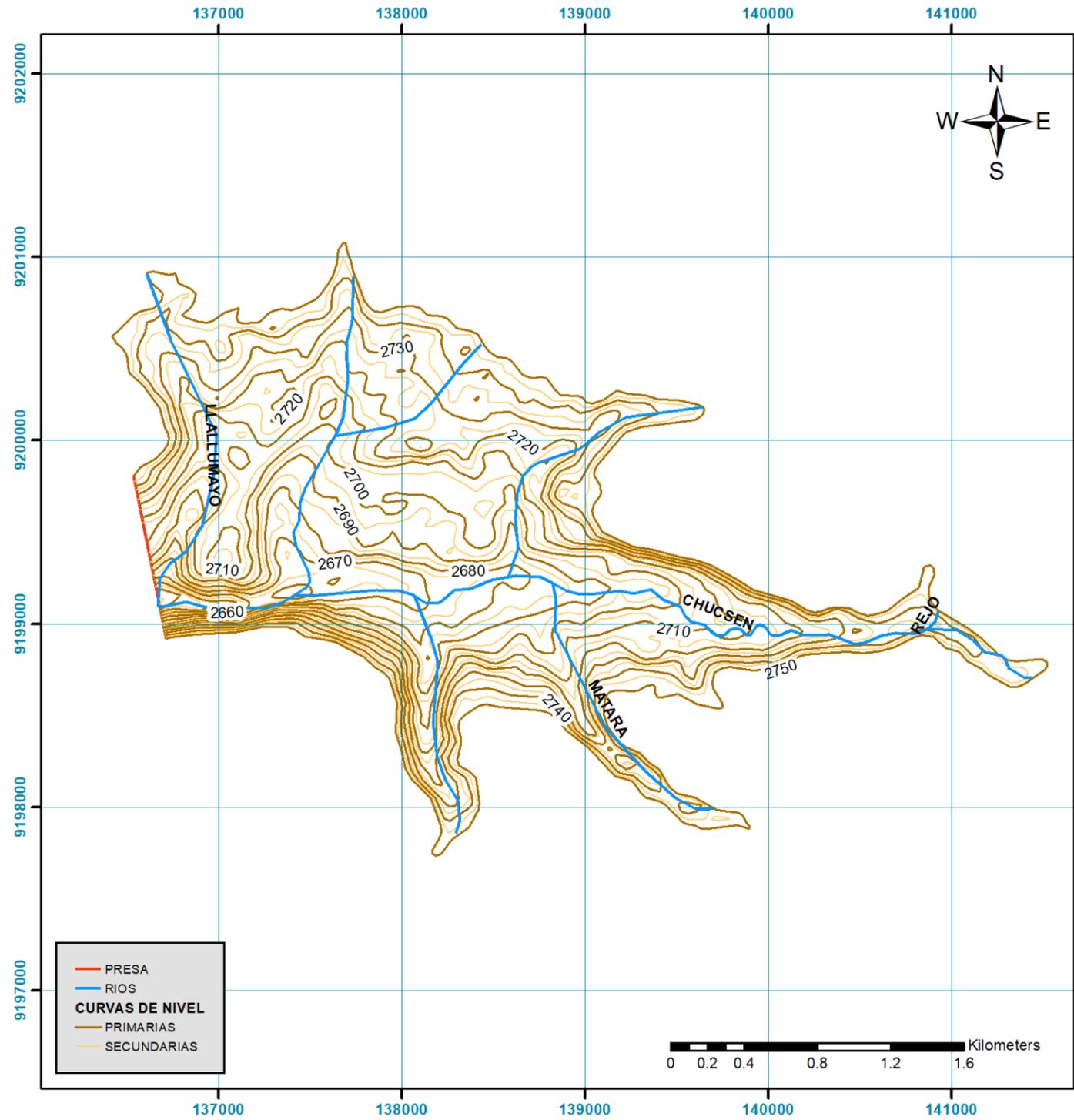
Presas	Altura (m)	Altura de Corona (msnm)	Longitud de Corona (m)	Almacenamiento (Hm3)
Presa 4	50	2811	321.81	16.736


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA
PLANO TOPOGRÁFICO DEL EMBALSE 04
 EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRICO DEL RIO CAJAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 ESCALA 1:14500



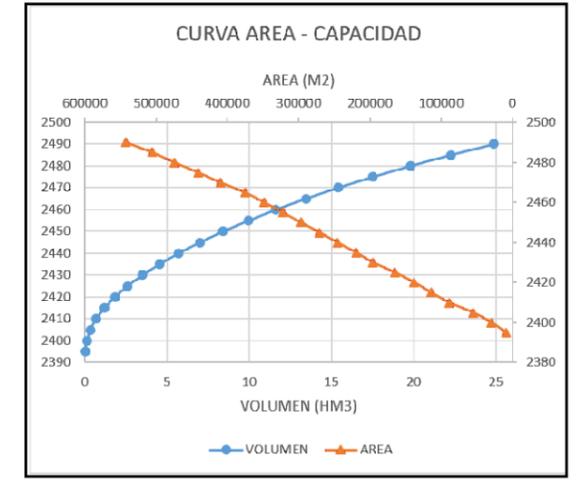
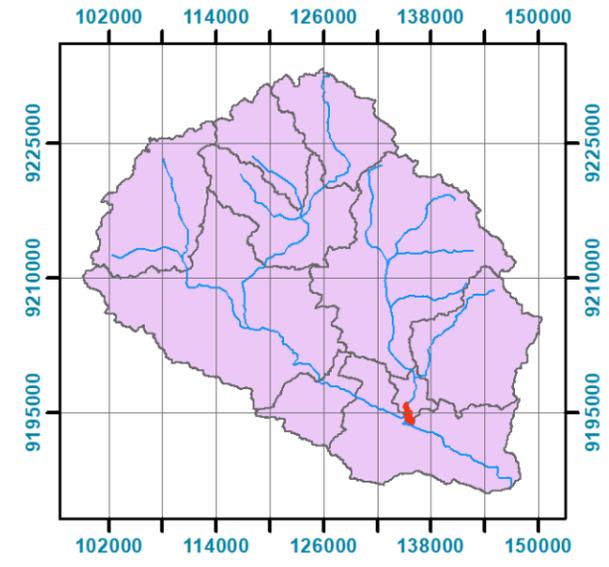
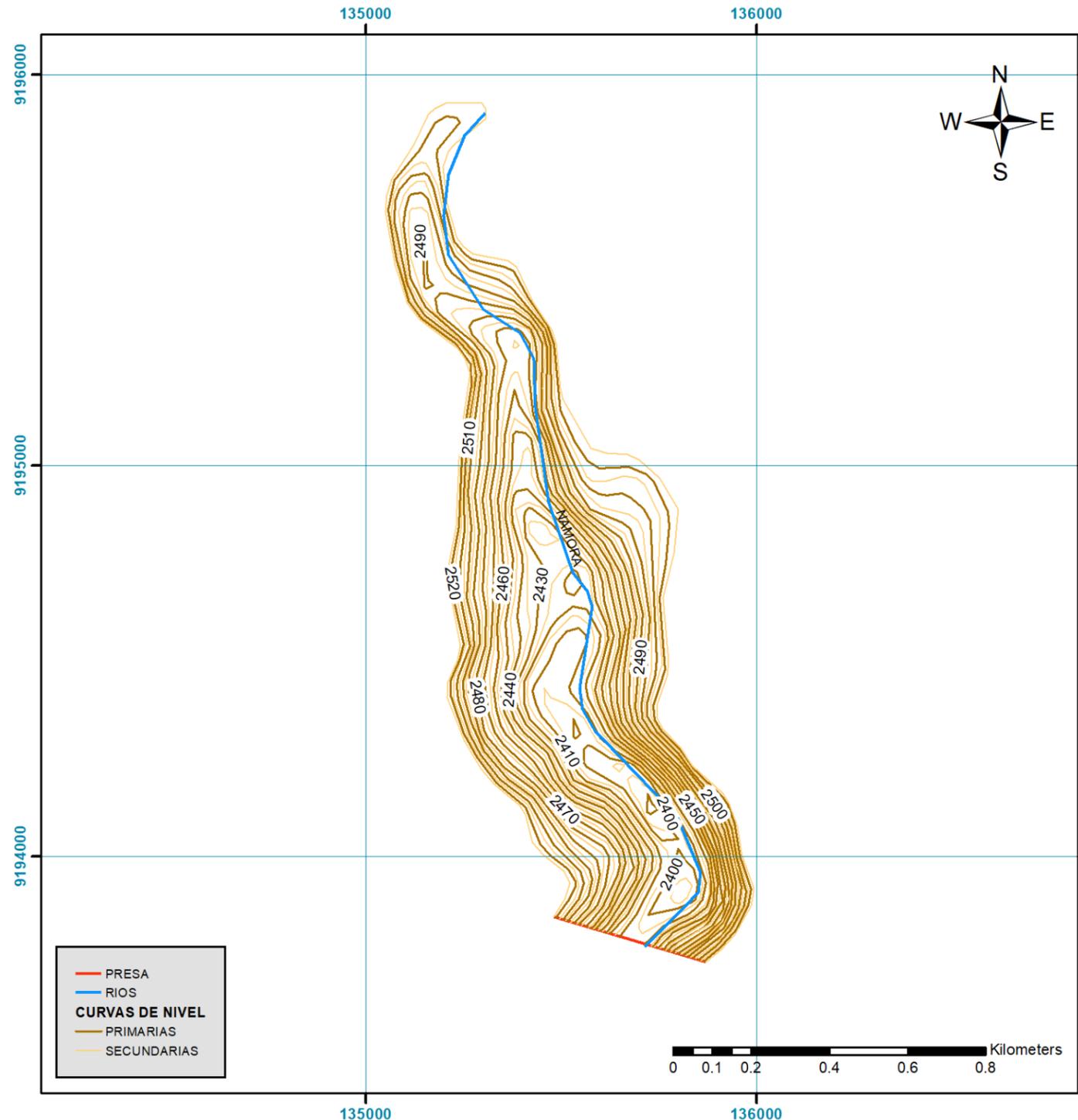
Presas	Altura (m)	Altura de Corona (msnm)	Longitud de Corona (m)	Almacenamiento (Hm3)
Presa 6	50	2684	326.7	11.715


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
PLANO TOPOGRAFICO DEL EMBALSE 06
 EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRICO DEL RIO CAJAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 ESCALA 1:25000



Presas	Altura (m)	Altura de Corona (msnm)	Longitud de Corona (m)	Almacenamiento (Hm ³)
Presas	Altura (m)	Altura de Corona (msnm)	Longitud de Corona (m)	Almacenamiento (Hm ³)
Presas 7	50	2746	445.44	14.977


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
PLANO TOPOGRAFICO DEL EMBALSE 07
 EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRICO DEL RIO CAJAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA
 ESCALA 1:24000



Presas	Altura (m)	Altura de Corona (msnm)	Longitud de Corona (m)	Almacenamiento (Hm3)
Presas 8	50	2445	265.13	6.979


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA
PLANO TOPOGRÁFICO DEL EMBALSE 08
 EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRICO DEL RIO CALAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS, PROVINCIA DE CALAMARCA, DEPARTAMENTO DE CALAMARCA
 ESCALA 1:14000