

ESTUDIO HIDROLÓGICO

PROYECTO: " MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE RIEGO EN EL CANAL L3 LA MORA DEL CENTRO POBLADO PALPA DEL DISTRITO DE AUCALLAMA - PROVINCIA DE HUARAL - DEPARTAMENTO DE LIMA" CUI N° 2560927.



UBICACIÓN:

**LUGAR : CP. PALPA
DISTRITO : AUCALLAMA
PROVINCIA : HUARAL
DEPARTAMENTO : LIMA**

AUCALLAMA, JUNIO 2023

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Base Legal.....	1
2. INFORMACIÓN BASICA	2
2.1 Información Cartográfica.....	2
2.2 Información Hidrometeorológica.....	2
2.3 Información Climática y Ecológica.....	3
2.3.1 Clima Per-Árido y Semi-Cálido (0 – 2000m.s.n.m).....	4
2.3.2 Clima Semi-Árido y Templado (2000 – 3000m.s.n.m.).	5
2.3.3 Clima Sub-Húmedo y Frío (3000 – 4000m.s.n.m).	5
2.3.4 Clima Muy Húmedo y Frígido (4000 – 4800m.s.n.m.).	6
2.3.5 Clima Pluvial y Gélido – Tundra Pluvial Alpino (4800m.s.n.m – divisoria). ..	7
2.4 Información Geológica.....	7
2.5 Información de Suelos.....	8
2.6 Estudios Anteriores Realizados	10
3. UBICACIÓN Y SUPERFICIE	11
3.1 Ubicación Geográfica.....	11
3.2 Ubicación Política	11
3.3 División Hidrográfica.....	11
3.4 Superficie de la Cuenca.....	12
4. SISTEMA HIDROGRAFICO Y CUENCA	12
4.1 Sistema Hidrográfico.....	12
4.1.1 Nevados y Glaciares.....	13
4.1.2 Lagunas	13
4.1.3 Quebradas.....	13
4.1.4 Ríos	13
4.1.5 Puquiales	13
4.2 Subcuencas Tributarias.....	13
4.2.1 Subcuenca Vichaycocha.....	13
4.2.2 Subcuenca Baños.....	14
4.2.3 Subcuenca Carac.....	15
4.2.4 Subcuenca Añasmayo.....	15
4.2.5 Subcuenca Huataya.....	15
4.2.6 Subcuenca Orcon.....	16
4.2.7 Subcuenca Media.....	16
4.2.8 Subcuenca Baja.....	16
4.3 Características Fisiográficas de la Cuenca	17
4.3.1 Clasificación Ordinal de los ríos	17
4.3.2 Frecuencia de los ríos	17
4.3.3 Longitud del Cauce Principal	18
4.3.4 Rectángulo Equivalente	18
4.3.5 Altitud Media de la Cuenca.....	19
4.3.6 Curva Hipsométrica y de Distribución de Frecuencias	21
4.3.7 Pendiente media de la cuenca.....	21
4.3.8 Pendiente Media del río	21
4.3.9 Pendiente Equivalente Constante	21
4.3.10 Densidad de Drenaje.....	22

4.3.11	Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius	22
4.3.12	Factor de Forma.....	22
4.3.13	Extensión media del escurrimiento.....	23
4.3.14	Coeficiente de Torrencialidad.	23
4.3.15	Coeficiente de Masividad.....	23
5.	ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN PLUVIOMETRICA....	24
5.1	Registros Históricos	24
5.2	Análisis de Consistencia	24
5.2.1	Análisis de Histogramas	24
5.2.2	Análisis de Doble masa.....	30
5.2.3	Análisis de Tendencias	34
5.3	Completación y extensión de la Información Pluviométrica	34
6.	ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROMETRICA.....	40
6.1	Registros Históricos	40
6.2	Restitución de Caudales a Régimen natural	40
6.3	Análisis de Consistencia	42
6.3.1	Análisis de Histogramas	42
6.3.2	Análisis de Doble Masa	45
6.3.3	Análisis de Tendencias	48
6.4	Completación y extensión de la Información Hidrométrica	48
7.	ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO DE LA CUENCA.....	49
7.1	Ecuación Regional de Precipitación.....	49
7.2	Precipitación Areal Media Anual de la Cuenca	51
7.2.1	Método de Thiesen	51
7.2.2	Método de las Isoyetas.....	52
7.2.3	Método de Thiesen Modificado	52
7.3	Precipitación Areal Mensual de la Cuenca	53
7.3.1	Método de Thiesen	53
7.3.2	Método de Thiesen Modificado	54
8.	LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA CUENCA.....	55
8.1	Modelo Estocástico	55
8.2	Modelo de Precipitación – Escorrentía.....	55
8.3	Análisis de Persistencia	55
8.3.1	Serie Histórica Homogenizada y Completada	55
8.3.2	Serie Generada por Modelo Estocástico	56
8.3.3	Serie Generada por Modelo Precipitación – Escorrentía	56
9.	ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE MÁXIMAS AVENIDAS	57
9.1	Análisis de Frecuencia Máxima de Precipitaciones	57
9.2	Análisis de Caudales Máximos para diferentes periodos de retorno	62
9.2.1	A partir de Caudales Máximos Histórico.....	62
9.2.2	A partir de Modelo Precipitación – Escorrentía	62
10.	ANÁLISIS DE SEQUÍA Y CAPACIDAD DE EMBALSE DEL RIO CHANCAY – HUARAL	63
10.1	Análisis de Sequía	63
10.2	Análisis de Capacidad de Embalse.....	63
11.	DESCRIPCIÓN DEL ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO ACTUAL DE LA CUENCA CHANCAY – HUARAL (USOS MÚLTIPLES)..	64
11.1	Subcuenca Añasmayo.....	64
11.2	Subcuenca Huataya.	64
11.3	Subcuenca Carac.	65

11.4 Subcuenca Vichaycocha	66
11.5 Subcuenca Baños.....	67
11.6 Subcuenca Media	67
12. DEMANDA DE AGUA EN LA ZONA INTERMEDIA Y ALTA DE LA CUENCA CHANCAY - HUARAL.....	68
12.1 Demanda de Uso no Consuntivo del Agua.....	68
12.1.1 Demanda Hidroenergética.....	68
12.1.2 Demanda Hídrica Medio Ambiental.....	69
12.2 Demanda de Uso Consuntivo del Agua.....	69
12.2.1 Demanda Hídrica Agrícola.	69
12.2.2 Demanda Hídrica Poblacional.....	69
13. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA.....	70
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
RELACIÓN DE CUADROS	74
RELACIÓN DE FIGURAS	76

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad es necesario realizar un adecuado aprovechamiento de los Recursos Hídricos debido primero a que existe una creciente demanda del uso de este recurso y a su vez su disponibilidad es limitada.

En consecuencia la Dirección General de Aguas y Suelos (DGAS) del INRENA en coordinación con la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay – Huaral han programado realizar el Proyecto de **“Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay – Huaral”** y como parte de él, **El Estudio Hidrológico** en el cual se determinará la Disponibilidad y Demanda Hídrica en la Cuenca y con ello El Balance Hídrico que nos ayuden a definir las mejoras necesarias para obtener un adecuado aprovechamiento de este recurso.

La Disponibilidad Hídrica determinará cuales son los caudales naturales que escurren superficialmente en la cuenca como consecuencia del ciclo hidrológico.

La Demanda Hídrica será analizada tanto en la parte alta y baja de la cuenca. En la parte alta mediante un Inventario de Fuentes de Agua a nivel de comunidades campesinas que abarcan no sólo manantiales si no también lagunas. Y en la parte Baja a nivel del valle que irriga sus terrenos agrícolas con una infraestructuras de Riego.

1.1 Antecedentes

Como antecedente se encuentran diversos Estudios y Proyecto realizados en la Cuenca Chancay – Huaral desarrollados ante la necesidad de hacer mejoras en el uso Racional del Recurso Hídrico, tal es el caso del Estudio Realizado por la ONERN el año de 1969 que constituye el estudio técnico más completo de la Cuenca. Así también se debe mencionar que el Inventario de Lagunas a Nivel Nacional realizado por la ONERN en el año de 1997 constituye una base de datos importante.

1.2 Objetivos

- Realizar actividades tendientes a mejorar la gestión de la cuenca, y evitar en lo posible que el recurso hídrico se convierta en un factor limitante para su desarrollo.

1.3 Base Legal

- Decreto Ley N° 17752 “Ley General de Aguas” y sus reglamentos.
- Decreto Legislativo N° 653 “ Ley de Promoción de la Inversiones en el Sector Agrario” y su reglamento aprobado por D.S. N° 048-91-AG.
- Reglamento de Organización Administrativa del agua, aprobado por D.S. N° 057-2000-AG.
- Reglamento de Tarifas y Cuotas por el Uso del Agua, aprobado por D.S. N° 003-90-AG.
- Normativo para la Formulación de los Planes de Cultivo y Riego, aprobado por R.M. N° 001-74-AG.
- Directiva Administrativa Permanente N° 014-75-DGA “Instructivo para la Elaboración del Inventario de Infraestructura de Riego, Drenaje y de Vías de Comunicación relacionadas con la operación y el Mantenimiento de Distritos de Riego”.
- Directiva General N°018-76-OSPA-OR “Instructivo para la Elaboración y Actualización de Padrones de Uso Agrícola”.

2. INFORMACIÓN BÁSICA

2.1 Información Cartográfica

Carta Nacional

Fuente:	IGN
Formato:	Impreso
Escala:	1/100000
Cartas:	23-i Huaral
	24-i Chancay
	23-j Canta
	23-k Ondores

Carta Nacional (VER ANEXO V - MAPA N° 1)

Fuente:	IGN
Formato:	Digital (abarca toda la cuenca Chancay – Huaral)
Tipo de Archivo:	DXF
Coberturas:	Vías existentes para el transporte terrestre Orografía (Ríos, Lagunas, Nevados, Cordilleras, etc) Topografía (cada 50m) Centros poblados Valles

Mapas del INVENTARIO, EVALUACIÓN Y USO RACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA COSTA VALLE CHANCAY – HUARAL (1969)

Fuente:	ONERN	
Formato:	Imagen escaneada	
Tipo de Archivo:	BMP	
Mapas:	Mapa Climático – Ecológico	Escala 1/150000
	Mapa Geológico – Minero	Escala 1/150000
	Mapa de Grandes Grupos de Suelos y Capacidad de Uso	Escala 1/150000
	Mapa Hidrológico y de Transporte	Escala 1/150000

Cartas del INVENTARIO NACIONAL DE LAGUNAS Y REPRESAMIENTOS (1980)

Fuente:	ONERN		
Formato:	Imagen escaneada		
Tipo de Archivo:	BMP		
Cartas:	23-i	Huaral	Escala 1/200000
	23-j	Canta	Escala 1/200000
	23-k	Ondores	Escala 1/200000

2.2 Información Hidrometeorológica

Se ha recopilado la siguiente información de los estudios técnicos desarrollados anteriormente y se ha adquirido la información faltante del SENAMHI.

La Información Meteorológica consta de 5 estaciones en la cuenca Chancay – Huaral y 5 estaciones en las cuencas aledañas tal como se muestra en el **CUADRO N°01**.

Las estaciones de la Cuenca Chancay – Huaral presentan registros de precipitación diaria (exceptuando la Estación Huayan), mientras que las Estaciones de las cuencas aledañas incluido Huayan presentan registros de precipitación total mensual y máxima en 24hr.

CUADRO N°01: ESTACIONES METEOROLÓGICAS

CODIGO DE ESTACION	NOMBRE DE ESTACION	TIPO DE ESTACION	UBICACION POLITICA			UBICACION GEOGRAFICA			UBICACION HIDROGRAFICA (CUENCA)	AÑOS DE REGISTRO	
			DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD		PRECIPITACION DIARIA	PRECIPITACION MENSUAL Y MAX 24 HR
15203	CARAC	PLUVIOMETRICA	UMA	HUARAL	27 DE NOVIEMBRE	76°47' W	11°11' S	2600	CHANCAY - HUARAL	1966 - 2000	
15209	SANTA CRUZ	PLUVIOMETRICA	UMA	HUARAL	STA. CRUZ DE A.	76°39' W	11°12' S	3700	CHANCAY - HUARAL	1964 - 2000	
15218	PIRCA	PLUVIOMETRICA	UMA	HUARAL	ATAVILLOS ALTO	76°39' W	11°14' S	3035	CHANCAY - HUARAL	1967 - 2000	
15206	PALLAC	PLUVIOMETRICA	UMA	HUARAL	ATAVILLOS BAJO	76°48' W	11°21' S	2303	CHANCAY - HUARAL	1964 - 2000	
154109	HUAYAN	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	UMA	HUARAL	HUARAL	77°07' W	11°27' S	360	CHANCAY - HUARAL		1963 - 2000
155126	PICOY	PLUVIOMETRICA	UMA	HUAYURA	STA. LEONOR	76°44' W	10°56' S	2660	HUAYURA		1967 - 2000
155219	TUPE	PLUVIOMETRICA	UMA	HUAYURA	STA. LEONOR	76°39' W	11°00' S	4450	HUAYURA		1967 - 1990
106207	PACHAMACHAY	PLUVIOMETRICA	UMA	HUAYURA	LEONCIO PRADO	76°50' W	11°03' S	4200	HUAYURA		1970 - 2000
155218	HUARIOS	PLUVIOMETRICA	UMA	CANTA	HUARIOS	76°34' W	11°24' S	3525	CHILLON		1963 - 2000
155133	LOMAS DE LACHAY	PLUVIOMETRICA	UMA	HUAYURA	SAYAN	77°22' W	11°22' S	300	LOMAS DE LACHAY		1961 - 2000

La Información Hidrológica, que consta de 1 estación en la cuenca Chancay – Huaral y 3 estaciones en las cuencas aledañas, se muestra en el **CUADRO N°02**.

La estación de la Cuenca Chancay – Huaral presenta registros de caudales diarios y las Estaciones de las cuencas aledañas presentan registros de caudales medios mensuales. Esta información Hidrométrica fue adquirida de los Estudios desarrollados por la DGAS para la cuenca del Río Cañete y la Cuenca del Río Chancay – Huaral en el año 2001 y 1997 respectivamente, mientras que la información faltante fue adquirida del SENAMHI.

CUADRO N°02: ESTACIONES HIDROLÓGICAS

CODIGO DE ESTACION	NOMBRE DE ESTACION	TIPO DE ESTACION	UBICACION POLITICA			UBICACION GEOGRAFICA			UBICACION HIDROGRAFICA (CUENCA)	AÑOS DE REGISTRO	
			DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (m.s.n.m.)		CAUDAL DIARIO	CAUDAL MENSUAL
202705	SANTO DOMINGO	HIDROMETRICA	UMA	HUARAL	HUARAL	77°03' W	11°23' S	697	CHANCAY - HUARAL	1922 - 1999	
202613	PTE. ALCO	HIDROMETRICA	UMA	HUAYURA	HUAYURA	77°06' W	11°02' S	1000	HUAYURA		1960 - 2000
202805	PTE. MAGDALENA	HIDROMETRICA	UMA	UMA	UMA	75°50' W	11°42' S	1000	CHILLON		1960 - 2000
1	TOMAS INFERIAL - ROSSE	HIDROMETRICA	UMA	CAÑETE	CAÑETE	76°12' W	13°02' S	500	CAÑETE		1935 - 2000

La ubicación de las estaciones tanto meteorológicas como hidrológicas se muestran en el **ANEXO V - MAPA N° 2**.

2.3 Información Climática y Ecológica.

La Clasificación climática de la Cuenca Chancay – Huaral esta basada en los conceptos generalizados de los sistemas originales de los Drs. Warren Thornwaite y Leslie R. Holdrige, el mismo que ha sido utilizado por la ONERN en la elaboración de mapas climáticos del Perú descrito en el informe titulado “Información Básica de los Recursos Naturales en el Perú” de ONERN 1966.

De acuerdo a esta clasificación y considerando el factor altitudinal desde el litoral hasta la divisoria se han identificado cinco tipos climáticos predominantes en la Cuenca del Río Chancay – Huaral que varia desde árido y semi - cálido a pluvial y gélido, con una precipitación pluvial de escasos milímetros en la costa árida y desértica, hasta un promedio estimado de 933mm en el sector de Puna (4800m.s.n.m.); sobre esta altura se presentan precipitaciones en forma de granizo y nevada. Las temperaturas son variables con promedios que van desde los 21°C

en la costa, hasta 0°C en las altas cumbres, y una humedad relativa de 78% en la Costa a 65% en la sierra.

Cada uno de estos tipos climáticos están asociados a una determinada formación ecológica que nos determinan a su vez las zona de vida natural con que cuenta la Cuenca.

A continuación mostramos la Clasificación climática con su correspondiente formación ecológica.

2.3.1 Clima Per-Árido y Semi-Cálido (0 – 2000m.s.n.m).

Sector caracterizado por una extrema sequedad (Cuenca Seca), comprendido entre el litoral y el nivel altitudinal aproximado de 2000m.s.n.m. (comprende a toda la región costera) presenta un promedio anual de precipitación que varía desde **8mm a 36mm**, notándose un claro aumento con el alejamiento del litoral. Las temperaturas varían de **17°C y 24°C**, con un promedio anual cerca al mar de **19°C** y una humedad relativa de **78%**. La Estación invernal es fría, con un alto porcentaje de humedad atmosférica, especialmente en el valle, la cual varía de **80 a 90%**, de verano a invierno.

Las formaciones ecológicas que se encuentran en este sector climático son:

Desierto Sub-Tropical o Desierto Pre-Montano (d-ST)

La vegetación cultivada es diversificada debido a que presenta suelos potencialmente óptimos para el desarrollo agrícola en presencia de abundante agua. No obstante la mayor parte del área está dedicada a 4 cultivos algodón, maíz – chala, cítricos y pomoideos.

Esta formación ecológica está subdividida a su vez en:

Desierto Sub-Tropical propiamente dicho

La vegetación natural, junto al litoral, consiste de especies típicas de los géneros *Distichlis* y *Samicordia* (*grama salada*), constituyendo asociaciones edáficas sobre suelos salinizados. Sobre las dunas de arena, se desarrollan, a expensas de la humedad ambiental, especies de los géneros *Tillandsia* y *Pitcairnia* (*achupallas*) que son plantas perennes sin raíces.

Tendencia a Maleza Desértica Sub-Tropical

En las áreas de mayor elevación (1500 a 2000m.s.n.m.), se aprecia la presencia de *cactáceas* columnares del género *Cereus*, más conocidos como gigantones o candelabros. Estas son plantas perennes y de raíces profundas, que se alimentan de la humedad del Sub-suelo. Se aprecian *arbustos* sólo junto a los cauces de las quebradas como el guarango, molle, sauce, carrizales y gramíneas. Este sector, la vegetación natural presenta una marcada tendencia a la formación Maleza Desértica Sub-Tropical.

Maleza Desértica Sub-Tropical o Matorral Desértico Pre-Montano (md-ST)

Esta es, en realidad una formación micro-ecológica, pues está reducida a un área muy pequeña de la extensión total de la cuenca, situado en el fondo del valle encañonado, entre los 1300 y los 2000m.s.n.m. Tiene su origen en sus condiciones térmicas (18°C) y en su posición relativamente elevada.

Esta formación que está dominada por el patrón climático Per-Árido y Semi-Cálido, presenta la variante de que las escasas precipitaciones

pluviales se concentran en la estación veraniega y alcanzan a tener un uso efectivo en la agricultura de secano. Sin embargo, los factores edáficos, geomorfológicos e hidrológicos se presentan poco favorables, determinando un medio ambiente con ciertas limitaciones para el desarrollo de una agricultura intensiva y diversificada, siendo los principales cultivos que ocupan un área pequeña los frutales (manzano, pero y duraznos) y los cuales se encuentran bajo riego.

La vegetación natural esta integrada básicamente por las mismas especies encontradas en la parte alta de la formación anterior, presentando además, una *vegetación arbustiva* perenne de tipo espinoso y otra *herbácea temporal* que sirve de sustento a una reducida ganadería lanar y bovina.

2.3.2 Clima Semi-Árido y Templado (2000 – 3000m.s.n.m.).

Sector comprendido entre los 2000 a 3000m.s.n.m. que cuenta con una precipitación promedio anual de **300mm** y una humedad relativa de **67%**. Se caracteriza por un período (Mayo – Septiembre) en el cual no ocurren lluvias y un período (Octubre a Abril) de precipitación muy desuniforme. En este sector existe una marcada estación invernal con temperaturas nocturnas que a veces descienden por debajo de los 0°C, dando lugar a la ocurrencia de heladas.

La formación ecológicas que se encuentra en este sector climático es:

Maleza Desértica Montano Bajo o Estepa-Espinosa Montano Bajo (md-MB)

Debido a su clima presenta condiciones poco favorables para su utilización agrícola y/o ganadera. Topografía quebrada, material genético de suelos poco favorables, imposibilidad de riego, lluvias escasas y completamente desuniformes, temperaturas invernales son los rasgos mas saltantes que devalúan el potencial agrícola de esta formación por lo que la vegetación cultivada esta relegada a pequeñas áreas semi-accidentadas de fondo de valle, siendo los principales cultivos los frutales diversos(especialmente duraznos), maíz, papas, arvejas, lentejas y pastos escasos que son aprovechados por el ganado.

La vegetación natural es bastante parecida fisonómicamente a la de las formaciones anteriormente descritas, pero sumamente disminuidas en su vigorosidad por efecto del clima reinante. La planta indicadora por excelencia de esta formación es, indudablemente, *el maguey*, de los géneros Agave y Foucroya, el cual se desarrolla muy vistoso por encontrarse en su medio apropiado. Existe además otras plantas específicas de esta formación, como *la retama* (género Spartium), *taro* (género Caesalpineia) y, en el nivel más bajo (2200m.s.n.m. aproximadamente), *el molle* (género Schinus), gigantones, candelabros, tunas, sauce, carrizos, luquerilas, alisos, nogales, capulí y gramíneas especialmente el picuyo.

2.3.3 Clima Sub-Húmedo y Frío (3000 – 4000m.s.n.m.).

Se presenta en el sector altitudinal comprendido entre las cotas de 3000 a 4000m.s.n.m. con una precipitación promedio de **500mm** anuales, una temperatura promedio de **11°C**, variando sus valores mínimos entre **1.9°C** a **2.6°C** como promedio anual, así mismo tiene humedad relativa de **65% a 67%**. Se caracteriza por sus precipitaciones regulares y temperaturas

netamente frías, las cuales, durante 5 meses al año (Mayo a Septiembre), descienden por debajo de los 0°C, intensas heladas.
La formación ecológicas que se encuentra en este sector climático es:

Estepa Montano y Bosque Húmedo Montano (e-M)

El tipo climático, factores geomorfológicos, hidrológicos y edáfico que domina esta formación, ha creado un medio ambiente bastante favorable para la agricultura andina al punto de que en dicha formación esta ubicada una de las mayores áreas agrícolas de toda la cuenca alta. Siendo la vegetación cultivada básicamente integrada por trigo, cebada, maíz, arveja, habas, olluco, alfalfa y papas. (La agricultura al secano en los alrededores de Pacaraos y Ravira queda reducido a 5 meses del año (Diciembre – Abril), suplementándose el resto del año, térmicamente favorable, con la práctica de riego debido a la desuniformidad de las lluvias).

La vegetación natural esta compuesta por especie sumamente dominantes e invasoras que se adaptan sobre suelos que empiezan a degradarse por sobre pastoreo. Las especies mas comunes son la *tola*, del genero *Lepidophyllum*, arbusto semi-leñoso, resinoso, de sistema radicular profundo, muy poco exigente en suelos, y el *chocho silvestre*, del genero *Lupinus*, planta arbustiva, semi-leñosa, de raíces profundas, adaptable a suelos degradados de laderas.

En el nivel superior aparecen las praderas naturales de gramínea forrajera (Pajinales). Actualmente el potencial forrajero esta degradado y estuvo compuesto por especies muy palatables de los géneros *Stipa*, *Poa*, *Calamagrosti* y *Bromus*, principalmente.

2.3.4 Clima Muy Húmedo y Frígido (4000 – 4800m.s.n.m.).

Es el sector altitudinal comprendido entre los 4000 a 4800m.s.n.m. con lluvias más intensas, estimándose un promedio de **700 a 800mm** de precipitación al año con una distribución menos desuniforme que en las áreas mas bajas. Las temperaturas son extremadamente bajas, promoviendo continuas e intensas heladas imposibilitando el desarrollo de cualquier vegetación cultivada, y su promedio anual esta alrededor de los **6.6°C** llegando en las noches a temperaturas de congelación. La humedad promedio anual es de **68%**.

La formación ecológicas que se encuentra en este sector climático es:

Páramo Sub-Alpino o Páramo muy Humedad Sub-Alpino (p-SA)

Esta formación ecológica tiene un hábitat muy apropiado para el desarrollo de praderas naturales alto-andinas. Por tal razón, en esta formación se halla el mejor potencial forrajero natural de la cuenca constituido exclusivamente por gramíneas . Además cuenta con especies arbustivas y/o arbórea en forma diseminada. En esta zona el pastoreo es intensivo y sin control, y los bosques son explotados indiscriminadamente.

Esta formación ecológica esta subdividida a su vez en:

Páramo Sub-Alpino propiamente dicho

Comprendido entre los 4000 y 4600m.s.n.m

Tendencia a Tundra Pluvial Alpino

Comprendido entre los 4600 y 4800m.s.n.m. El área forrajera es muy similar a la de la formación dominante con la diferencia de que las temperaturas invernales son algo mas bajas.

2.3.5 Clima Pluvial y Gélido – Tundra Pluvial Alpino (4800m.s.n.m – divisoria).

Se da en un área de muy poca extensión, ubicada sobre los 4800m.s.n.m. a lo largo de la divisoria de aguas, con un promedio de precipitación anual superior a 900mm, y una gran proporción de precipitaciones en estado sólido como granizo y nieve, con temperaturas de congelación casi permanente entre los -7°C y 0°C .

La formación ecológicas que se encuentra en este sector climático es:

Tundra Pluvial Alpino (tp-A)

Donde se desarrollan especies vegetales hemicriptofíticas almohadillas a arrosetadas y gramíneas de desarrollo muy reducido.

La clasificación Climático–Ecológica para la Cuenca Chancay – Huaral se puede apreciar en el **ANEXO V - MAPA N° 3** con la siguiente zonificación (**CUADRO N°03**) :

CUADRO N°03: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICO - ECOLÓGICA

TIPO CLIMÁTICO	FORMACIÓN ECOLÓGICA	SUBDIVISION	SÍMBOLO	SUPERFICIE (km²)	PORCENTAJE (%)
PLUVIAL Y GÉLIDO	Tundra Pluvial - Alpino	-		133.8	4.3%
MUY HUMEDO Y FRÍGIDO	Páramo Sub - Alpino	Tendencia a Tundra Pluvial		361.0	11.7%
		Paraná Sub - Alpino (propriadamente dicho)		501.1	16.2%
SUB - HUMEDO Y FRÍO	Estepa Montana	-		376.2	12.2%
SEMI -ARIDO Y TEMPLADO	Maleza Desértica, Montano Bajo	-		423.7	13.7%
PER -ARIDO Y SEMI - CALDO	Desierto Sub - Tropical	Tendencia a Maleza Desértica Sub - Tropical		220.7	7.1%
		Maleza Desértica Sub - Tropical (propriadamente dicho)		46.3	1.5%
		Desierto Sub - Tropical		1032.1	33.3%
				3094.8	100.0%

2.4 Información Geológica.

La información Geológica, obtenida de estudios anteriores, tiene la finalidad de proporcionar el conocimiento geológico de la cuenca como base a ser utilizada principalmente en el desarrollo de la Hidrología del Proyecto.

Se presenta a continuación el (**CUADRO N°04**) resumen de la secuencia estratigráfica conjuntamente con sus unidades litológicas y la evolución de los suelos en estas formaciones.

CUADRO N°04: SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

Era	Sistema	Formación	Urología	Sustrato evolucionado	SUPERFICIE (km²)	PORCENTAJE (%)
CENOZOICO	CUATERNARIO	ROCA SEDIMENTARIA				
		Depósitos Eólicos (Qe). Cubierta de arena (Dunas, barcanas, monadnocks)	Arenas de playa de composición diversa; grano medio a fino	Suelos de espesores variables muy permeables	91.8	3.0%
		Depósitos Marinos (Qm). Pequeñas terrazas marinas y lomos de playa	Arenas semi-consolidadas, lentes de conglomerados y restos de conchas marinas.		3.6	0.1%
		Depósitos Fluviales (Qal). Planicie y áreas aluviales recientes; incluye un sistema de 5 terrazas	Arcillas, arenas, gravas y rodados, derivados de rocas ígneas, dioritas principalmente		231.6	7.5%
		Depósitos Alternos (Qa). (Fluviales y Eólicos) En los cursos de agua intermitente; incluye depósitos de piedemonte	Arena, grava, arcilla y arena eólica. Los piedromontes consisten de grava, fragmentos angulosos y arena gruesa residual		20.8	0.7%
	TERCIARIO	Serie Volcánica Superior. (Tsa) Cubren las formaciones pre-existentes en las zonas Pie-Andina y Andina	Demases de lavas y aglomerados; colores gris y mamón	Suelos residuales arcillosos de extensión limitada	1215.5	39.3%
		Serie Abigarrada (Taa). Colores diversos	Demases volcánicos; areniscas, lutitas, conglomerados y calizas inter-estratificadas	Suelos de espesor y extensión limitada	6.1	0.2%
		Capas Rojas (Tcr). Zona Andina	Lutitas y Limolitas de color rojo		18.6	0.6%
MESOZOICO	CRETACEO MEDIO - SUPERIOR	Formación Machay (Km). Zona Andina	Calizas macizas de colores grises y negruzcos; estratificados	Suelos arcillosos y arenos-arcillosos de extensión limitada	335.2	10.6%
	CRETACEO INFERIOR	Formación Geyllarisquizga. (Kq) Zona Andina	Areniscas y cuarcitas, principalmente lutitas, limolitas y calizas inter-estratificadas	Las areniscas y cuarcitas han evolucionado a suelos residuales arenosos y pedregosos. Las lutitas y calizas han evolucionado a suelos arcillosos de extensión limitada	267.7	8.6%
	JURASICO SUPERIOR - CRETACEO	Formación Puente Piedra. (Jp) Zona de la Costa	Demases volcánicos estratificados de composición andesítica, color gris verdoso. Lutitas en la base	Suelos de poco desarrollo	18.1	0.6%
	ROCAS INTRUSIVAS					
	CRETACEO - TERCIARIO	Batolito Andino (Kti). Rocas ígneas de composición intermedia básica	Dioritas, tonalitas y granodioritas. Lamprofidos y pegmatitas en forma de diques y sills		887.9	26.7%
					3094.8	100.0%

FUENTE: ONERN, "INVENTARIO DE EVALUACIÓN Y USO RACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA COSTA VALLE CHANCAY - HUARAZ" (Código A/S/L) 1988

La información Geológica queda zonificada en la cuenca tal como se aprecia en el cuadro anterior y en el **ANEXO V - MAPA N° 4**.

2.5 Información de Suelos.

La información de suelos obtenida del estudio realizado por la ONERN en 1969 nos brindan una idea generalizada de los suelos en toda la cuenca y esta representada mediante 07 unidades cartográficas amplias denominadas Asociaciones de Suelos y como unidades taxonómicas de abstracción, los Grandes Grupos de Suelos (**VER CUADRO N°05**) agrupados de dos a más por cada asociación, además se ha añadido las clases de capacidad de uso dominantes (**VER CUADRO N°06**) dentro de cada asociación, a fin de señalar el potencial agropecuario general de cada una de ellas .

CUADRO N°05: GRUPOS DE SUELOS

Grupo de Suelo	Subdivisión	Capacidad de Uso	Extensión	Descripción
Formación Lítica	-	VII	Dominante entre los 500 y los 2500m s.n.m., en donde aparecen fuertemente inter-asociados con los Litosoles Desérticos.	Exposiciones de roca viva o afloramiento rocoso y escombros o detritus poco consolidados.
Litosol (Litosuelos)	Litosol Desértico	VII	Tapiza junto con la formación lítica, la porción inferior del flanco occidental andino desde los 300 - 500m s.n.m., comprendiendo los ramales y estribaciones más bajas de la Cordillera Occidental, hasta los 2500 - 2900m s.n.m.	Perfil (AYC con un horizonte A delgado, pálido (cénico) y generalmente gravo-pedregoso, que descansa sobre roca consolidada o detritus rocosos. Bajo condiciones climáticas áridas no tiene potencialidad agrícola.
	Litosol Andino	VII	Se extiende desde los 2500 - 2900m s.n.m., con su límite inferior en contacto con los Litosoles Desérticos, hasta los 4500 - 4700m s.n.m., en donde se verifica su unión con las formaciones nivales o puramente líticas.	Perfil (AYC con un horizonte A delgado, poco desarrollado relativamente oscuro por el mayor contenido de materia orgánica, en contraste con los litosoles desérticos, que descansa sobre roca consolidada o detritus rocosos.
Regosol	Regosol Húmedo (Irregado)	III	Están distribuidos dentro del área agrícola del valle Chancay - Huaral.	Perfil (AYC con horizonte A débilmente desarrollado, pálido (cénico), superficial, predominantemente mineral, no pedregoso, que se grada a materiales no consolidados. Son de morfología arenosa y profunda hasta más de 1.20m. Denominados tentativamente húmedos por haberse subsanado su condición original árida mediante el riego permanente.
	Regosol Desértico (Seco)	III y IV	Constituyen los extensos depósitos eólicos en los cuales se incluyen las dunas (arenas secas).	Perfil (AYC con horizonte A delgado, muy débilmente esbozado, pálido cénico, generalmente mineral, no pedregoso, que grada a materiales no consolidados. Son de morfología arenosa (arena media, variando a gruesa) y suelta, profundos.
Suelos Aluviales	Aluvial Irregado	I y II	Se distribuyen, en su mayor extensión, dentro del área agrícola del Valle Chancay - Huaral.	Perfiles (A)C con horizonte A débilmente desarrollado, presentando espesores y contenido orgánico variable, y grada a un material mineral de rasgos morfológicos no diferenciados. Morfología estratificada formada por depósitos recientes de origen fluvial o marino. En ciertas áreas se producen Aluviales Salino o Halomórficos debido al mal drenaje en suelos Aluviales irregados.
	Aluvial Desértico	VII		Perfil (AYC con horizonte A delgado, pálido (cénico) y descansa sobre una sección mineral, estratificada a base de texturas y espesores de variables, predominando las fracciones gruesas, además de gravas, cascajo y pedras. Suelos de morfología netamente esquelética y fragmentaria. Existe una mínima cantidad de terrenos que permite la fijación de cultivos temporales, bajo prácticas intensivas y superación de condiciones climáticas áridas mediante el riego (Clase IV).
Suelos Pardos	-	Buena Productividad una vez subsanada la condición árida mediante la irrigación permanente.	Se distribuyen entre los 1000 y 2500m s.n.m., ocupando pequeñas áreas diseminadas y situadas en posiciones elevadas, fuera de la influencia modificatoria de los ríos.	Perfiles A(B)C con horizonte A1 delgado, vesicular, de bajo contenido orgánico, que descansa sobre un B cámbico o incipiente. Estos suelos son franco arenoso grueso, granular. Se desarrollan en condiciones de andez y semi-andez, por lo que el suelo permanece seco la mayor parte del año.
Suelos Castaños	-	Buena Productividad, siendo aptos para propósitos agrícolas intensivos y permanentes. Como permanecen secos durante una parte del año, requieren de riego complementario a fin de mantener producciones continuas y elevar su eficiencia agrícola.	Se distribuyen entre los 3200 a los 4000m s.n.m.	Perfiles ABC con horizonte A pardo rojizo oscuro, granular y dotado de material orgánica, que descansa sobre un horizonte B argilúvico. Aquí se incluyen los suelos Castaños Calcíneos, caracterizados por presentar calcáreo en todo el perfil, es decir, encima del horizonte eslico.
Paramo Andino (Paramosol)	-	El potencial agrícola de este suelo es muy limitado, quedando relegado para sustentar una actividad pecuaria extensiva y temporal.	Se distribuyen entre los 4000 y 4700m s.n.m., cotas en las que se realiza su contacto con suelos litosólicos o formaciones puramente líticas y nivales.	Perfil AC con un horizonte A oscuro y prominente, ácido y con materia orgánica. Este suelo franco-arenoso a franco-gravoso ha desarrollado bajo condiciones climáticas frío-húmedas a sub-húmedas.

FUENTE: ONERN, "INVENTARIO DE VALUACION Y USO RACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA COSTA VALLE CHANCAY - HUARAL" (Año 1994) pág. 85-86; Llan 1995

CUADRO N°06: GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO

Grupo	Características Generales
I - IV	Tierras arables y apropiadas para cultivos temporales, permanentes y ganadería. Las limitaciones e intensidades de práctica de manejo aumentan en grado de la clase I a la IV
V - VI	Tierras arables apropiadas para cultivos permanentes, ganadería y forestales
VII	Tierras con severas limitaciones apropiadas exclusivamente para pastoreo extensivo y forestal
VIII	Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni forestales

FUENTE: ONERN, "INVENTARIO, EVALUACIÓN Y USO RACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA COSTA VALLE CHANCAY - HUARAL" (Mapa de Grandes Grupos de Suelo y Capacidad de Uso), Lima 1988

La información de Suelos queda zonificada en la cuenca tal como se muestra en el **ANEXO V - MAPA N°5** determinándose la siguiente distribución (**CUADRO N°07**):

CUADRO N°07: ASOCIACIÓN DE SUELOS

Asociación	SUPERFICIE (km²)	PORCENTAJE (%)
Lítico, Litosol Desértico y Regosol Desértico (seco)	488.0	15.8%
Lítico, Litosol Desértico y Suelos Pardos	598.8	19.3%
Lítico, Litosol Desértico, Suelos Pardos y Castaños	410.9	13.3%
Litosol Andino y Suelos Castaños (Castaño Rojizo)	448.7	14.5%
Páramo Andino, Litosol Andino y Nival	906.7	29.3%
Regosol Desértico y Aluvial Desértico	142.1	4.6%
Suelos Aluviales y Regosoles	98.6	3.2%
	3064.8	100.0%

Adicionalmente se presentan las áreas con cultivo a nivel de cuenca de manera muy general en base a la información que se aprecian en la carta Nacional digitalizada bajo la cobertura vegetación (**VER ANEXO V - MAPA N° 6**) esta área representa el 0.2% del área total de la cuenca tal como se aprecia en el **CUADRO N°08**.

CUADRO N°08: ÁREAS DE CULTIVO

ÁREAS DE CULTIVO	SUPERFICIE (km²)	PORCENTAJE (%)
Zonas de vegetación dentro del cual se desarrolla la agricultura	6.6	0.2%
Sin reconocer	3068.0	99.8%
TOTAL	3064.8	100.0%

2.6 Estudios Anteriores Realizados

Para el desarrollo del presente Proyecto se contó con las siguientes referencias:

- En el año de 1969 la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN presentó el “Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa Valle Chancay – Huaral”
- En el año de 1976, la aquel entonces Dirección General de Aguas e Irrigaciones, realizó un diagnóstico del Distrito de Riego Chancay-Huaral.
- En el año de 1980 la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN presentó el “Inventario Nacional de Lagunas y Represamientos”. En este Inventario se encuentran las lagunas de la cuenca en estudio.
- En 1981, la Dirección de Aguas, a través de la Dirección de Aprovechamiento de Aguas, ejecuta el Inventario y Evaluación de las Fuentes de Agua Subterránea en el valle Chancay-Huaral.

- En el año 1985, dentro del Plan Nacional de Rehabilitación de Tierras Costeras-PLAN REATIC, se considera el proyecto de Rehabilitación del valle Chancay-Huaral, conocido como PLAN REATIC III, solicitando para el efecto la cooperación técnica del gobierno Japonés.
- En el año 1990, la Administración Técnica, realizó el inventario de la infraestructura de riego y drenaje del valle Chancay-Huaral, con fondos provenientes del 5%, y participación de la Junta de usuarios y Comisiones de Regantes; el mismo que es actualizado para el año 1992, con trabajos financiados íntegramente con fondos propios de la Administración Técnica.
- En 1996, la Dirección General de Aguas y Suelos del INRENA, en coordinación con la Administración Técnica, llevaron adelante el Plan de Reordenamiento de los Recursos Hídricos de la cuenca Chancay- Huaral, con fondos provenientes del 30% de los recursos de la tarifa de agua de los usos no agrarios.

3. UBICACIÓN Y SUPERFICIE

3.1 Ubicación Geográfica

La Cuenca del Río Chancay – Huaral se ubica en la parte norte del departamento de Lima, entre los paralelos 11°01 y 11°38 de latitud sur y los meridianos 76°29 y 77°16 de longitud Oeste, teniendo como límites:

Por el Norte: Cuenca del Río Huaura e Intercuencas

Por el Este: Cuenca del Río Mantaro

Por el Sur: Cuenca del Río Chillón

Por el Oeste: El Océano Pacífico

3.2 Ubicación Política

Políticamente la cuenca se ubica en el departamento de Lima abarcando las provincias de Huaral y parte de la Provincia de Lima. **VER ANEXO V - MAPA N° 7**

3.3 División Hidrográfica.

Hidrográficamente la Cuenca Chancay – Huaral se ha delimitado en 8 Subcuencas Principales, 6 de las cuales son Subcuencas tributarias:

- Vichaycocha,
- Baños,
- Carac,
- Añasmayo
- Huataya
- Orcon

y 2 de ellas conforman el cauce principal

- Subcuenca Media (hasta la Estación Hidrométrica de Santo Domingo)
- Subcuenca Baja (de la Estación Santo Domingo hasta su desembocadura)

VER ANEXO V - MAPA N° 8

3.4 Superficie de la Cuenca.

El área que encierra la cuenca desde sus orígenes hasta la entrega de aguas del Río Chancay – Huaral al Océano es de 3094.82km² con un perímetro de 327.98km.

El área que encierra hasta la estación hidrométrica de Santo Domingo es de 1850.31km² y el área que comprende la cuenca húmeda o productora del recurso (arriba de los 2400msnm) es de 1621.32km²

En el **CUADRO N°09** se especifican las áreas y perímetros de acuerdo a la Subcuenca que le corresponden.

CUADRO N°09: SUPERFICIE DE LA CUENCA

PARAMETRO GEOMORFOLÓGICO	PERÍMETRO (km)	ÁREA DE LA CUENCA SECA (km ²)	ÁREA DE LA CUENCA HÚMEDA (km ²)	SUPERFICIE TOTAL (km ²)	PORCENTAJE (%)
SUBCUENCA ORCON	132.58	502.94	108.69	611.63	19.76%
SUBCUENCA AÑASMAYO	70.63	34.53	167.61	202.14	6.53%
SUBCUENCA HUATAYA	75.51	45.41	88.69	134.10	4.33%
SUBCUENCA CARAC	86.13	14.93	281.40	296.33	9.58%
SUBCUENCA VICHAYCOCHA	90.60	0.00	321.69	321.69	10.39%
SUBCUENCA BAÑOS	81.41	0.00	264.97	264.97	8.56%
CUENCA INTERMEDIA	201.21	261.66	389.41	651.07	20.39%
CUENCA BAJA	196.68	614.03	18.66	632.69	20.45%
CUENCA	327.98	1473.58	1621.32	3094.82	100.00%
CUENCA HASTA STO. DOMINGO		366.54	1493.78	1850.31	

VER ANEXO V - MAPA N°8

4. SISTEMA HIDROGRAFICO Y CUENCA

4.1 Sistema Hidrográfico

La Cuenca Hidrográfica del Río Chancay – Huaral conforma un Sistema Hidrográfico complejo que da origen al Río del mismo nombre. Este Río nace en la Subcuenca del Río Vichaycocha y recibe a lo largo de su recorrido los aportes de las Subcuencas Tributarias.

El primer aporte es de la Subcuenca del Río Baños en la parte alta de la cuenca para luego recibir los aportes de las Subcuencas de los Ríos Carac, Añasmayo, Huataya y Orcon, además reciben también el aporte de pequeñas microcuencas repartidas en la Subcuenca Media y Baja. **VER ANEXO V - MAPA N°9**

Una vez que el Río Chancay – Huaral se une con el Río Baños, en la localidad de Tingo, aguas abajo de la población de Ravira ubicada a 2700m.s.n.m., efectúa su recorrido en dirección NE – SO hasta desembocar en el Océano Pacífico, al Sur de la localidad de Chancay.

Los Recursos Hídricos Superficiales de la Cuenca Chancay – Huaral son almacenados y transportados, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, por una serie de Lagunas, Quebradas, Ríos y Puquiales. Estas formaciones naturales han sido reconocidos mediante El Inventario de los Recursos Hídricos Superficiales en la parte alta de la Cuenca Chancay - Huaral (**VER ANEXO I - 8**). Para un mejor entendimiento describiremos primero de manera general cada una de estas formaciones naturales para luego hacer la descripción por cada Subcuenca.

4.1.1 Nevados y Glaciares.

Acumulaciones de agua en estado sólido producto de la precipitación de nieve y granizo. Estas acumulaciones ocurren en los picos más elevados por lo general en la divisoria de la cuenca entre 4800 a más m.s.n.m.

Aportan agua a Lagunas, quebradas y ríos.

4.1.2 Lagunas

Fuentes de Agua natural producto de precipitaciones y deshielos de glaciares que son almacenadas, dando lugar a grandes espejos de agua. Las lagunas son las que aportan a las quebradas y ríos pero también son aportadores del acuífero.

4.1.3 Quebradas

Son cursos de agua superficial propios de los primeros ordenes de la clasificación ordinal que pueden ser de caudales pequeños, pendientes de moderadas a fuerte, periodos irregular (en tiempos de estiaje se secan), régimen torrencioso, con aporte flujo de escombros. Las quebradas reciben el aporte de Puquiales y Lagunas.

4.1.4 Ríos

Son los curso de agua principal propios de los últimos ordenes de la clasificación ordinal que presentan caudales mayores, de pendientes menores, régimen de torrencioso a subcrítico y de periodos permanentes. Los ríos reciben el aporte de Lagunas, Quebradas y Puquiales.

4.1.5 Puquiales

Se les denomina puquiales a todas las fuentes de agua producto de filtraciones que emergen de las aguas subterráneas para contribuir al aporte de las Quebradas y Ríos. Existen puquiales cuyo afloramiento es de aguas termales por lo que reciben el nombre de BAÑOS.

4.2 Subcuencas Tributarias

Esta conformado por 7 Subcuencas que a continuación describimos:

4.2.1 Subcuenca Vichaycocha.

La Subcuenca de Vichaycocha se localiza al Nor-oeste de la cuenca Chancay – Huaral aproximadamente entre Las Pampas de Antajirca y Cordillera de Puajanca a la cota de 5000m.s.n.m. hasta la localidad de Tingo situado a un nivel de 3000m.s.n.m.

Esta conformado por dos microcuencas cada una de las cuales con su respectivo sistema de lagunas abastecidas de la cordillera de Puajanca.

- ***Microcuenca del Río Vichaycocha.***

Esta Microcuenca tiene en sus orígenes (Pampas de Antajirca) un Sistema de Lagunas (producto de la precipitación y deshielo de la cordillera de Puajanca) conformada por las siguientes lagunas: Rahuite Grande, Rahuite Chico, Chalhuacocha Grande, Chalhuacocha Chico, Azulcocha y Verdecocha.

Además del sistema de lagunas descrito anteriormente, se destacan La Quebrada Jolpampampa y el Río Shipre donde sus caudales en época de estiaje están en el orden de hasta 50 l/s, y en épocas de grandes

avenidas llegan a triplicarse; y otras quebradas tributarias pequeñas que están en el orden de hasta 10 l/s en épocas de estiaje.

- ***Microcuenca del Río Chicrín.***

El aporte de esta Microcuenca, al igual que la anterior Microcuenca, es de las Lagunas existentes producto de los deshielos de la cordillera de Puajanca, siendo las principales: Marca, Pampa, Cacray, Soco, Yuncan. Asimismo también tienen el aporte de pequeñas quebradas tributarias.

Los recursos hídricos de estas microcuencas llegan a unirse a la altura de unos baños termales conocidos como Los Baños de Collpa, perteneciente a la comunidad campesina Santa Catalina (estos baños tienen presencia de alto contenido de azufre); aguas más abajo tienen el aporte de otras quebradas pequeñas hasta su desembocadura en la localidad de Tingo.

Dando un aporte neto aproximado de 5 m³/s en época de estiaje a esta última localidad de Tingo, donde sus aguas derivan al Río principal en la Subcuenca Media.

4.2.2 Subcuenca Baños.

La Subcuenca Baños se localiza al Nor-este de la cuenca Chancay – Huaral aproximadamente entre la cordillera de Puajanca y el nevado de Alcay a un nivel de 5000m.s.n.m. hasta la localidad de Tingo a los 3000m.s.n.m.

Esta conformado por dos microcuencas cada una de las cuales con su respectivo sistema de lagunas abastecidas de la cordillera de Puajanca y el nevado de Alcay en la divisoria de aguas.

- ***Microcuenca del Río Baños.***

Esta Microcuenca tiene su origen en la cordillera de Puajanca y el nevado de Alcay formando en esta zona un sistema de Lagunas producto de la precipitación y deshielo de la cordillera Puajanca, siendo las principales lagunas: Huantush, Yanacocha, Ocruyoc, Vilcacocha, Hahuashuaman (Capilla), etc. También existe las pequeñas quebradas que se suman como un aporte a esta Microcuenca con caudales de hasta 10 l/s y la quebrada Sango con 21 l/s (época de estiaje).

- ***Microcuenca del Río Quiles.***

Al igual que la anterior Microcuenca, el aporte es de las Lagunas existentes producto de los deshielos del Nevado Alcay, siendo las principales: Parcash Alto, Parcash Bajo, Uchu Machay, Yanauyac, Quisha, Lichicocha, etc., y de otras pequeñas quebradas tributarias.

Los recursos hídricos de estas dos microcuencas se unen en la localidad de Quiles donde el Río Baños alcanza su máximo caudal, más abajo encuentra el aporte de otras quebrada de menor orden, hasta su desembocadura en la localidad de Tingo.

Dando un aporte neto aproximado de 5 m³/s a esta última localidad de Tingo, donde sus aguas derivan al Río principal en la Subcuenca Media.

4.2.3 Subcuenca Carac.

La Subcuenca de Carac se localiza aproximadamente entre las cotas de 4800m.s.n.m. hasta los 1600m.s.n.m. en la comunidad de Acos.

Esta conformado por dos microcuencas, siendo la precipitación pluvial el principal aporte con el que cuentan.

- **Microcuenca del Río Carac.**

Esta Microcuenca esta compuesta por aportes de quebradas tributarias hacia el Río Carac en todo su recorrido. Existe también la Laguna Quiman que en épocas de estiaje su aporte es nulo.

- **Microcuenca del Río Coto.**

El principal aporte que recibe es de las quebradas tributarias.

Estas dos microcuencas llegan a confluir en la parte baja de las comunidades de Carac y Coto donde se observa el verdadero caudal del Río Carac. Aguas abajo siguen teniendo el aporte de pequeñas quebradas hasta su desembocadura al Río Chancay – Huaral (Subcuenca media) a la altura de la comunidad campesina Acos.

Dando un aporte neto aproximado de 1.2 m³/s al Río Chancay – Huaral en época de estiaje.

4.2.4 Subcuenca Añasmayo.

La Subcuenca de Añasmayo se localiza aproximadamente entre las cotas de 4800m.s.n.m. en la naciente del Río Añasmayo y La Quebrada Honda hasta la localidad Añasmayo que se encuentra a un nivel 1200m.s.n.m.

Esta Subcuenca esta conformado por dos microcuencas, siendo las precipitación pluvial el principal aporte con el que cuentan.

- **Microcuenca del Río Añasmayo.**

Esta Microcuenca tiene como principal aporte a las quebradas tributarias que son del orden de hasta 10 l/s y de las cuales podemos diferenciar a las quebradas Quipacaca y Pariapunco que presenta caudales mayores de 10 l/s en épocas de estiaje.

- **Microcuenca de la Quebrada Honda.**

Al igual que la Microcuenca anterior el principal aporte que recibe es de las quebradas tributarias; pudiendo diferenciar de estas a dos: la Quebrada Azulcocha cuyas aguas provienen de una laguna del mismo nombre y la Quebrada Yanaraman donde de igual manera sus aguas provienen de la laguna Yanaraman, en estas épocas (noviembre) sus aportes son casi nulos.

Ambas microcuencas llegan a confluir debajo de la comunidad de San Agustín. Para luego seguir recibiendo aportes de quebradas hasta desembocar al Río Chancay – Huaral en la Subcuenca Media con un aporte de 0.005m³/s en épocas de estiaje.

4.2.5 Subcuenca Huataya.

La Subcuenca de Huataya se localiza aproximadamente entre las cotas de 4800m.s.n.m. hasta la localidad Chala Alta a un nivel de 900m.s.n.m.

Esta Subcuenca presenta un único aporte que es de la precipitación pluvial, y por medio de las quebradas canalizan la precipitación hacia el Río Huataya, para luego esta desembocar en el Río Chancay – Huaral (Subcuenca media) a la altura de la localidad de Chala Alta.

4.2.6 Subcuenca Orcon.

Esta conformada por dos microcuencas, siendo la precipitación pluvial el principal aporte con el que cuentan.

- Microcuenca del Río Seco. Esta conformado por las quebradas tributarias de periodo irregular.
- Microcuenca de la Quebrada Orcon. Esta conformado por las quebradas tributarias.

Deriva al Río principal en la Subcuenca Baja, aguas debajo de la Estación Hidrométrica de Santo Domingo.

4.2.7 Subcuenca Media.

La Subcuenca Media se localiza aproximadamente entre la localidad de Tingo a unos 3000m.s.n.m. hasta el nivel de 600m.s.n.m. en la localidad de Quipullin.

Esta conforma el río principal de la Cuenca Chancay - Huaral desde la confluencia de Vichaycocha con Baños hasta la Estación Santo Domingo. Esta conformado por varias microcuencas a lo largo de su recorrido, siendo su principal aporte la precipitación pluvial y estando entre las más importantes:

- ***Microcuenca de Chilamayo.***
Pertenece a la comunidad de Pirca, donde su aporte principal proviene de las quebradas tributarias.
- ***Microcuenca de Chuncurmayo.***
Pertenece a la comunidad de Huarochiri, donde su aporte principal proviene de las quebradas tributarias.
- ***Microcuenca de Mihua***
Pertenece a la comunidad de Huaschoy, donde su aporte principal proviene de las quebradas tributarias y de la Laguna Cancau a través de la quebrada del mismo nombre.
- ***Microcuenca de Lampián***
Pertenece a la comunidad de Lampián, donde su aporte principal proviene de las quebradas tributarias y particularmente de dos quebradas que son la Quebrada Nunumbia y la Quebrada Chaquicocha que trae aguas de una pequeña laguna del mismo nombre.
- ***Microcuenca de Callantama.***
Pertenece al Caserío de la comunidad de Lampián “Callantama”, donde su aporte principal proviene de las quebradas tributarias.

4.2.8 Subcuenca Baja.

Conforma el río principal de la Cuenca Chancay – Huaral desde la Estación Santo Domingo hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Con escasa precipitación pluvial, conformado por algunas microcuencas a lo largo de su recorrido entre las que destaca:

- Microcuenca de Lumbré.

Desemboca al Océano Pacífico.

Del Sistema Hidrográfico descrito con ayuda de la Evaluación de campo realizada se ha considerado de mayor importancia para fines de este estudio aquellas subcuencas que se encuentran por encima de la Estación Santo Domingo, siendo entonces sólo mencionadas las subcuencas Baja y de Orcon que no cuentan con evaluación de campo.

4.3 Características Fisiográficas de la Cuenca

Para poder determinar cual es el comportamiento que presenta los curso de agua superficial es necesario determinar los parámetros geomorfológicos correspondientes a la Cuenca Hidrográfica y que a continuación presentamos.

4.3.1 Clasificación Ordinal de los ríos

La clasificación ordinal de los ríos esta en función al orden de un río, y el orden de un río esta determinado por el orden de sus tributarios menores que a su vez cada uno de ellos posee los suyos y así sucesivamente hasta llegar al último orden de la red de drenaje que es igual a 1. El orden de una cuenca hidrográfica esta dado por el número del orden del cauce principal, siendo la Cuenca Chancay – Huaral de orden 6.

En el **CUADRO N°10** se muestra la clasificación Ordinal detallada por Subcuenca y por orden, así mismo se presenta el **ANEXO V - MAPA N°10** correspondiente a ello.

CUADRO N°10: CLASIFICACIÓN ORDINAL Y FRECUENCIA DE LOS RÍOS

SUBCUENCA	ORDEN 1	NÚMERO DE RÍOS	LONGITUD DE RÍOS (km)	ORDEN 2	NÚMERO DE RÍOS	LONGITUD DE RÍOS (km)	ORDEN 3	NÚMERO DE RÍOS	LONGITUD DE RÍOS (km)	ORDEN 4	NÚMERO DE RÍOS	LONGITUD DE RÍOS (km)	ORDEN 5	NÚMERO DE RÍOS	LONGITUD DE RÍOS (km)	ORDEN 6	NÚMERO DE RÍOS	LONGITUD DE RÍOS (km)	ORDEN DE LA CUENCA	NÚMERO TOTAL DE RÍOS	LONGITUD TOTAL DE RÍOS (km)	FRECUENCIA DE LOS RÍOS (RÍOS/km²)
SUBCUENCA ORCON	1	122	285.81	2	57	86.44	3	25	41.43	4	31	38.88	5	6	8.30	0	0.00	0	0.00	240	492.84	0.39
SUBCUENCA AÑASMAYO	1	30	69.03	2	13	25.94	3	15	24.47	4	0	0.00	5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	58	119.44	0.29
SUBCUENCA HUATAYA	1	12	34.65	2	7	23.22	3	6	10.75	4	0	0.00	5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	25	68.62	0.15
SUBCUENCA CARAC	1	38	91.04	2	22	32.37	3	13	23.01	4	2	9.95	5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	75	156.37	0.25
SUBCUENCA VIDHAYCOCHA	1	48	86.78	2	21	33.87	3	6	13.23	4	8	18.56	5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	83	154.45	0.26
SUBCUENCA BAÑOS	1	40	62.85	2	13	25.58	3	11	15.56	4	5	8.30	5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	69	113.33	0.26
SUBCUENCA MEDIA	1	75	217.35	2	29	65.59	3	9	21.60	4	0	0.00	5	39	53.50	0	0.00	0	0.00	152	358.05	0.24
SUBCUENCA BAJA	1	77	222.63	2	40	76.13	3	21	37.46	4	2	6.15	5	5	17.56	5	4	18.21	6	153	300.14	0.24
CUENCA	1	442	1072.20	2	202	372.10	3	106	187.61	4	48	81.82	5	53	79.36	4	18.21	4		855	1811.24	0.28

4.3.2 Frecuencia de los ríos

Esta dado por el número total de ríos dividido con el área de la cuenca. Se mide en ríos/km².

Para la cuenca Chancay – Huaral la Frecuencia de los ríos es de 0.28 ríos/km²

En el **CUADRO N°10** se muestra la frecuencia de los ríos por Subcuenca, así mismo se presenta el **ANEXO V - MAPA N°10** correspondiente a ello.

4.3.3 Longitud del Cauce Principal

Esta definido por el curso de agua dentro de una cuenca que alcanza la mayor longitud.

Para la cuenca Chancay – Huaral la longitud del cauce principal es de 120.07km.

En el **CUADRO N°11** se muestra las longitudes principales determinadas por subcuenca.

CUADRO N°11: CAUCE PRINCIPAL

SUBCUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (km)
SUBCUENCA ORCON	53.52
SUBCUENCA AÑASMAYO	29.05
SUBCUENCA HUATAYA	32.83
SUBCUENCA CARAC	33.83
SUBCUENCA VICHAYCOCHA	30.81
SUBCUENCA BAÑOS	24.79
CUENCA INTERMEDIA	53.50
CUENCA BAJA	36.76
CUENCA (VICHAYCOCHA + INTERMEDIA + BAJA)	120.07

VER ANEXO V - MAPA N°11

4.3.4 Rectángulo Equivalente

Mediante este parámetro se determina la longitud mayor y menor que tienen los lados de un rectángulo cuya área y perímetro son los correspondientes al área y perímetro de la cuenca. Una vez identificado el Rectángulo Equivalente las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor.

Se debe cumplir:

$$\begin{aligned} L \times l &= A \\ 2(L + l) &= P \end{aligned}$$

Donde:

L : longitud del lado mayor del rectángulo equivalente

l : longitud del lado menor del rectángulo equivalente

Del **CUADRO N°12** se determina que $L = 142.23\text{km}$ y $l = 21.76\text{km}$

CUADRO N°12: RECTÁNGULO EQUIVALENTE

Perimetro de la Cuenca (km)		327.96	
RANGO	AREA (km²)	LADO MENOR (m)	LADO MAYOR (m)
000.200	83.31	21.76	3.83
200.400	123.92	21.76	5.70
400.600	134.39	21.76	6.19
600.800	144.96	21.76	6.66
800.1000	160.37	21.76	7.37
1000.1200	170.36	21.76	7.83
1200.1400	151.69	21.76	6.97
1400.1600	117.69	21.76	5.41
1600.1800	103.20	21.76	4.74
1800.2000	98.18	21.76	4.51
2000.2200	95.79	21.76	4.40
2200.2400	89.74	21.76	4.12
2400.2600	86.63	21.76	3.98
2600.2800	83.33	21.76	3.83
2800.3000	78.34	21.76	3.60
3000.3200	79.56	21.76	3.66
3200.3400	72.68	21.76	3.35
3400.3600	72.01	21.76	3.31
3600.3800	71.74	21.76	3.30
3800.4000	60.64	21.76	3.71
4000.4200	95.86	21.76	4.41
4200.4400	138.66	21.76	6.37
4400.4600	265.38	21.76	12.20
4600.4800	362.56	21.76	16.66
4800.5000	125.22	21.76	5.75
5000.5200	8.00	21.76	0.37
5200.5400	0.61	21.76	0.03
CUENCA	3094.62	21.76	142.23

4.3.5 Altitud Media de la Cuenca

Determinado por la ponderación de las áreas que comprenden las curvas de nivel equidistantes.

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * A_i}{A} \quad (\text{m})$$

Donde:

C_i : Cota media del intervalo i (m)

A_i : Area del intervalo i (km)

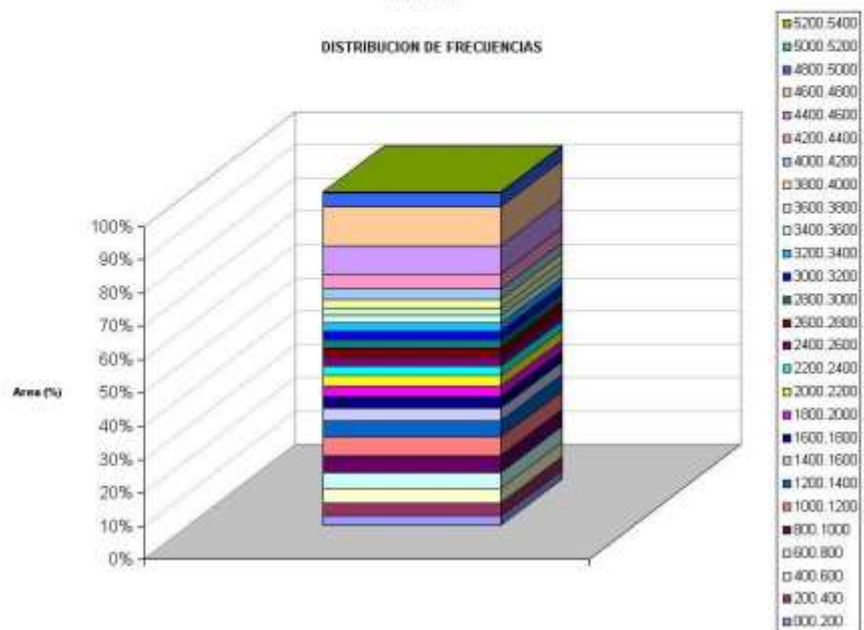
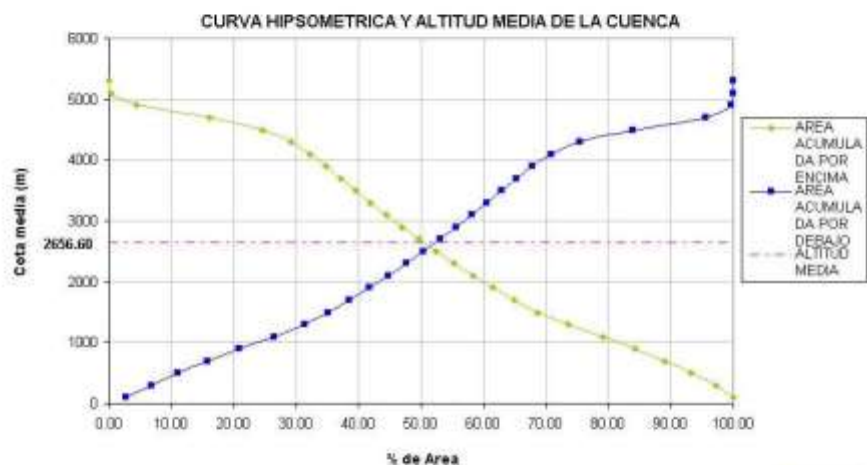
A : Area de de la cuenca (km)

Del **CUADRO N°13** se determina que $H = 2656.60\text{m}$
VER ANEXO V - MAPA N°11

CUADRO N°13: CURVA HIPSONOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA

RANGO	COTA MEDIA DEL INTERVALO (m)	AREA		COTA MEDIA X AREA (%)	AREA ACUMULADA POR DEBAJO		AREA ACUMULADA POR ENCIMA	
		km²	%		km²	%	km²	%
000.200	100	83.31	2.69	2.69	83.31	2.69	3094.82	100.00
200.400	300	123.92	4.00	12.01	207.23	6.70	3011.51	97.31
400.600	500	134.39	4.34	21.71	341.62	11.04	2887.59	93.30
600.800	700	144.96	4.68	32.79	486.58	15.72	2753.20	88.96
800.1000	900	160.37	5.18	46.64	646.95	20.90	2608.25	84.29
1000.1200	1100	170.36	5.50	60.55	817.30	26.41	2447.88	79.10
1200.1400	1300	151.59	4.90	83.68	968.89	31.31	2277.52	73.69
1400.1600	1500	117.69	3.80	57.04	1086.58	35.11	2125.93	68.69
1600.1800	1700	103.20	3.33	56.69	1189.79	38.44	2006.24	64.89
1800.2000	1900	98.18	3.17	60.29	1297.96	41.62	1905.04	61.56
2000.2200	2100	95.79	3.10	65.00	1393.76	44.71	1806.86	58.38
2200.2400	2300	89.74	2.90	66.70	1473.50	47.61	1711.07	55.29
2400.2600	2500	86.63	2.80	69.98	1560.13	50.41	1621.32	52.39
2600.2800	2700	83.33	2.69	72.70	1643.46	53.10	1534.69	49.59
2800.3000	2900	78.34	2.53	73.41	1721.80	55.63	1451.36	46.90
3000.3200	3100	79.56	2.57	79.69	1801.36	58.21	1373.02	44.37
3200.3400	3300	72.80	2.36	77.62	1874.15	60.68	1293.47	41.79
3400.3600	3500	72.01	2.33	81.44	1946.16	62.88	1220.67	39.44
3600.3800	3700	71.74	2.32	85.76	2017.90	65.20	1148.66	37.12
3800.4000	3900	80.64	2.61	101.62	2098.54	67.81	1076.92	34.80
4000.4200	4100	95.86	3.10	126.99	2194.40	70.91	996.28	32.19
4200.4400	4300	138.66	4.48	192.65	2333.06	75.39	900.42	29.09
4400.4600	4500	265.38	8.57	395.87	2598.43	83.96	751.77	24.61
4600.4800	4700	362.56	11.72	550.61	2960.99	95.68	496.39	16.04
4800.5000	4900	125.22	4.05	198.25	3086.21	99.72	133.83	4.32
5000.5200	5100	8.00	0.26	13.18	3094.21	99.98	8.61	0.28
5200.5400	5300	0.61	0.02	1.05	3094.82	100.00	0.61	0.02
TOTAL		3094.82	100.00	2656.60				

ALTITUD MEDIA (m) = 2656.60



4.3.6 Curva Hipsométrica y de Distribución de Frecuencias

La Curva Hipsométrica describe las áreas acumulada de manera porcentual por debajo o por encima de la curva de nivel analizada.

La Curva de Distribución de Frecuencias describe la distribución porcentual de las áreas comprendidas entre curvas de nivel equidistantes en la cuenca.

En el **CUADRO N°13** se muestran los resultados.

VER ANEXO V - MAPA N°11

4.3.7 Pendiente media de la cuenca

Se define como la media ponderada de las pendientes correspondientes a superficies elementales en las cuales la pendiente se puede considerar constante. Se mide en m/m o % (**VER ANEXO II - 1**).

En el **CUADRO N°14** se aprecia que la Pendiente Media de la Cuenca es 47.76%

CUADRO N°14: PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

COTA (m)	SUBCUENCA ORCON	SUBCUENCA ANASMAYO	SUBCUENCA HUATAYA	SUBCUENCA CARAC	SUBCUENCA VICHAYCOCHA	SUBCUENCA BANOS	CUENCA INTERMEDIA	CUENCA BAJA	CUENCA
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (%)	43.87%	51.04%	52.76%	51.46%	49.05%	48.47%	55.70%	39.67%	47.76%

PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA
47.76%

VER ANEXO V - MAPA N°11

4.3.8 Pendiente Media del río

Es la diferencia total de elevación del lecho del río dividido por su longitud entre esos puntos. Se mide en m/m o %. (**VER ANEXO II - 2**).

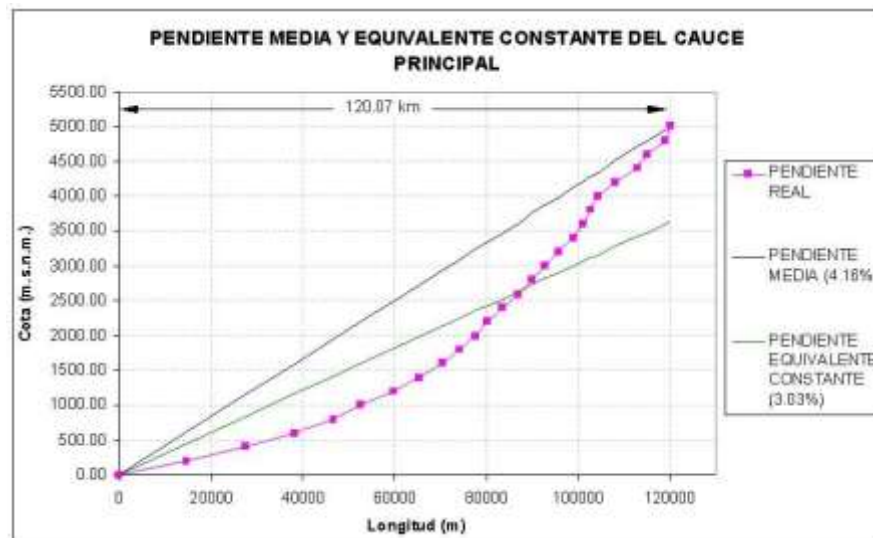
$P_m = 4.16\%$. (Ver **FIGURA N°01** y **ANEXO V - MAPA N°11**)

4.3.9 Pendiente Equivalente Constante

Se determina a partir del perfil del cauce principal desde su cabecera hasta el punto de interés. Se mide en m/m o %. (**VER ANEXO II - 2**)

$S = 3.03\%$ (Ver **FIGURA N°01** y **ANEXO V - MAPA N°11**)

FIGURA N°01: PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE PRINCIPAL



4.3.10 Densidad de Drenaje

Es la longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividida por el área total de drenaje; en otras palabras la longitud de los canales por unidad de área.

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (\text{km/km}^2)$$

Donde:

L_t es la suma de las longitudes de todos los tributarios incluyendo el cauce principal.

Para la cuenca Chancay – Huaral $Dd = 0.59 \text{ km/km}^2$. Ver **CUADRO N°15** y **ANEXO V - MAPA N°11**

4.3.11 Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius

Es la relación del perímetro de la cuenca hidrográfica a la circunferencia de un círculo cuya área sea igual a la de la cuenca y se define como:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (\text{Adimensional})$$

donde:

P es el perímetro de la cuenca en Km.

Para la cuenca Chancay – Huaral $Kc = 1.66$. Ver **CUADRO N°15** y **ANEXO V - MAPA N°11**

4.3.12 Factor de Forma

HORTON estableció el siguiente factor adimensional como índice de la forma de una cuenca:

$$Ff = \frac{A}{Lb^2} \quad (\text{Adimensional})$$

donde:

Lb: es la longitud del cauce principal medido desde su cabecera hasta su salida.

Para la cuenca Chancay – Huaral $Ff = 0.215$. Ver **CUADRO N°15** y **ANEXO V - MAPA N°11**

4.3.13 Extensión media del escurrimiento

Indica la distancia media, en línea recta, que el agua precipitada tendrá que escurrir para llegar al lecho de un curso de agua.

$$d = \frac{A}{4 L_t} \quad (\text{m})$$

Donde:

Lt es la suma de las longitudes de todos los tributarios incluyendo el cauce principal.

Para la cuenca Chancay – Huaral $d = 427.17$ m. Ver **CUADRO N°15** y **ANEXO V - MAPA N°11**

4.3.14 Coeficiente de Torrencialidad.

Es la relación entre el número de cursos de agua de primer orden y el área total de la cuenca.

$$C_t = \frac{\# \text{ de cursos de primer orden}}{A} \quad (\text{ríos/km}^2)$$

Para la cuenca Chancay – Huaral $C_t = 0.14$ ríos/km². Ver **CUADRO N°15** y **MAPA N°11**

4.3.15 Coeficiente de Masividad.

Este índice expresa la relación entre la altitud media de la cuenca y el área total de la misma.

$$C_m = \frac{H}{A} \quad (\text{m/km}^2)$$

Para la cuenca Chancay – Huaral $C_m = 0.858$ m/km². Ver **CUADRO N°15** y **ANEXO V - MAPA N°11**

CUADRO N°15: OTRAS CARACTERÍSTICAS FISIográfICAS

SUBCUENCAS	COEFICIENTE DE COMPACTAD	FACTOR DE FORMA	DENSIDAD DE DRENAJE (km/km²)	EXTENSIÓN MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (m)	COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD (mm/km²)	COEFICIENTE DE MASIVIDAD (m/km²)
SUBCUENCA ORCON	1.51	0.214	0.75	331.80	0.20	4.344
SUBCUENCA AÑASMAYO	1.40	0.239	0.89	423.10	0.15	13.142
SUBCUENCA HUATAYA	1.64	0.124	0.51	468.56	0.09	19.810
SUBCUENCA CARAC	1.44	0.255	0.53	473.75	0.13	8.565
SUBCUENCA VICHAYCOCHA	1.43	0.339	0.48	520.71	0.15	8.258
SUBCUENCA BAÑOS	1.41	0.431	0.43	584.53	0.15	10.026
CUENCA INTERMEDIA	2.26	0.220	0.57	440.63	0.12	4.210
CUENCA BAJA	2.21	0.495	0.60	416.22	0.12	4.198
CUENCA	1.56	0.215	0.59	427.17	0.14	8.858

5. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN PLUVIOMETRICA

5.1 Registros Históricos

Los registros históricos de información Hidrometeorología referidas en el ítem 2.2 fueron procesados en el SIH (Sistema de Información Hidrológica), software elaborado por la Dirección General de Aguas (DGAS) para el análisis de la Información Hidrológica.

Estos registros históricos se muestran en el **ANEXO I - 1** del presente informe

5.2 Análisis de Consistencia

5.2.1 Análisis de Histogramas

En las **FIGURAS N°02 - 11** mostramos los Histogramas de Precipitación Total Mensual de las 10 estaciones analizadas.

FIGURA N°02: HISTOGRAMA LOMAS DE LACHAY (serie histórica)

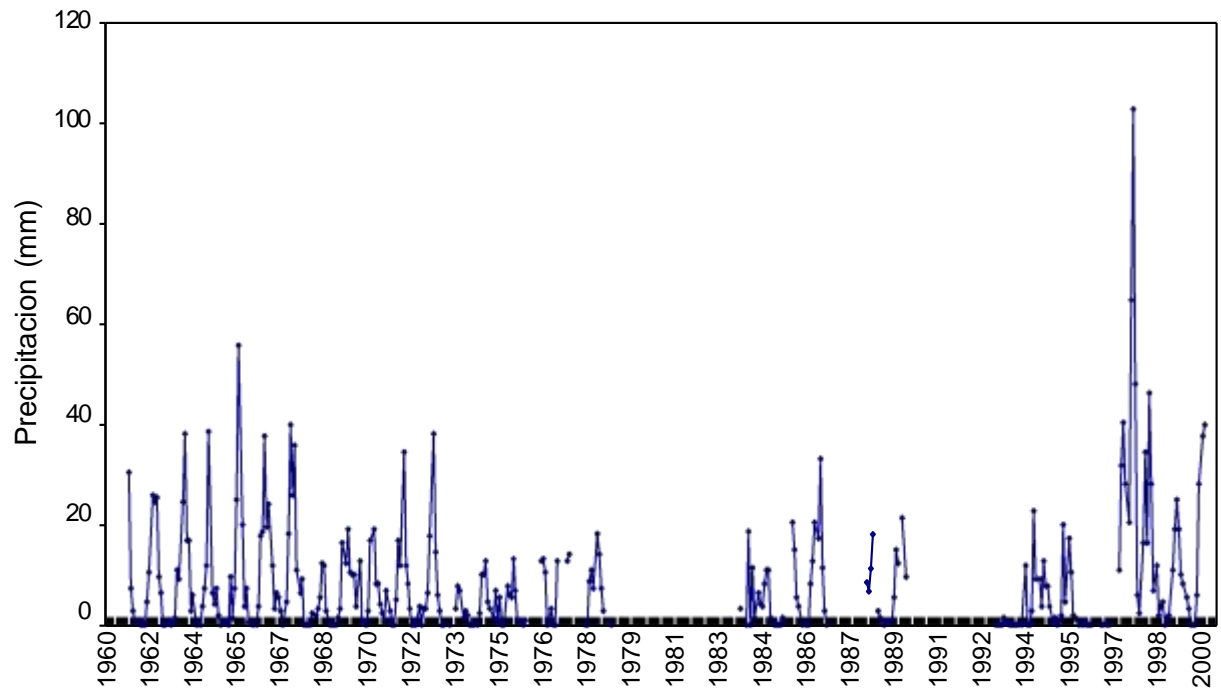


FIGURA N°03: HISTOGRAMA PIRCA (serie histórica)

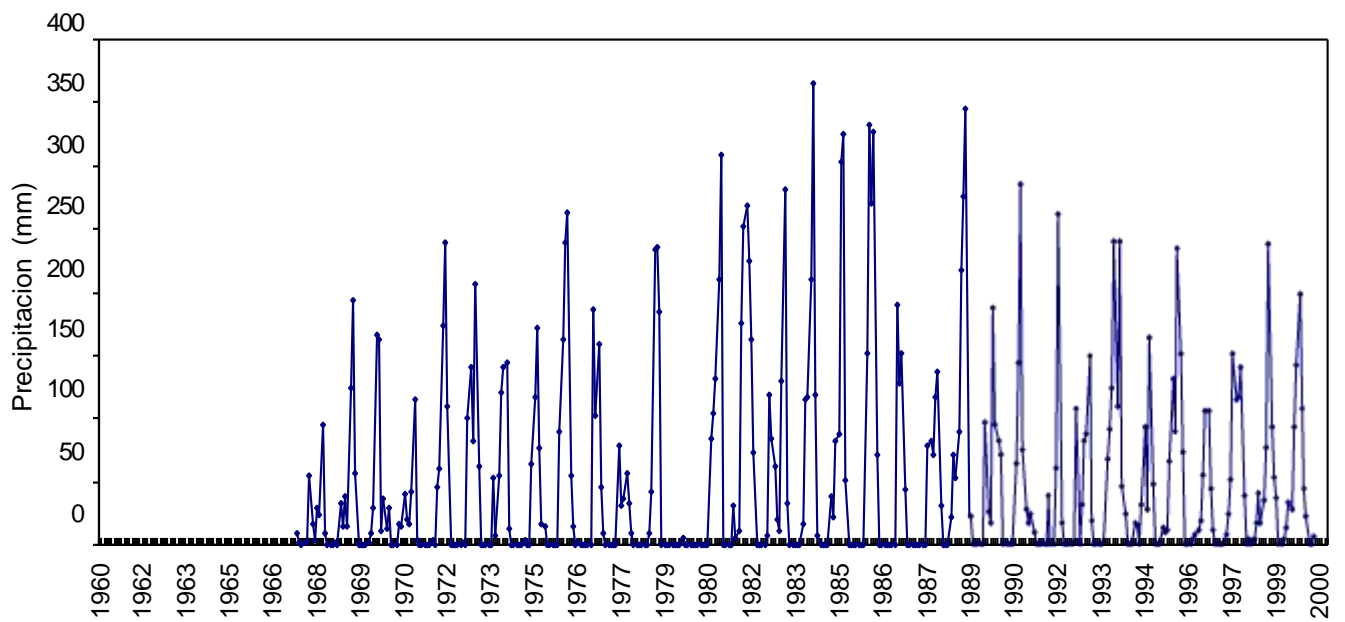


FIGURA N°04: HISTOGRAMA SANTA CRUZ (serie histórica)

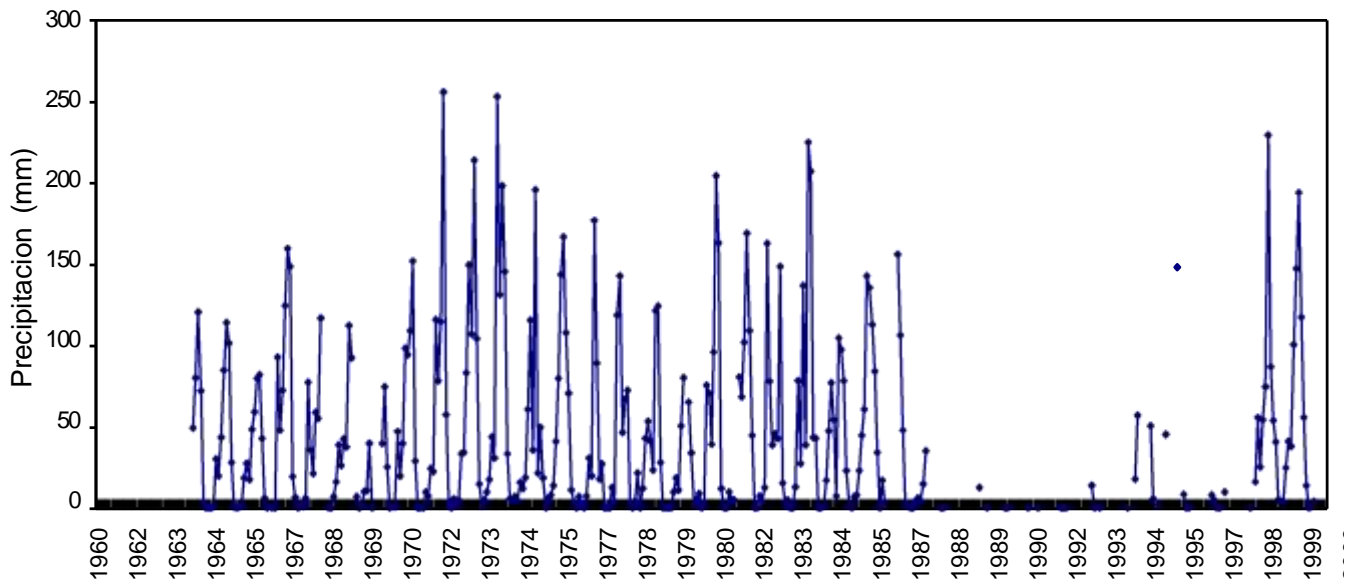


FIGURA N°05: HISTOGRAMA HUAYAN (serie histórica)

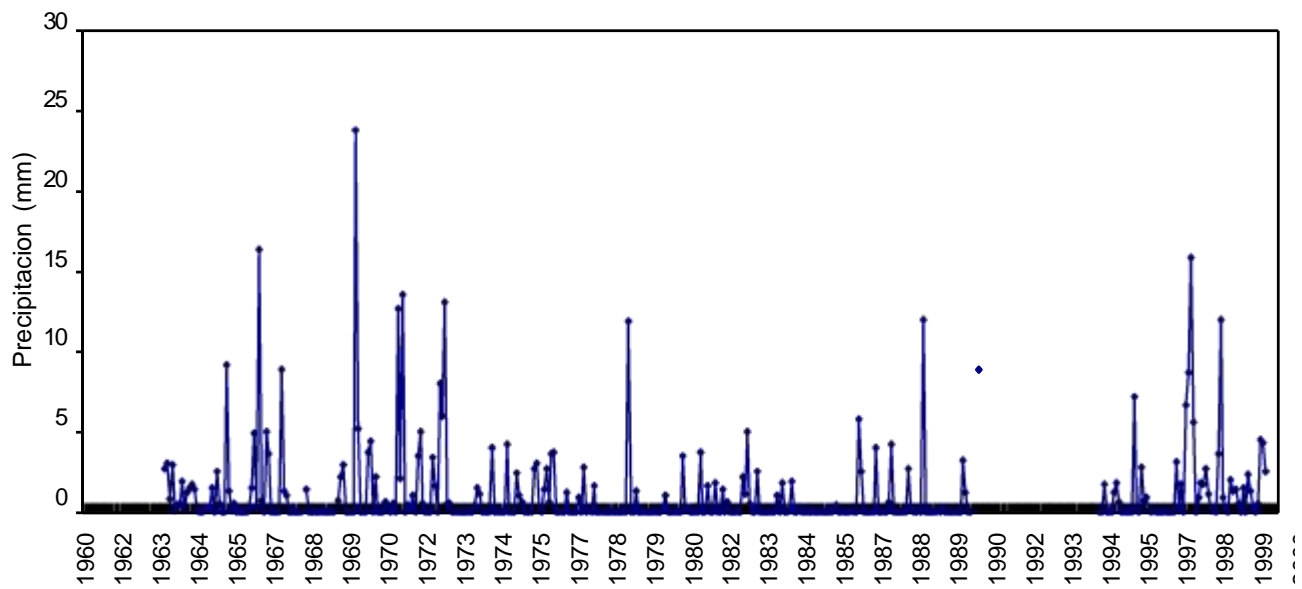


FIGURA N°06: HISTOGRAMA CARAC (serie histórica)

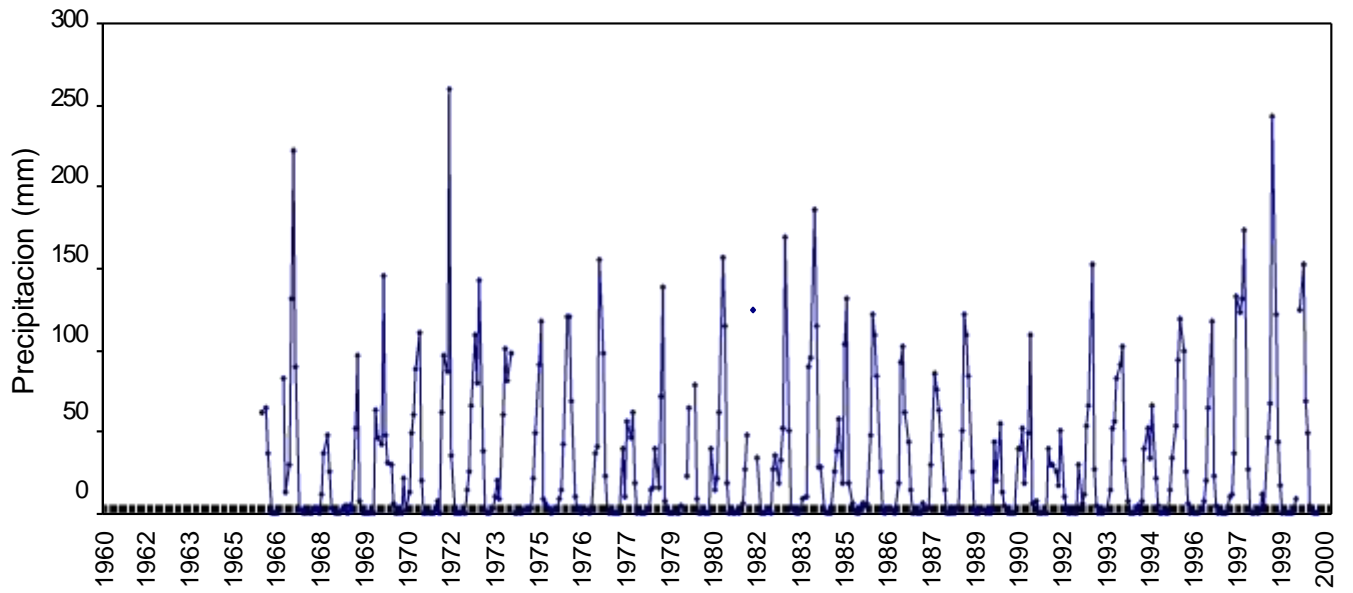


FIGURA N°07: HISTOGRAMA PALLAC (serie histórica)

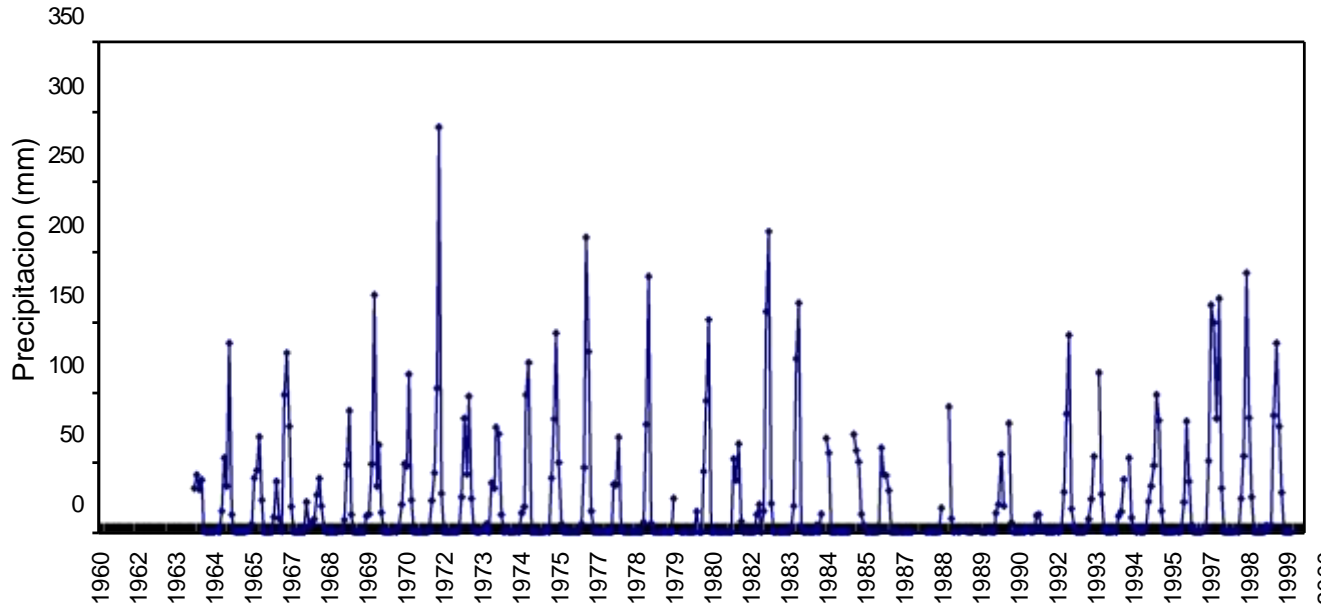


FIGURA N°08: HISTOGRAMA HUAROS (serie histórica)

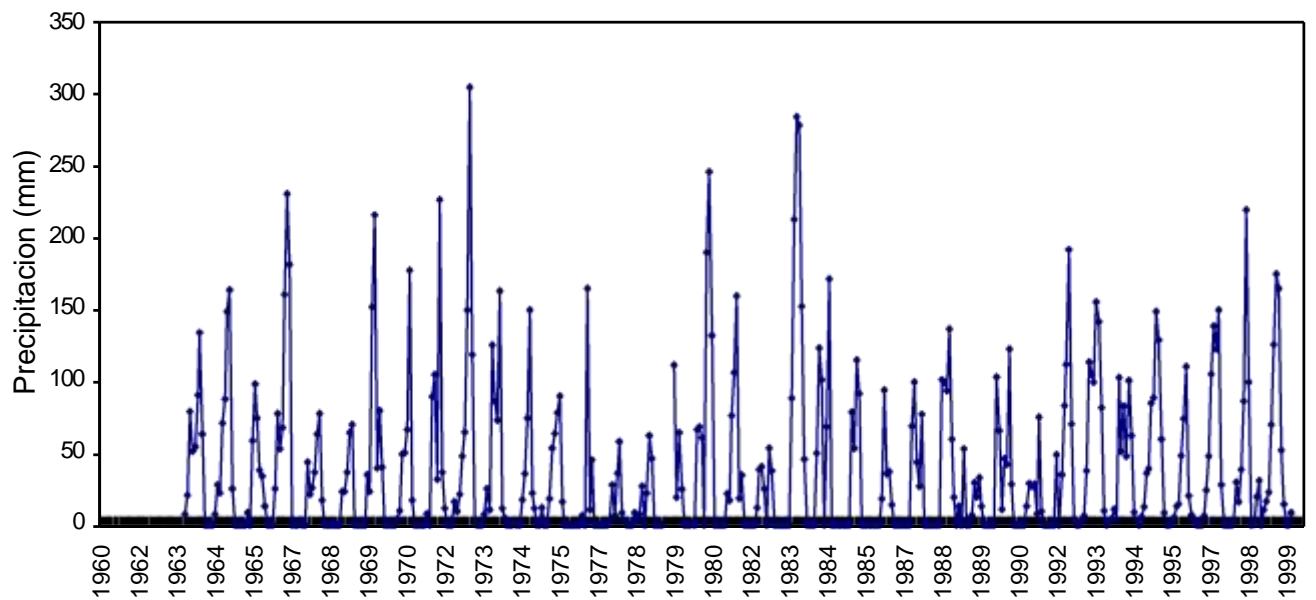


FIGURA N°09: HISTOGRAMA PICOY (serie histórica)

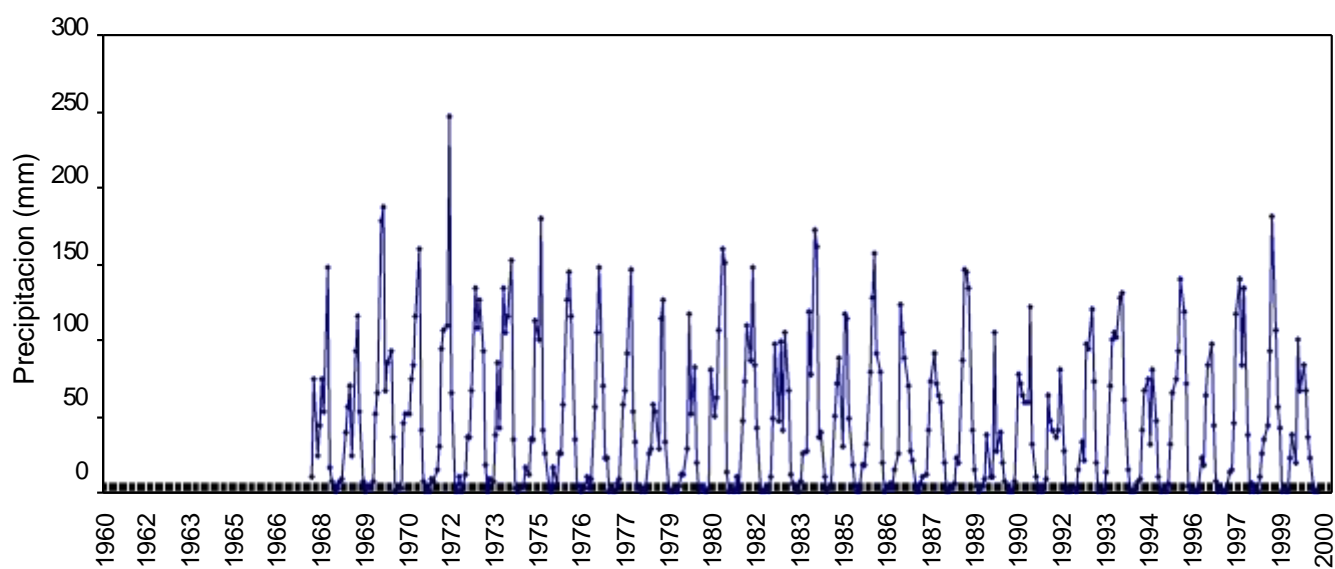


FIGURA N°10: HISTOGRAMA PACHAMACHAY (serie histórica)

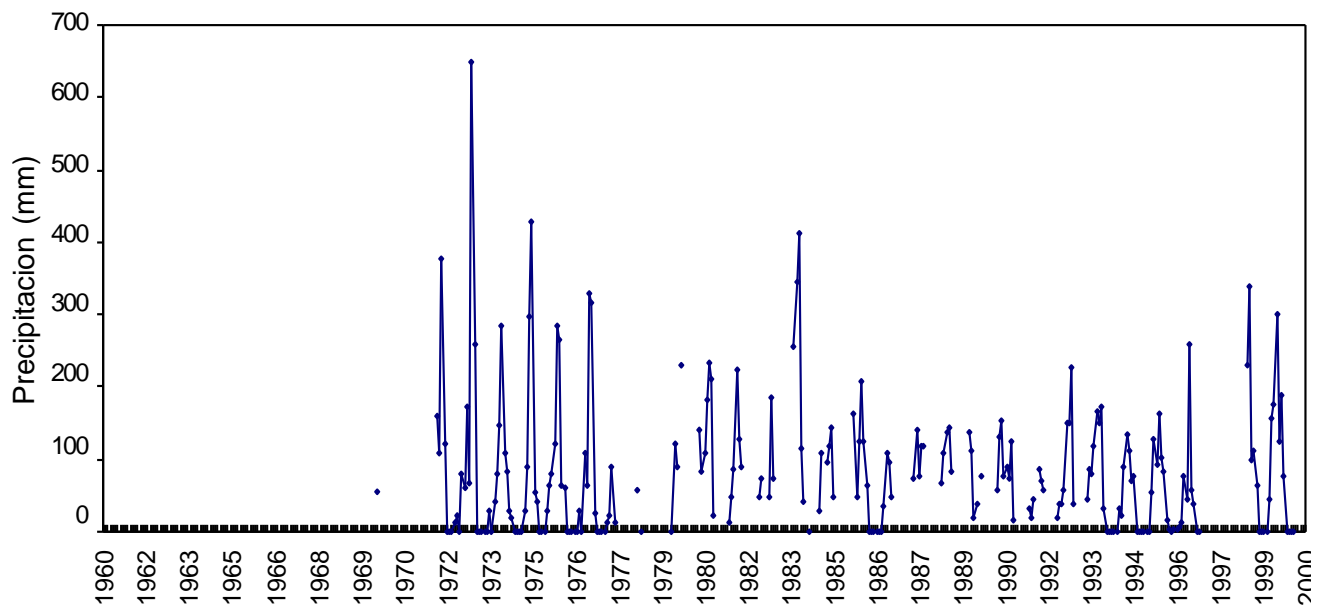
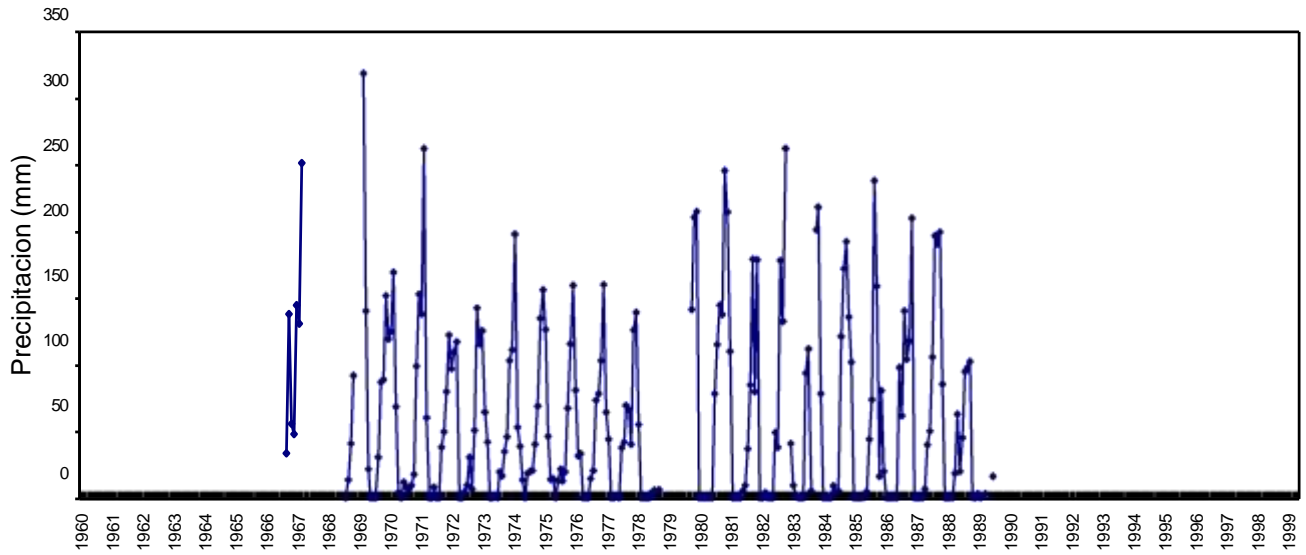


FIGURA N°11: HISTOGRAMA TUPE (serie histórica)



5.2.2 Análisis de Doble masa

Se determina la consistencia de una estación respecto a una estación índice o a un promedio de estaciones considerada homogénea. Para el presente estudio el análisis de doble masa se realizó agrupando a las estaciones en tres grupos de acuerdo a sus altitudes y al tamaño de sus registros. En este análisis se excluyeron las estaciones de la parte baja de la cuenca (Lomas de Lachay y Huayan) y la Estación de Pachamachay por no contar con suficiente información mensual. Así mismo para obtener un mejor análisis los meses con falta de información se completaron con la media mensual.

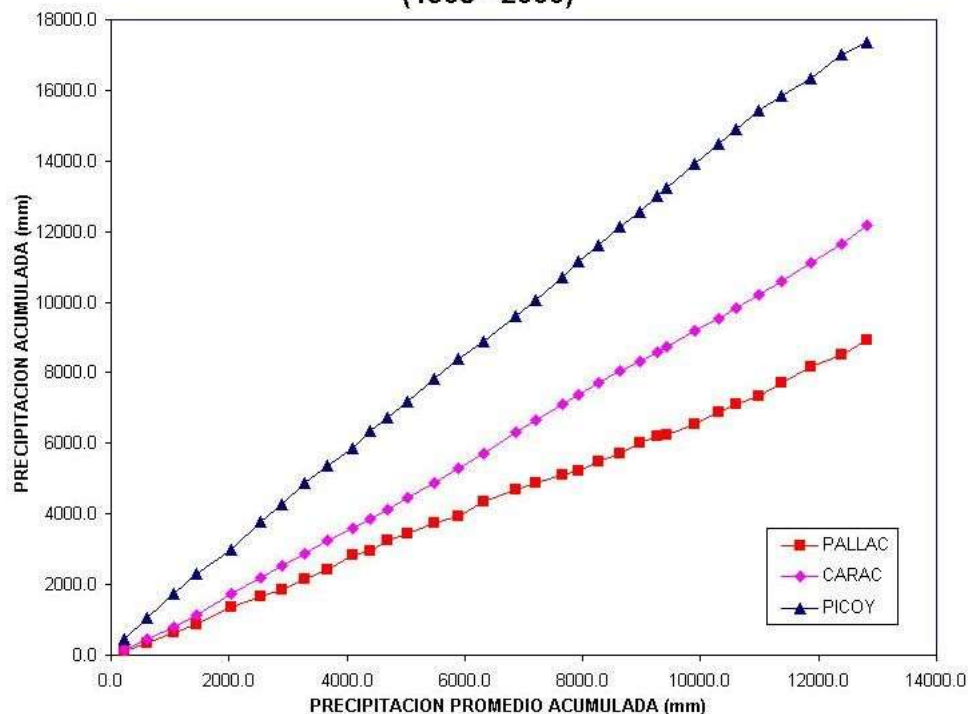
- Grupo de Análisis 1: Conformada por las estaciones de Picoy, Carac y Pallac para un periodo común de 1968 - 2000
- Grupo de Análisis 2: Conformada por las estaciones Huaros, Santa Cruz y Pirca para un periodo común de 1968 - 1987
- Grupo de Análisis 3: Conformada por las estaciones Huaros, Santa Cruz y Tupe para un periodo común de 1968 – 1987. En este grupo se volvió a considerar Huaros y santa Cruz con la finalidad de analizar la Estación de Tupe

En los **CUADROS N°16, 17 Y 18** se muestran los análisis de doble masa para el grupo 1, 2 y 3 respectivamente.

CUADRO N°16: ANÁLISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 1 (1968 – 2000)

año	PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm)				PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADA (mm)			
	PALLAC	CARAC	PICOY	PROMEDIO	PALLAC	CARAC	PICOY	PROMEDIO
1968	97.7	135.2	471.8	234.9	97.7	135.2	471.8	234.9
1969	227.1	309.8	596.0	377.6	324.8	445.0	1067.8	612.5
1970	303.0	344.5	688.2	445.2	627.8	789.5	1756.0	1057.8
1971	254.2	349.4	555.0	386.2	882.0	1138.9	2311.0	1444.0
1972	487.6	584.9	681.8	584.8	1369.6	1723.8	2992.8	2028.7
1973	288.0	472.4	785.4	515.3	1657.6	2196.2	3778.2	2544.0
1974	203.0	334.2	506.9	348.0	1860.6	2530.4	4285.1	2892.0
1975	278.7	343.2	585.5	402.5	2139.3	2873.6	4870.6	3294.5
1976	284.6	364.6	503.6	384.3	2423.9	3238.2	5374.2	3678.8
1977	401.5	367.2	500.8	423.2	2825.4	3605.4	5875.0	4101.9
1978	139.2	255.1	486.5	293.6	2964.6	3860.5	6361.5	4395.5
1979	273.7	277.1	351.3	300.7	3238.3	4137.6	6712.8	4696.2
1980	215.7	322.0	462.7	333.5	3454.0	4459.6	7175.5	5029.7
1981	289.8	432.6	668.3	463.6	3743.8	4892.2	7843.8	5493.2
1982	190.5	410.3	560.1	387.0	3934.3	5302.5	8403.9	5880.2
1983	411.5	418.5	498.4	442.8	4345.8	5721.0	8902.3	6323.0
1984	328.2	575.6	703.6	535.8	4674.0	6296.6	9605.9	6858.8
1985	190.8	342.8	470.5	334.7	4864.7	6639.4	10076.4	7193.5
1986	256.0	459.8	640.8	452.2	5120.7	7099.2	10717.2	7645.7
1987	111.3	261.1	446.1	272.8	5232.0	7360.3	11163.3	7918.5
1988	255.4	342.9	431.7	343.3	5487.4	7703.2	11595.0	8261.9
1989	229.0	347.0	545.6	373.9	5716.4	8050.2	12140.6	8635.7
1990	313.0	265.7	411.9	330.2	6029.4	8315.9	12552.5	8965.9
1991	188.2	286.1	438.8	304.4	6217.6	8602.0	12991.3	9270.3
1992	33.4	151.1	247.7	144.1	6251.0	8753.1	13239.0	9414.3
1993	308.1	427.2	688.4	474.6	6659.1	9180.3	13927.4	9888.9
1994	306.2	366.4	553.9	408.8	6865.2	9546.7	14481.3	10297.7
1995	242.8	279.1	414.2	312.0	7108.0	9825.8	14895.5	10609.8
1996	241.7	372.0	526.6	380.1	7349.7	10197.8	15422.1	10989.9
1997	358.4	399.6	416.2	391.4	7708.1	10597.4	15838.3	11381.3
1998	453.7	520.4	511.7	495.3	8161.8	11117.8	16350.0	11876.5
1999	357.6	544.5	652.9	518.3	8519.4	11662.3	17002.9	12394.9
2000	388.2	510.7	353.9	417.6	8907.6	12173.0	17356.8	12812.5

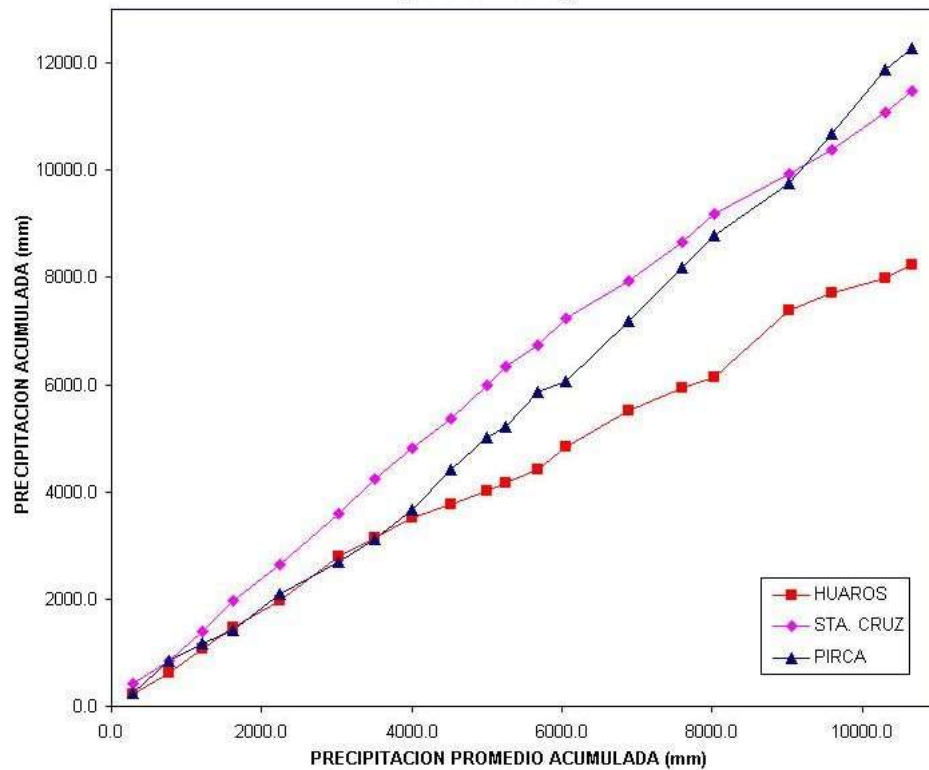
**DIAGRAMA DE DOBLE MASA
(1968 - 2000)**



CUADRO N°17: ANÁLISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 2 (1968 – 1987)

año	PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm)				PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADA (mm)			
	HUARIOS	STA. CRUZ	PIRCA	PROMEDIO	HUARIOS	STA. CRUZ	PIRCA	PROMEDIO
1968	217.4	413.5	244.2	291.7	217.4	413.5	244.2	291.7
1969	404.1	424.9	595.9	475.0	621.5	838.4	840.1	766.7
1970	439.6	562.1	344.0	448.6	1061.1	1400.5	1184.1	1215.2
1971	408.5	565.9	229.5	401.3	1469.6	1966.4	1413.6	1616.5
1972	505.2	673.7	683.5	620.8	1974.8	2640.1	2097.1	2237.3
1973	808.8	953.3	604.9	789.0	2783.6	3593.4	2702.0	3026.3
1974	358.4	639.2	422.7	473.4	3142.0	4232.6	3124.7	3499.8
1975	376.6	586.7	552.0	505.1	3518.6	4819.3	3676.7	4004.9
1976	254.0	551.8	734.0	513.3	3772.6	5371.1	4410.7	4518.1
1977	250.7	610.2	611.9	490.9	4023.3	5981.3	5022.6	5009.1
1978	155.6	364.1	188.6	236.1	4178.9	6345.4	5211.2	5245.2
1979	243.0	386.3	659.4	429.6	4421.9	6731.7	5870.6	5674.7
1980	416.2	514.3	187.1	372.5	4838.1	7246.0	6057.7	6047.3
1981	684.3	686.5	1125.9	832.2	5522.4	7932.5	7183.6	6879.5
1982	410.4	730.1	1001.6	714.0	5932.8	8662.6	8185.2	7593.5
1983	204.5	514.8	605.2	441.5	6137.3	9177.4	8790.4	8035.0
1984	1249.6	755.9	961.1	988.9	7386.9	9933.3	9751.5	9023.9
1985	318.8	456.5	920.2	565.2	7705.7	10389.8	10671.7	9589.1
1986	277.9	698.8	1193.7	723.5	7983.6	11088.6	11865.4	10312.5
1987	249.1	379.2	402.9	343.7	8232.7	11467.8	12268.3	10656.2

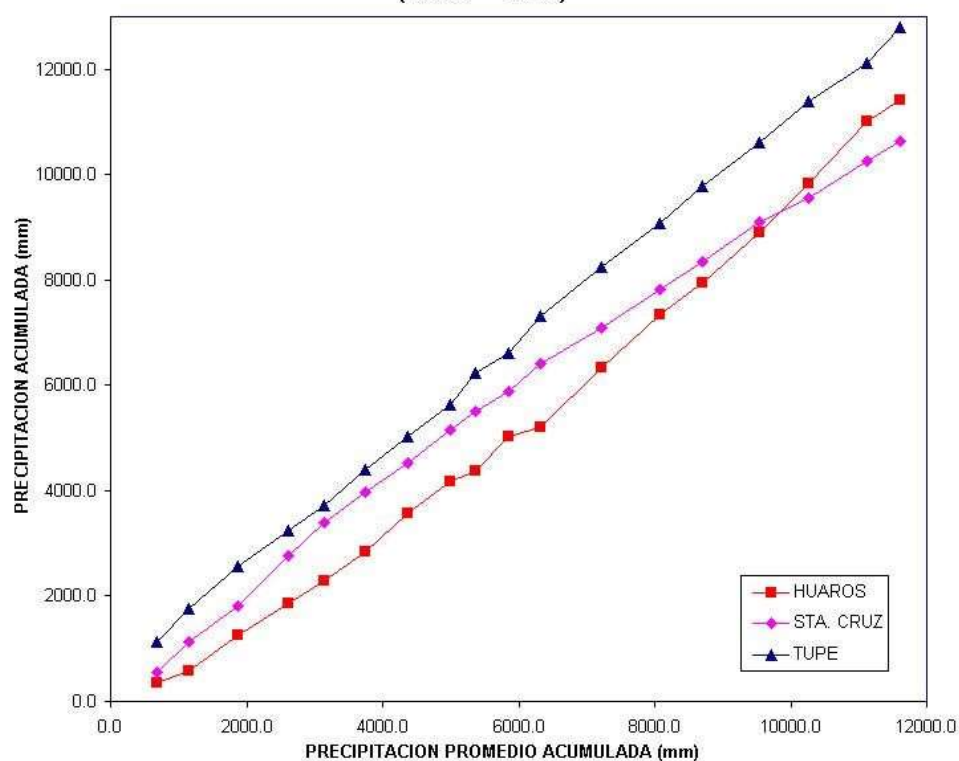
**DIAGRAMA DE DOBLE MASA
(1968 - 1987)**



CUADRO N°18: ANÁLISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 3 (1970 – 1987)

año	PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm)				PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADA (mm)			
	PIRCA	STA. CRUZ	TUPE	PROMEDIO	HUARIOS	STA. CRUZ	TUPE	PROMEDIO
1970	344.0	562.1	1132.3	679.5	344.0	562.1	1132.3	679.5
1971	229.5	565.9	640.1	478.5	573.5	1128.0	1772.4	1158.0
1972	683.5	673.7	791.2	716.1	1257.0	1801.7	2563.6	1874.1
1973	604.9	953.3	690.6	749.6	1861.9	2755.0	3254.2	2623.7
1974	422.7	639.2	466.4	509.4	2284.6	3394.2	3720.6	3133.1
1975	552.0	586.7	686.3	608.3	2836.6	3980.9	4406.9	3741.5
1976	734.0	551.8	626.6	637.5	3570.6	4532.7	5033.5	4378.9
1977	611.9	610.2	608.5	610.2	4182.5	5142.9	5642.0	4989.1
1978	188.6	364.1	589.7	380.8	4371.1	5507.0	6231.7	5369.9
1979	659.4	386.3	381.3	475.7	5030.5	5893.3	6613.0	5845.6
1980	187.1	514.3	714.7	472.0	5217.6	6407.6	7327.7	6317.6
1981	1125.9	686.5	908.7	907.0	6343.5	7094.1	8236.4	7224.7
1982	1001.6	730.1	846.5	859.4	7345.1	7824.2	9082.9	8084.1
1983	605.2	514.8	708.4	609.5	7950.3	8339.0	9791.3	8693.5
1984	961.1	755.9	818.8	845.3	8911.4	9094.9	10610.1	9538.8
1985	920.2	456.5	775.4	717.4	9831.6	9551.4	11385.5	10256.2
1986	1193.7	698.8	728.0	873.5	11025.3	10250.1	12113.5	11129.7
1987	402.9	379.2	674.7	485.6	11428.2	10629.3	12788.2	11615.3

**DIAGRAMA DE DOBLE MASA
(1970 - 1987)**



5.2.3 Análisis de Tendencias

Se realizó el análisis de Tendencias llegando a la conclusión que los registros históricos no muestran tendencias marcadas en el tiempo.

De los Análisis de los histogramas y doble masa se determinaron realizar el análisis estadístico de salto para las siguientes estaciones.

En el **CUADRO N°19** se muestran los resultados del análisis y la corrección realizada en las estaciones de Pirca y Tupe que presentaron saltos significativos.

CUADRO N°19: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Data Sit	Prueba Estadística 95%				Salto significativo		Ecuación de Corrección
						Tc	Ti	Fc	Fi	Media	Depa Sit	
HUAROC	1963	1979	192	34.276	52.36	1.089	1.965	1.124	1.263	NO	NO	
	1980	2000	252	39.816	55.394							
SANTA CRUZ	1964	1977	161	46.899	55.804	0.821	1.967	1.12	1.293	NO	NO	
	1978	2000	173	41.424	62.777							
PIRCA	1967	1976	116	39.766	61.863	2.065	1.966	1.7537	1.262	SI	SI	$1.304X+4.693$
	1977	2000	268	55.030	81.911							$0.795X-3.544$
TUPE	1967	1979	129	66.368	62.538	0.526	1.970	1.4774	1.228	NO	SI	$1.216X-7.491$
	1980	1990	116	61.048	76.003							$0.623X+6.163$

5.3 Completación y extensión de la Información Pluviométrica

Una vez corregida la información se procedió a la Completación y extensión de la precipitación total mensual de las 10 estaciones para la que se considero un periodo común de 1960 – 2000.

Esta Completación y extensión ha sido desarrollada por correlación múltiple usando para ello el programas desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos denominado HEC4.

La aplicación del HEC4 se realizó en dos grupos:

- Grupo 1: Conformada por las estaciones de Huaroc, Santa Cruz, Pirca, Pachamachay y Tupe
- Grupo 2: Conformada por las estaciones de Pallac, Carac, Picoy, Huayan y Lomas de Lachay.

Los Registros Homogenizados y Completados de Precipitación Total Mensual se presentan en el **ANEXO 3**. A continuación se presentan sus histogramas (**FIGURAS N°12 – 21**).

FIGURA N°12: HISTOGRAMA LOMAS DE LACHAY (serie homogenizada y completada)

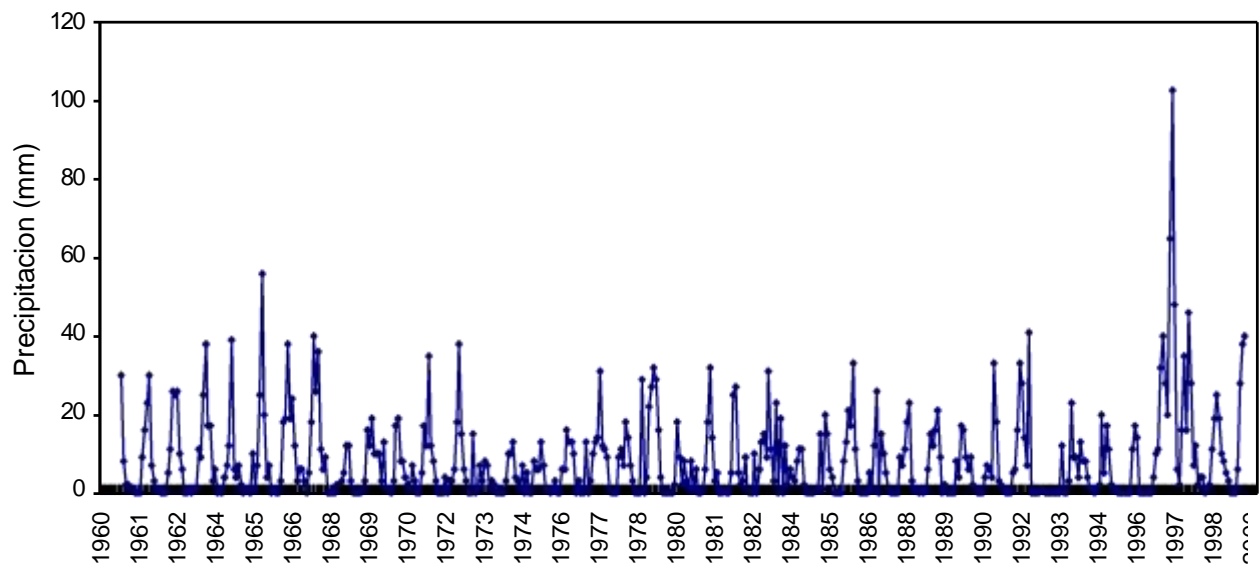


FIGURA N°13: HISTOGRAMA PIRCA (serie homogenizada y completada)

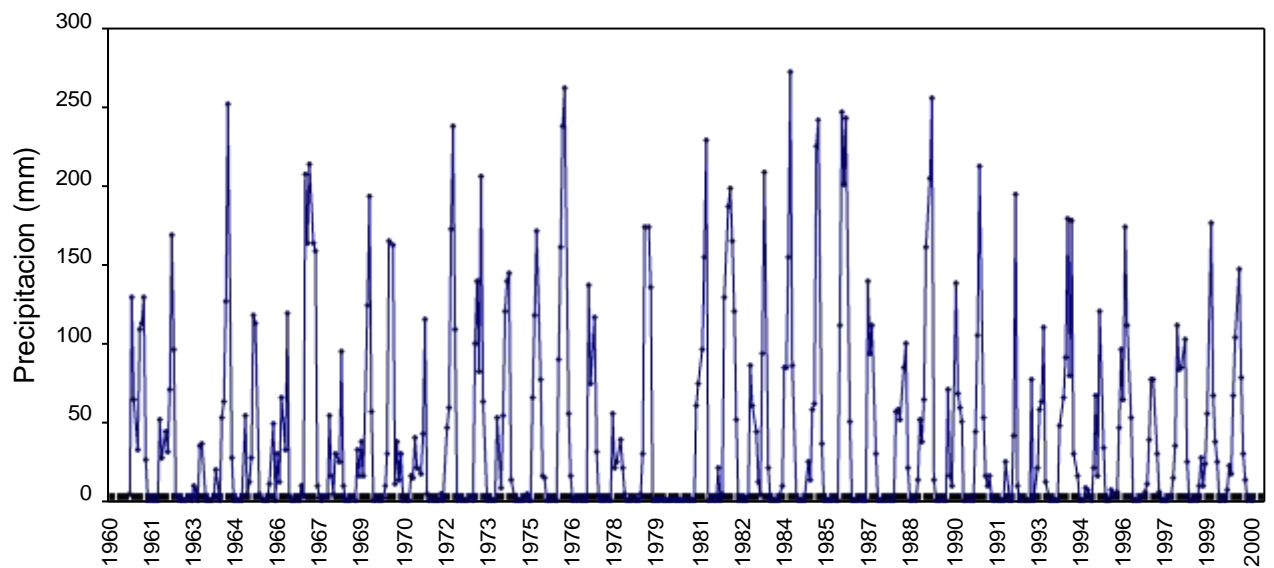


FIGURA N°14: HISTOGRAMA SANTA CRUZ (serie homogenizada y completada)

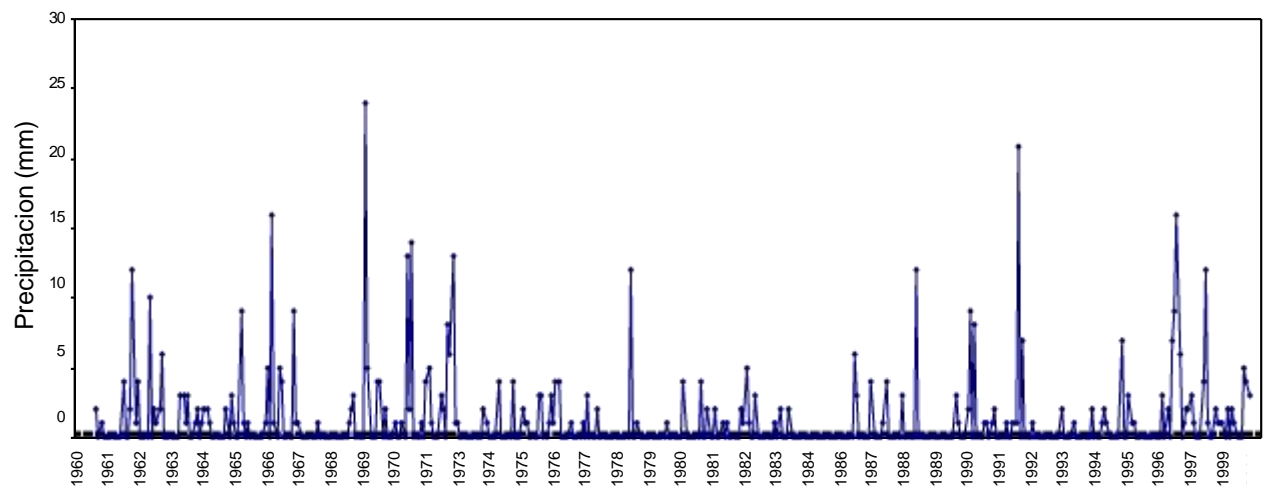


FIGURA N°15: HISTOGRAMA HUAYAN (serie homogenizada y completada)

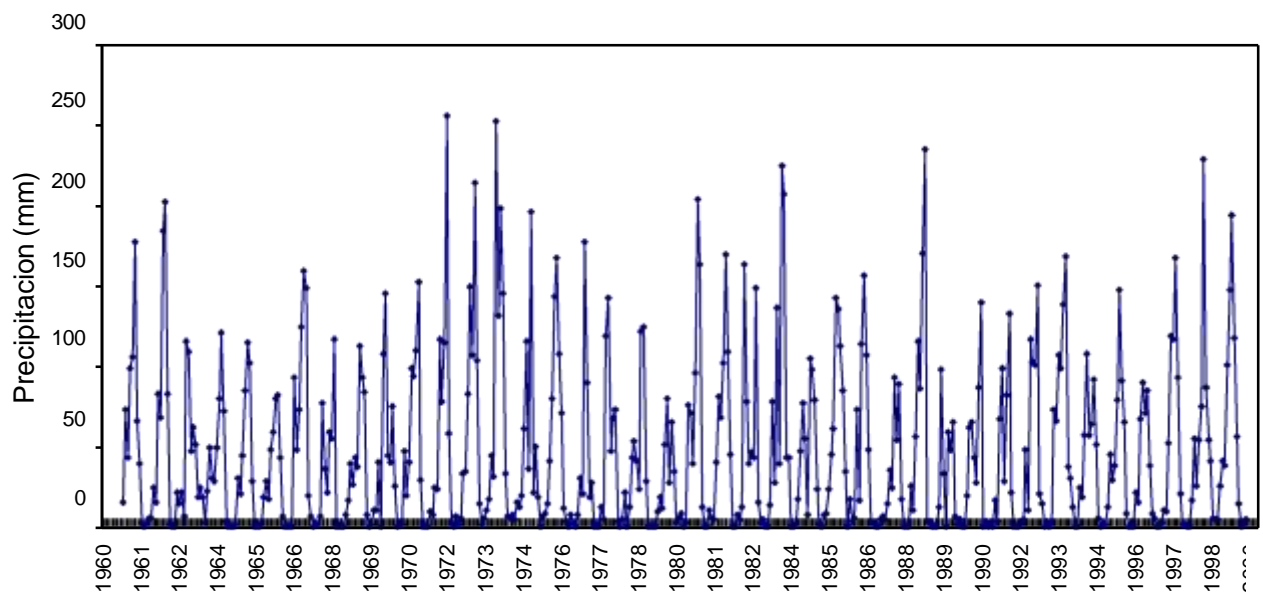


FIGURA N°16: HISTOGRAMA CARAC (serie homogenizada y completada)

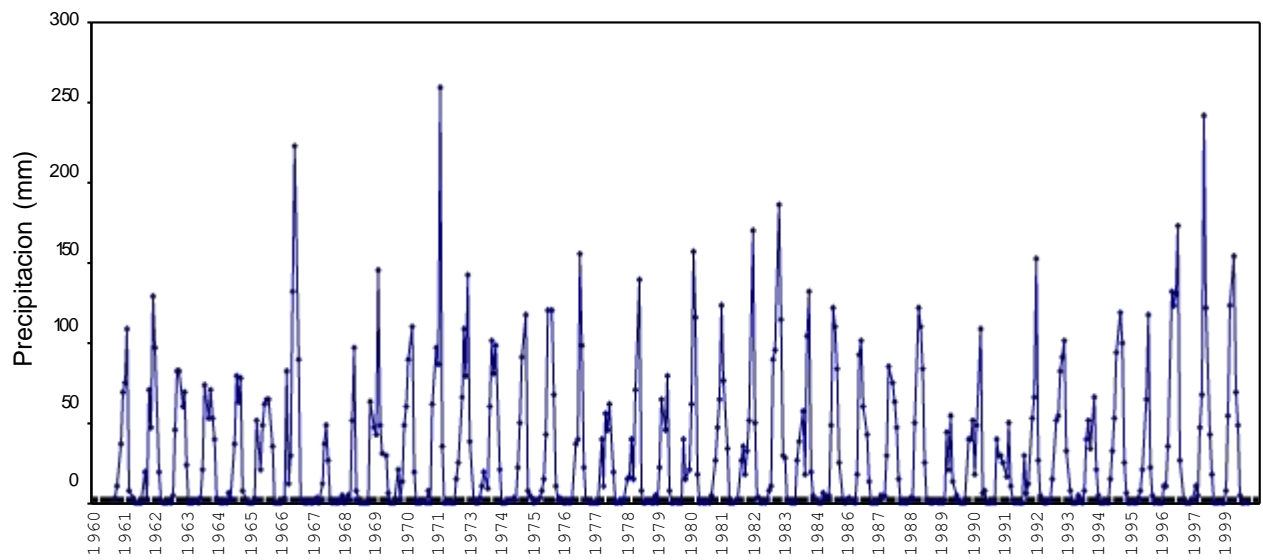


FIGURA N°17: HISTOGRAMA Pallac (serie homogenizada y completada)

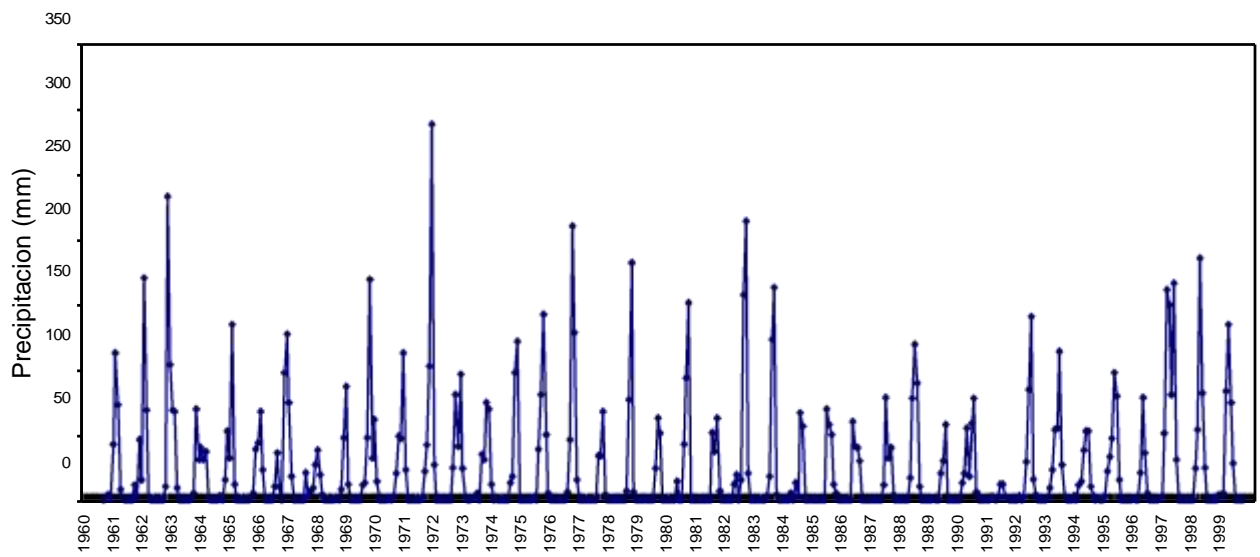


FIGURA N°18: HISTOGRAMA HUAROS (serie homogenizada y completada)

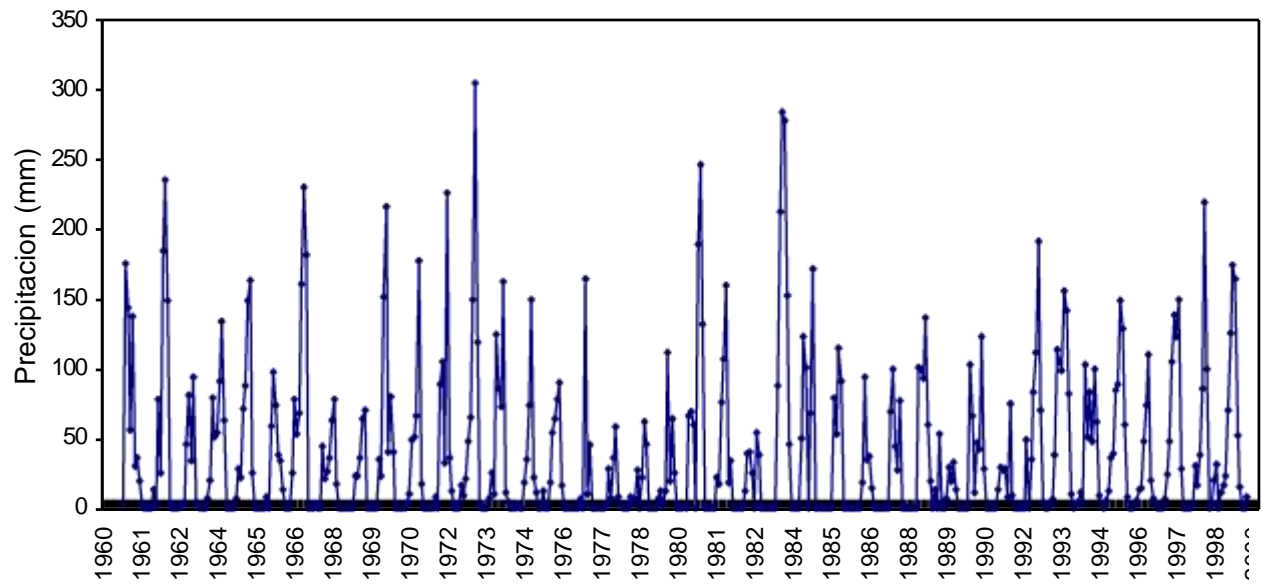


FIGURA N°19: HISTOGRAMA PICOY (serie homogenizada y completada)

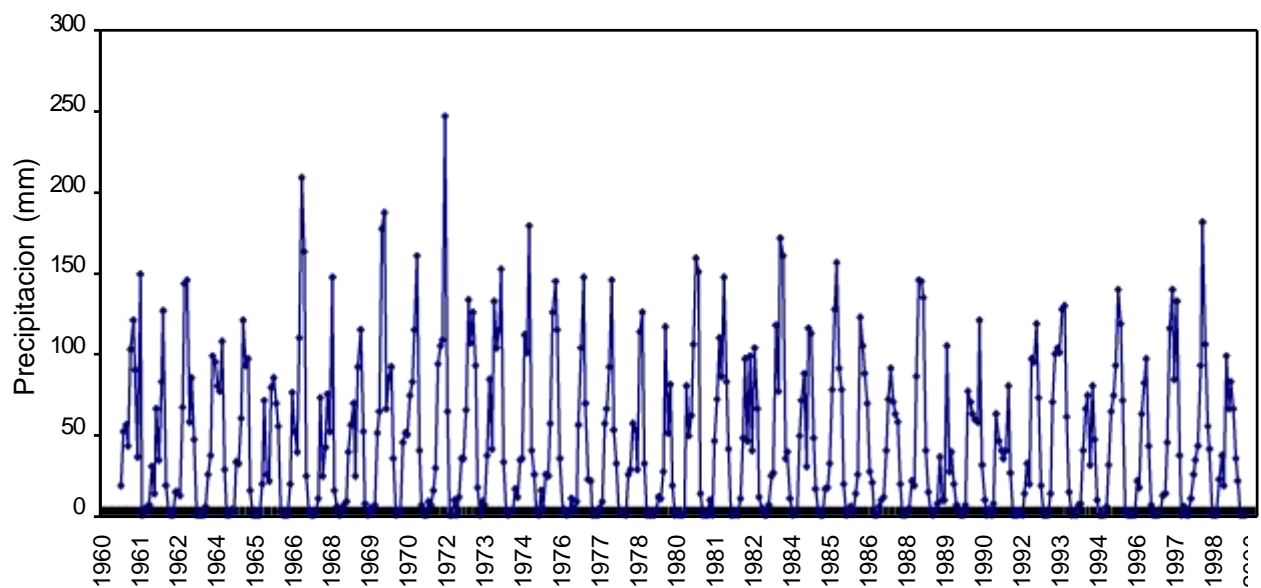


FIGURA N°20: HISTOGRAMA Pachamachay (serie homogenizada y completada)

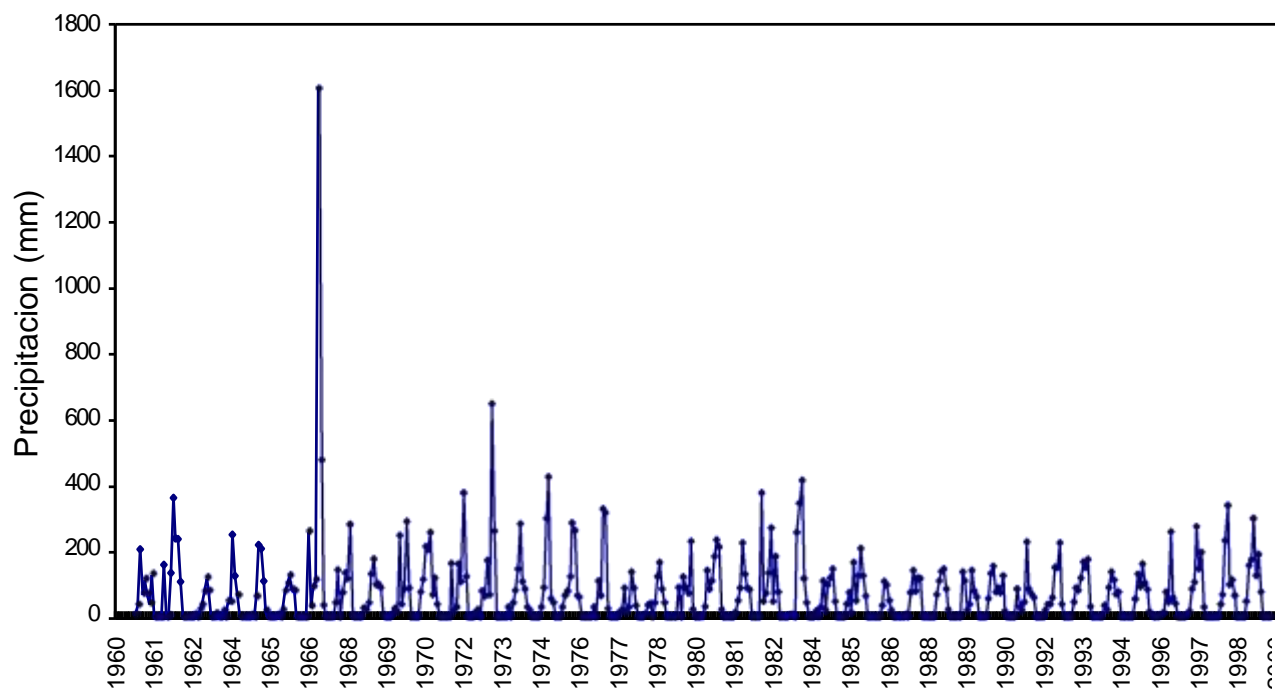
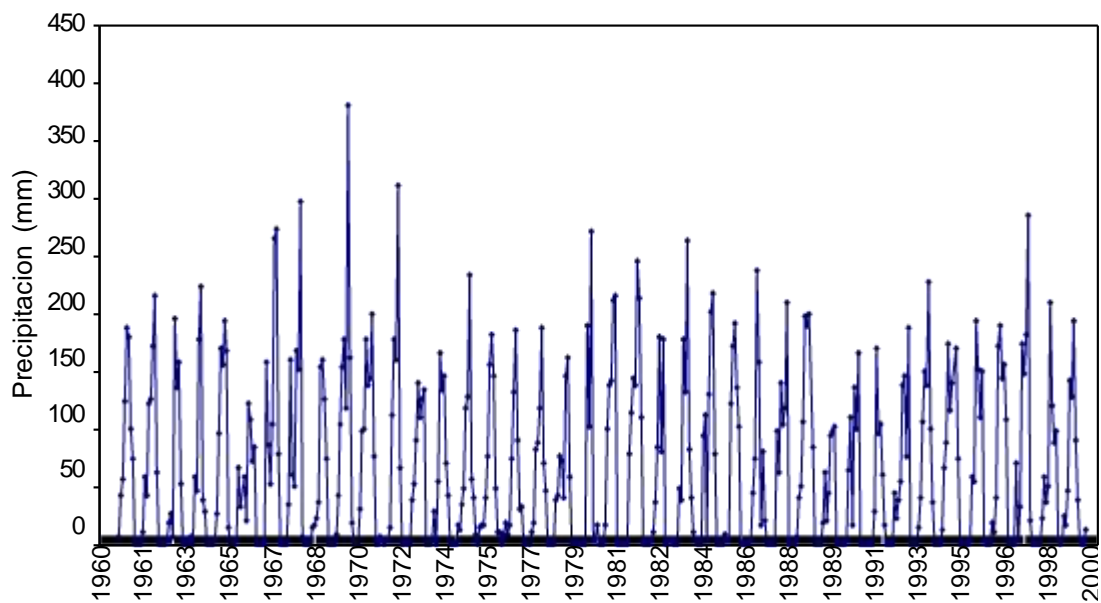


FIGURA N°21: HISTOGRAMA TUPE (serie homogenizada y completada)



6. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROMETRICA

6.1 Registros Históricos

Los registros históricos de información Hidrométrica referidas en el ítem 2.2 fueron procesados en el SIH (Sistema de Información Hidrológica), software elaborado por la Dirección General de Aguas (DGAS) para el análisis de la Información Hidrológica.

Estos registros históricos se muestran en el **ANEXO I - 1** del presente informe

6.2 Restitución de Caudales a Régimen natural

Los Caudales registrados en la estación Hidrométrica de Santo Domingo no obedecen a un régimen natural propiamente dicho debido a que existe la regulación de algunas Lagunas en las nacientes de las Subcuencas de Vichaycocha y Baños.

Estas regulaciones han venido sucediendo desde antes del año de 1969, año en que la ONERN lo menciona en el Estudio “Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa Valle Chancay – Huaral”.

Actualmente son 8 Lagunas reguladas y controladas por la Junta de Usuarios del distrito de Riego Chancay – Huaral de acuerdo a las necesidades de demandas de agua que no pueden ser cubiertos por el caudal natural instantáneo del río.

Por ello para tener saber cual es el caudal natural del río Chancay – Huaral es que se propone hacer la restitución de Caudales a Régimen Natural, sin embargo ello es dificultoso debido a que los registros de volúmenes de estas lagunas no se encuentran disponibles en su gran mayoría, contando solo con los registros a nivel mensual de los años 1999, 2000 y parte del 2001 (hasta el mes de agosto) tal como se muestra en el **ANEXO I - 2**.

En los **CUADRO N°20** se muestran los caudales medios mensuales que se retienen y aportan a la cuenca y en **CUADROS N°21** se observa cuales serían los caudales naturales para el año 1999.

CUADRO N°20: CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LAS LAGUNAS REPRESADAS
CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LAS LAGUNAS REPRESADAS - AÑO 1999

MICROCUEENCA	LAGUNA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
VICHAYCOCHA	RAHUITE	0.000	-0.317	-0.332	-0.444	0.000	0.076	0.078	0.653	0.000	0.000	0.212	0.037
	CHANCAN	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.157	-0.131	-0.060	0.000	0.000
CHICRIN	YUNCAN	0.000	1.581	-0.364	-0.521	0.000	0.617	0.000	0.000	0.000	0.000	0.876	-2.005
	CACRAY	0.000	-0.186	-0.187	0.000	0.000	0.123	0.000	0.198	-0.174	-0.037	0.008	0.235
	CHUNGAR	0.000	-1.497	-0.026	0.000	0.000	0.035	0.186	0.523	0.464	0.381	0.389	-0.571
BAÑOS	AGUASHUMAN	0.000	-1.641	-0.483	0.089	0.000	0.367	-0.146	-0.295	0.089	0.403	0.181	1.307
QUILES	QUISHA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.075	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000
	UCHUMACHAY	0.187	-0.331	-0.050	-0.054	0.000	0.108	0.072	0.000	0.058	-0.026	0.000	0.007
TOTAL		0.187	-2.390	-1.448	-0.931	0.000	1.327	0.146	1.311	0.306	0.661	1.666	-0.989

EL CAUDAL SE ENCUENTRA EN m³/s

(+) CAUDAL DE APOORTE A LA CUENCA

(-) CAUDAL RETENIDO EN LA LAGUNA

CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LAS LAGUNAS REPRESADAS - AÑO 2000

MICROCUEENCA	LAGUNA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
VICHAYCOCHA	RAHUITE	-0.082	-0.455	-0.551	0.073	0.051	0.116	0.267	0.286	0.003	0.000	-0.046	0.299
	CHANCAN	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003	0.015	0.049	0.000	0.000	0.000	-0.062	0.000
CHICRIN	YUNCAN	-0.317	-0.393	-0.560	-0.039	0.000	0.116	1.073	0.159	0.000	0.000	0.150	-0.220
	CACRAY	-0.243	0.000	0.000	0.000	0.121	0.029	0.000	0.045	0.108	0.075	-0.077	-0.056
	CHUNGAR	-1.163	-0.708	0.192	0.235	0.221	0.227	0.000	-0.369	1.080	0.456	0.339	-0.518
BAÑOS	AGUASHUMAN	-0.026	0.000	-0.280	0.000	0.000	0.108	-0.011	0.116	0.201	1.184	0.760	-2.016
QUILES	QUISHA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.075	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000
	UCHUMACHAY	0.299	-0.096	-0.052	0.000	0.105	0.074	0.037	0.041	0.035	0.019	-0.019	-0.448
TOTAL		-1.832	-1.651	-1.282	0.269	0.495	0.685	1.340	0.352	1.426	1.733	1.045	-2.959

EL CAUDAL SE ENCUENTRA EN m³/s

(+) CAUDAL DE APOORTE A LA CUENCA

(-) CAUDAL RETENIDO EN LA LAGUNA

CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LAS LAGUNAS REPRESADAS - AÑO 2001

MICROCUEENCA	LAGUNA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
VICHAYCOCHA	RAHUITE	-0.011	-0.112	0.000	0.000	0.112	0.000	0.026					
	CHANCAN	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
CHICRIN	YUNCAN	-0.373	-0.331	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
	CACRAY	-0.056	-0.145	0.009	0.125	0.075	0.019	0.000					
	CHUNGAR	-0.559	-0.419	-0.441	0.000	0.441	0.390	0.012					
BAÑOS	AGUASHUMAN	-0.765	0.062	0.105	0.000	-0.190	0.000	0.000					
QUILES	QUISHA	-0.406	0.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
	UCHUMACHAY	-0.091	0.000	0.000	0.000	0.037	0.058	-0.052					
TOTAL		-2.262	-0.494	-0.327	0.125	0.474	0.468	-0.014					

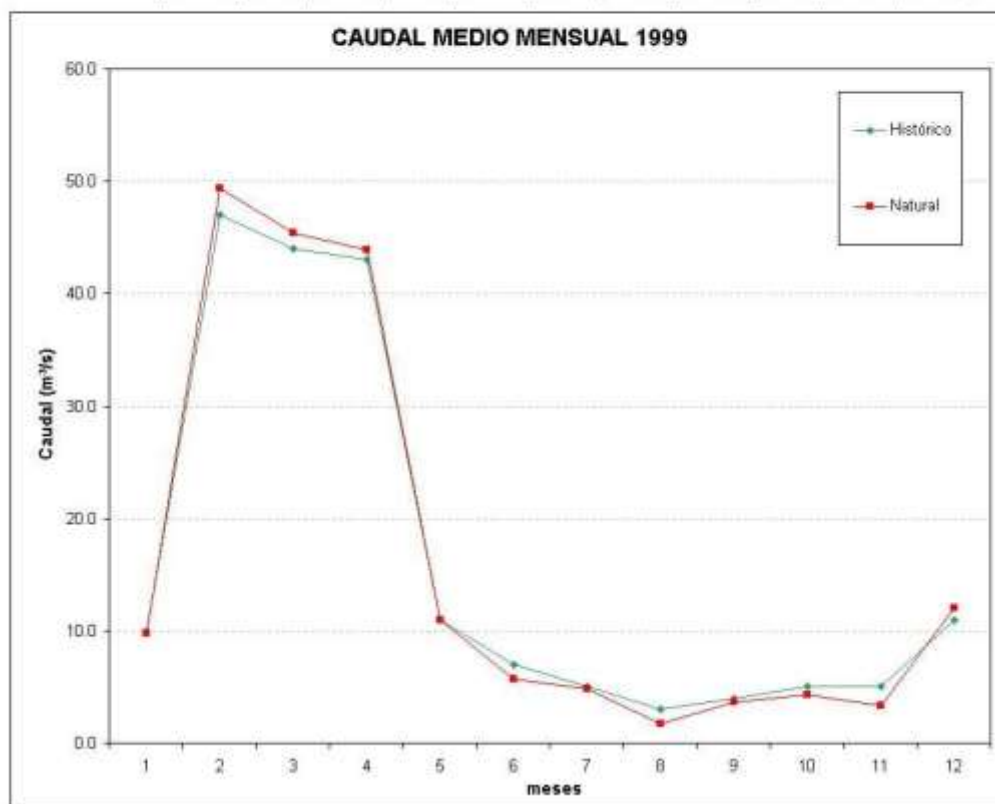
EL CAUDAL SE ENCUENTRA EN m³/s

(+) CAUDAL DE APOORTE A LA CUENCA

(-) CAUDAL RETENIDO EN LA LAGUNA

CUADRO N°21: RESTITUCIÓN DE CAUDALES A REGIMEN NATURAL - AÑO 1999

CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
REGISTRO HISTORICO	10.0	47.0	44.0	43.0	11.0	7.0	5.0	3.0	4.0	5.0	5.0	11.0
RESTITUIDO A NATURAL	9.8	49.4	45.4	43.9	11.0	5.7	4.9	1.7	3.7	4.3	3.3	12.0



En conclusión se determinó que por lo general durante los meses de Diciembre a Marzo (meses de lluvia) se cierran las compuertas de los Represamientos para almacenar agua, para luego ser utilizado durante los meses de estiaje. Apreciándose que el hidrograma de caudales naturales medio mensual para el Río Chancay – Huaral para un año serían mayores a los presentados en los registros históricos hasta en un orden de 3.00m³/s durante los meses de Diciembre a Marzo y serían menores a los presentados en los registros históricos hasta en un orden de 1.70m³/s durante los meses de estiaje.

En consecuencia se decidió trabajar con los registros históricos por la poca información presentada pero tomando en consideración cual sería el rango de variación de los caudales naturales.

6.3 Análisis de Consistencia

6.3.1 Análisis de Histogramas

En las **FIGURAS N°22 – 25** mostramos los Histogramas de caudales medios mensuales para las 4 estaciones seleccionadas:

FIGURA N°22: HISTOGRAMA SANTO DOMINGO (serie histórica))

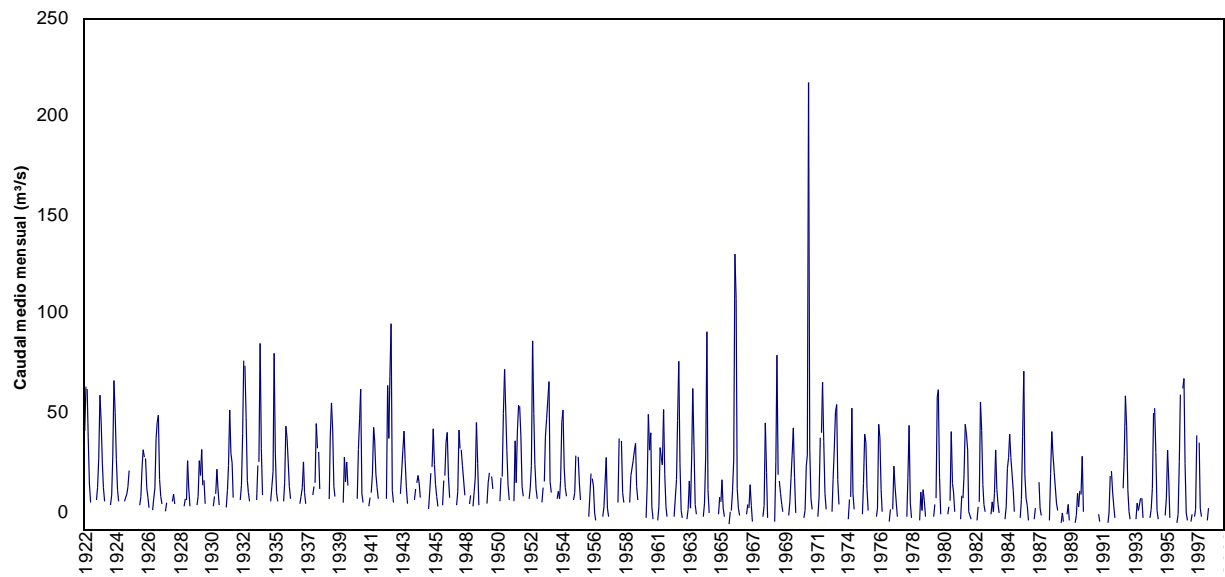


FIGURA N°23: HISTOGRAMA PUENTE ALCO (serie histórica))

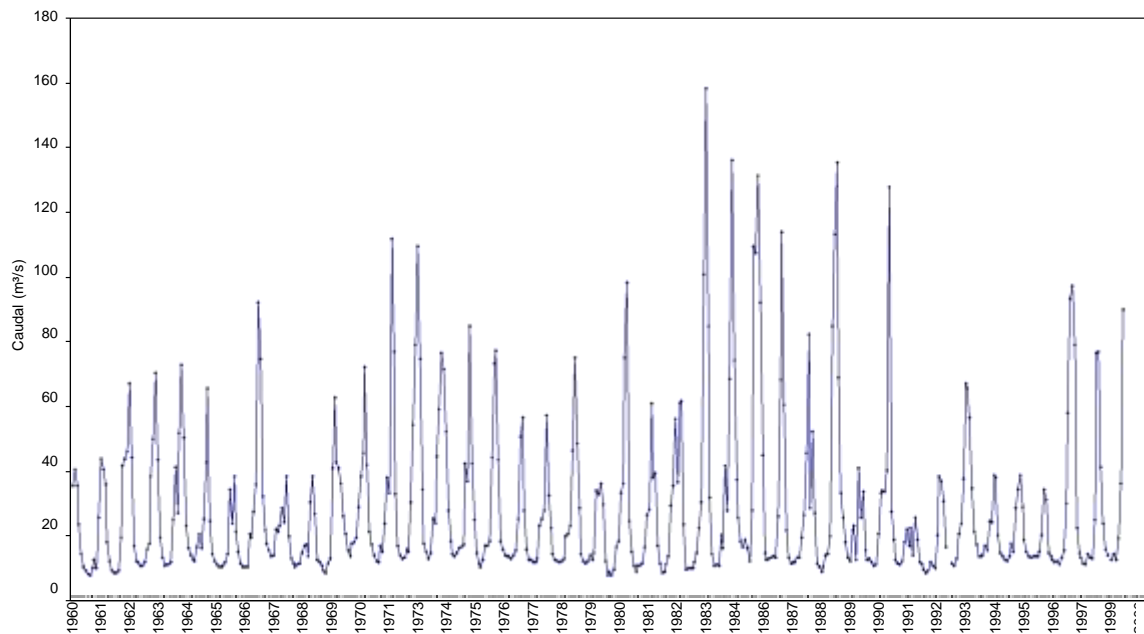


FIGURA N°24: HISTOGRAMA PUENTE MAGDALENA (serie histórica)

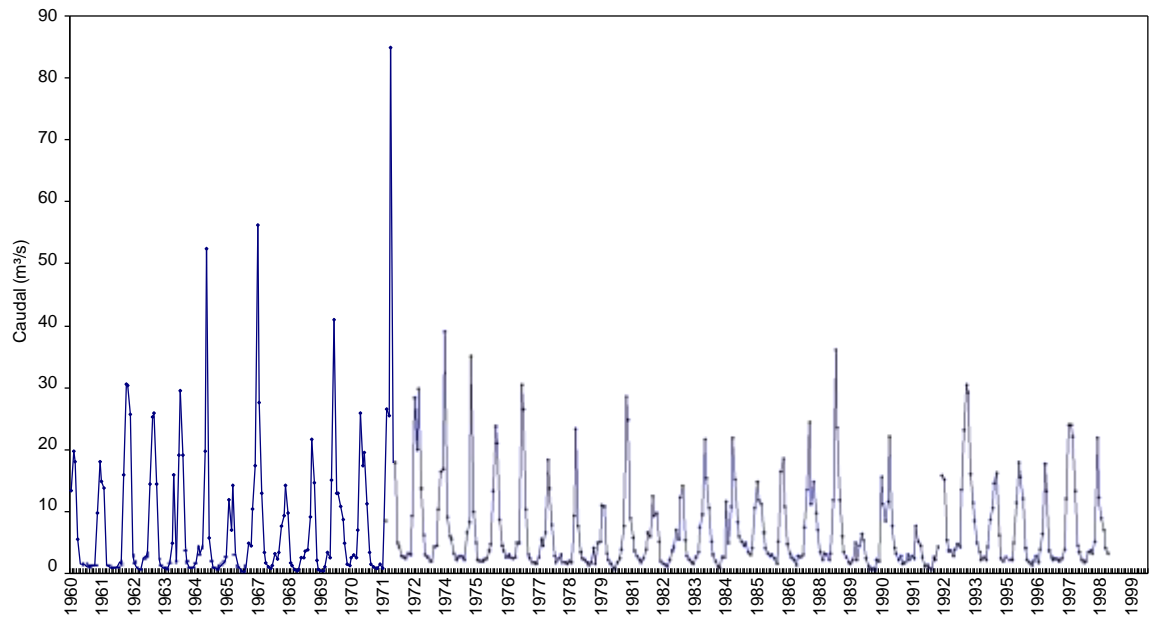
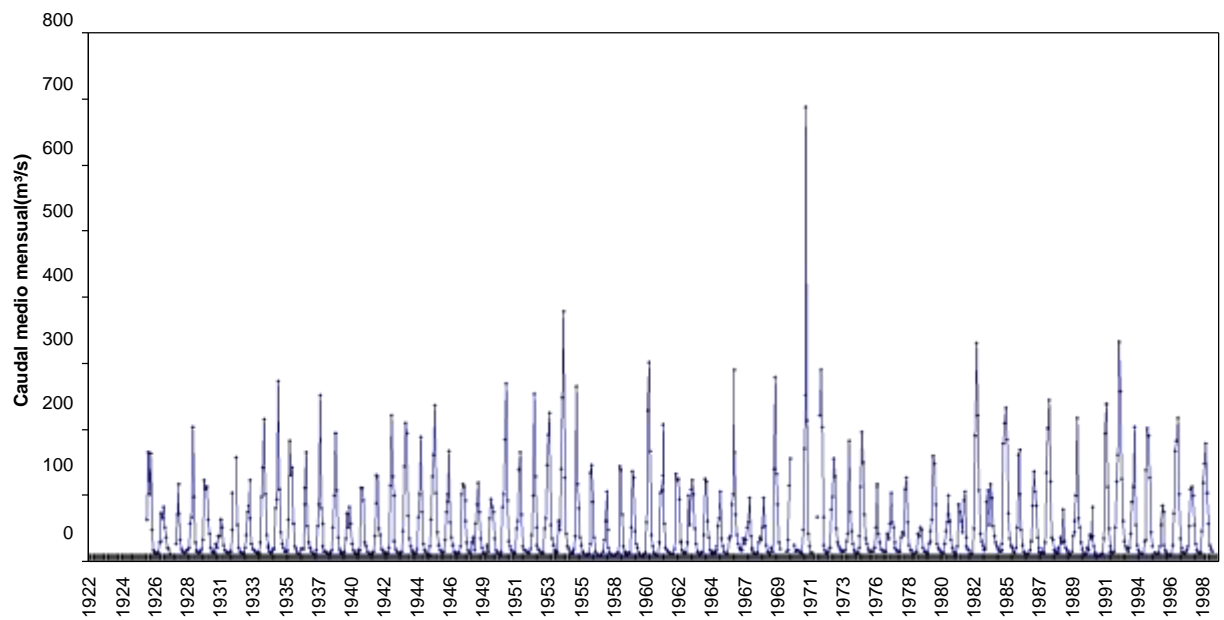


FIGURA N°25: HISTOGRAMA TOMAS IMPERIAL - SOCSI (serie histórica)



6.3.2 Análisis de Doble Masa

Se determina la consistencia de una estación respecto a una estación índice o a un promedio de estaciones considerada homogénea. Para el presente estudio el análisis de doble masa para caudales medios mensuales se realizó agrupando a las estaciones en 2 grupos de acuerdo al tamaño de sus registros. Para obtener un mejor análisis los meses con falta de información se completaron con la media mensual.

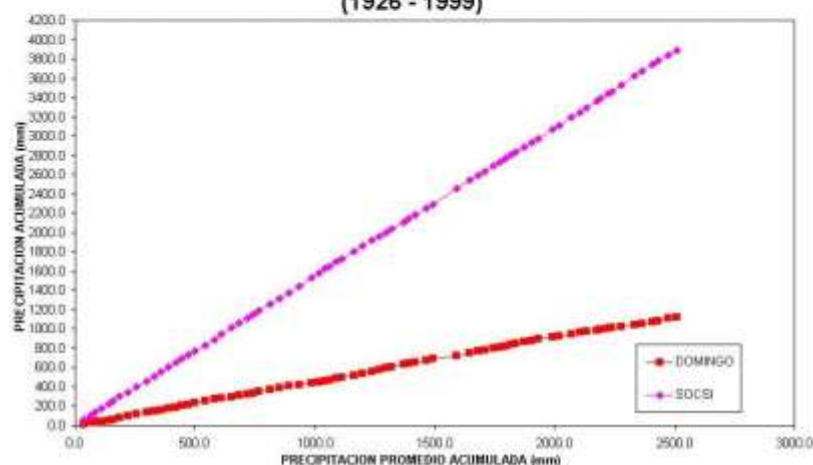
- Grupo de Análisis 1: Conformada por las estaciones de Santo Domingo y Tomas Imperial – Socsi para un periodo común de 1926 - 1999
- Grupo de Análisis 2: Conformada por las estaciones de Santo Domingo, Tomas Imperial – Socsi , Pte. Magdalena y Pte. Alco para un periodo común de 1960 - 1999

En los **CUADRO N°22 y 23** se muestran los análisis de doble masa para el grupo 1 y 2 respectivamente.

CUADRO N°22: DIAGRAMA DE DOBLE MASA DE PRECIPITACIÓN – GRUPO 1 (1926 – 1999)

AÑO	CAUDAL ANUAL (m³/s)				CAUDAL ANUAL ACUMULADA (m³/s)			
	DOMINGO	SOCS	PROMEDIO	DOMINGO	SOCS	PROMEDIO	DOMINGO	SOCS
1926	14.3	54.4	34.3	14.3	54.4	34.3	14.3	54.4
1927	16.5	43.7	30.1	30.8	98.1	64.4	30.8	98.1
1928	4.4	34.6	19.5	36.2	132.7	63.9	36.2	132.7
1929	7.1	47.0	27.1	42.3	175.7	111.0	42.3	175.7
1930	11.3	46.0	26.9	53.5	226.3	139.9	53.5	226.3
1931	7.0	27.8	17.3	60.5	283.9	157.2	60.5	283.9
1932	15.0	43.6	28.3	75.5	359.5	186.5	75.5	359.5
1933	24.2	39.5	31.9	107.7	437.0	218.3	107.7	437.0
1934	17.8	58.9	35.3	117.5	495.9	256.7	117.5	495.9
1935	16.6	63.1	39.6	134.1	559.0	286.5	134.1	559.0
1936	13.4	52.1	32.8	147.4	611.1	309.3	147.4	611.1
1937	8.9	47.5	28.2	156.4	659.6	327.5	156.4	659.6
1938	14.7	48.2	31.5	171.1	698.8	360.9	171.1	698.8
1939	16.9	49.3	33.1	198.0	748.1	422.1	198.0	748.1
1940	12.8	31.5	22.1	200.8	687.6	444.2	200.8	687.6
1941	16.0	38.5	27.3	216.8	726.1	471.6	216.8	726.1
1942	14.1	44.0	29.0	230.9	770.1	500.5	230.9	770.1
1943	26.7	59.3	43.0	257.6	829.4	543.5	257.6	829.4
1944	13.9	62.1	38.0	271.5	891.5	581.5	271.5	891.5
1945	8.4	49.0	28.7	279.8	940.5	610.2	279.8	940.5
1946	14.7	71.2	43.0	294.6	1011.7	653.1	294.6	1011.7
1947	13.8	46.0	29.9	308.3	1057.7	683.0	308.3	1057.7
1948	15.8	51.6	33.7	324.2	1109.3	716.7	324.2	1109.3
1949	11.8	38.6	25.2	336.0	1147.9	741.9	336.0	1147.9
1950	10.4	41.0	25.7	346.4	1188.9	767.6	346.4	1188.9
1951	20.4	70.8	45.6	366.8	1259.7	813.2	366.8	1259.7
1952	19.4	54.5	37.0	386.3	1314.2	850.2	386.3	1314.2
1953	19.6	61.1	40.3	405.9	1375.2	890.6	405.9	1375.2
1954	17.7	69.0	43.3	423.5	1444.2	933.9	423.5	1444.2
1955	15.0	86.1	50.6	438.6	1530.3	984.4	438.6	1530.3
1956	11.5	51.2	31.4	450.0	1581.6	1015.8	450.0	1581.6
1957	10.1	41.4	25.7	460.2	1622.9	1041.6	460.2	1622.9
1958	9.9	27.1	18.5	470.0	1650.1	1060.1	470.0	1650.1
1959	14.3	41.4	27.8	484.3	1691.4	1087.9	484.3	1691.4
1960	12.3	34.3	23.3	496.6	1725.8	1111.2	496.6	1725.8
1961	21.2	81.8	51.5	517.8	1807.6	1162.7	517.8	1807.6
1962	17.0	50.2	33.6	534.8	1857.8	1196.3	534.8	1857.8
1963	22.1	58.3	40.2	556.9	1916.1	1236.5	556.9	1916.1
1964	18.2	43.6	30.9	575.1	1969.6	1267.4	575.1	1969.6
1965	18.1	39.5	28.8	593.2	1999.2	1296.2	593.2	1999.2
1966	10.5	39.2	24.8	603.7	2036.3	1321.0	603.7	2036.3
1967	30.1	69.3	49.7	633.8	2107.6	1370.7	633.8	2107.6
1968	6.2	31.6	19.9	642.0	2139.2	1390.6	642.0	2139.2
1969	13.6	30.8	26.2	655.6	2176.0	1416.8	655.6	2176.0
1970	18.3	75.1	46.7	673.9	2253.1	1463.5	673.9	2253.1
1971	15.9	41.7	28.8	689.9	2294.8	1492.3	689.9	2294.8
1972	33.5	163.5	86.5	723.3	2458.3	1590.8	723.3	2458.3
1973	25.1	86.2	55.7	748.5	2544.5	1646.5	748.5	2544.5
1974	20.3	47.3	33.8	768.8	2591.8	1680.3	768.8	2591.8
1975	13.6	41.3	27.5	782.4	2633.1	1707.8	782.4	2633.1
1976	15.4	56.2	35.5	797.8	2689.3	1743.6	797.8	2689.3
1977	15.3	41.2	25.3	813.1	2730.6	1771.8	813.1	2730.6
1978	10.0	37.2	23.6	823.1	2767.9	1795.5	823.1	2767.9
1979	11.3	36.7	24.0	834.4	2804.5	1819.5	834.4	2804.5
1980	9.5	26.3	18.9	843.9	2832.8	1836.3	843.9	2832.8
1981	19.4	51.5	35.4	863.3	2884.3	1893.8	863.3	2884.3
1982	14.5	45.9	30.2	877.8	2930.2	1904.0	877.8	2930.2
1983	17.9	38.6	28.2	895.6	2969.8	1932.2	895.6	2969.8
1984	18.0	98.9	58.4	913.6	3067.7	1990.7	913.6	3067.7
1985	12.4	40.6	26.5	926.1	3108.3	2017.2	926.1	3108.3
1986	18.4	86.9	52.7	944.5	3195.2	2069.6	944.5	3195.2
1987	18.3	49.6	33.9	962.7	3244.8	2103.7	962.7	3244.8
1988	9.8	45.6	27.7	972.5	3290.4	2131.4	972.5	3290.4
1989	16.2	70.5	43.4	988.7	3360.9	2174.8	988.7	3360.9
1990	7.4	26.7	17.0	996.1	3387.6	2191.8	996.1	3387.6
1991	12.1	49.7	30.9	1008.2	3437.3	2222.7	1008.2	3437.3
1992	4.5	22.5	13.5	1012.7	3459.8	2236.3	1012.7	3459.8
1993	12.9	72.3	42.6	1025.6	3532.1	2278.9	1025.6	3532.1
1994	19.6	90.5	65.0	1045.2	3622.6	2333.9	1045.2	3622.6
1995	8.0	49.9	29.0	1053.2	3672.5	2362.9	1053.2	3672.5
1996	18.4	71.4	44.9	1071.6	3743.9	2407.8	1071.6	3743.9
1997	12.5	32.3	22.4	1084.1	3776.2	2430.2	1084.1	3776.2
1998	24.2	66.5	45.3	1108.3	3842.7	2475.5	1108.3	3842.7
1999	16.3	49.5	32.9	1124.6	3892.3	2508.4	1124.6	3892.3

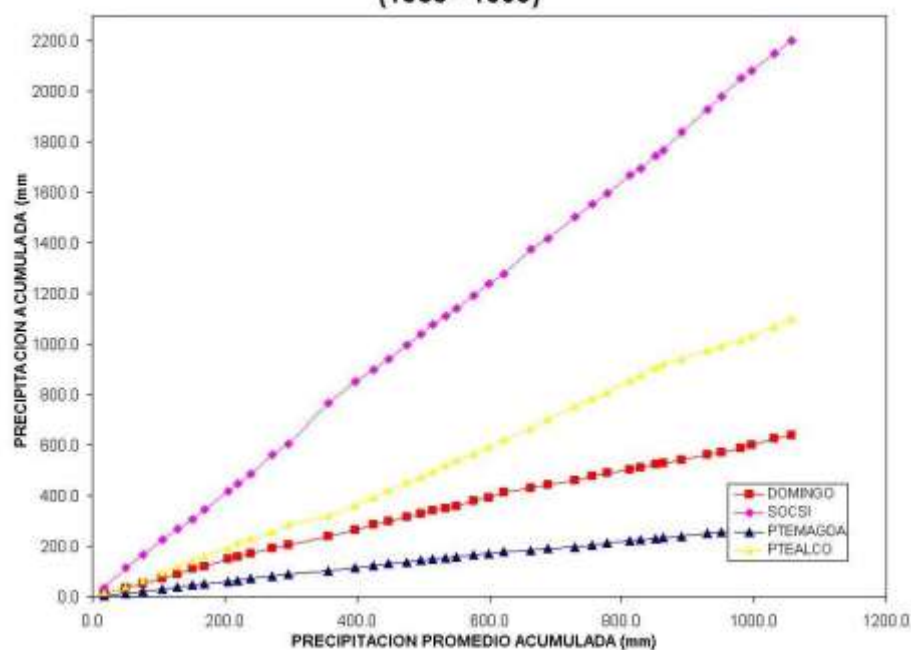
**DIAGRAMA DE DOBLE MASA
(1926 - 1999)**



CUADRO N°23: DIAGRAMA DE DOBLE MASA DE PRECIPITACIÓN – GRUPO 2 (1960 – 1999)

año	CAUDAL ANUAL (m³/s)					CAUDAL ANUAL ACUMULADA (m³/s)				
	DOMINGO	SOCSE	PTEMAGDA	PTEALCO	PROMEDIO	DOMINGO	SOCSE	PTEMAGDA	PTEALCO	PROMEDIO
1960	12.3	34.3	5.6	17.6	17.5	12.3	34.3	5.6	17.6	17.5
1961	21.2	81.8	5.5	22.3	32.7	33.5	116.2	11.1	40.0	50.2
1962	17.0	50.2	9.9	25.3	25.6	50.5	166.4	20.9	65.3	75.8
1963	22.1	58.3	9.0	28.4	29.5	72.6	224.6	30.0	93.7	105.2
1964	18.2	43.6	7.3	27.4	24.1	90.8	268.2	37.3	121.1	129.4
1965	18.1	39.5	7.8	20.7	21.5	108.9	307.7	45.1	141.9	150.9
1966	10.5	39.2	5.0	19.8	18.6	119.4	346.9	50.1	161.6	169.5
1967	30.1	69.3	10.9	31.6	35.5	149.5	416.1	61.0	193.3	205.0
1968	8.2	31.6	4.5	17.6	15.5	157.7	447.7	65.5	210.9	220.5
1969	13.6	38.6	6.2	18.5	19.3	171.3	486.6	71.8	229.4	239.8
1970	18.3	75.1	9.1	28.1	32.6	189.6	561.7	80.9	257.5	272.4
1971	15.9	41.7	7.7	27.2	23.1	205.6	603.4	88.6	284.6	295.5
1972	33.5	163.5	15.5	33.9	61.8	239.0	766.9	104.1	318.5	357.1
1973	25.1	66.2	10.4	41.9	40.9	264.2	853.1	114.5	360.4	398.0
1974	20.3	47.3	8.9	32.8	27.3	284.5	900.4	123.4	393.3	425.4
1975	13.6	41.3	6.8	27.4	22.3	298.1	941.7	130.1	420.6	447.6
1976	15.4	55.2	7.5	29.3	27.1	313.5	997.9	137.7	449.9	474.7
1977	15.3	41.2	7.7	23.5	21.9	328.8	1039.1	145.4	473.4	496.7
1978	10.0	37.2	5.1	21.0	18.3	338.8	1076.3	150.5	494.3	515.0
1979	11.3	36.7	4.8	25.7	19.6	350.1	1113.1	155.3	520.0	534.6
1980	9.5	28.3	3.8	20.2	15.4	359.6	1141.4	159.1	540.2	550.1
1981	19.4	51.5	8.0	28.3	26.8	379.0	1192.9	167.1	568.5	576.9
1982	14.5	45.9	4.6	24.8	22.5	393.5	1238.7	171.7	593.3	599.3
1983	17.9	38.6	5.3	26.9	22.1	411.3	1277.3	177.0	620.2	621.5
1984	18.0	98.9	7.0	43.9	42.0	429.3	1376.3	184.0	664.2	663.4
1985	12.4	40.6	7.5	39.7	25.1	441.8	1416.9	191.5	703.9	688.5
1986	18.4	86.9	6.2	49.0	40.1	460.2	1503.8	197.7	752.9	728.6
1987	18.3	49.6	6.1	31.7	26.4	478.4	1553.3	203.8	784.6	755.0
1988	9.8	45.6	7.9	26.7	22.5	488.2	1598.9	211.8	811.3	777.6
1989	15.2	70.5	8.8	46.5	35.5	504.4	1669.4	220.6	857.9	813.1
1990	7.4	26.7	4.2	21.5	14.9	511.8	1696.1	224.8	879.3	828.0
1991	12.1	49.7	5.7	29.0	24.1	523.9	1745.8	230.4	908.3	852.1
1992	4.5	22.5	2.6	13.1	10.7	528.4	1768.4	233.0	921.4	862.8
1993	12.9	72.3	6.8	21.8	28.4	541.3	1840.7	238.8	943.2	881.3
1994	19.6	90.5	11.4	30.8	38.1	560.9	1931.2	251.2	974.1	929.3
1995	8.0	49.9	6.4	20.0	21.1	568.9	1981.1	257.5	994.1	960.4
1996	18.4	71.4	5.2	20.2	29.0	587.3	2052.5	263.7	1014.3	979.4
1997	12.5	32.3	5.6	17.9	17.1	599.8	2084.8	269.3	1032.2	986.5
1998	24.2	66.5	8.8	36.4	34.0	624.0	2151.3	278.1	1068.6	1030.5
1999	16.3	49.5	8.7	29.8	26.1	640.3	2200.8	286.8	1098.4	1056.6

**DIAGRAMA DE DOBLE MASA
(1960 - 1999)**



6.3.3 Análisis de Tendencias

Se realizó el análisis de Tendencias llegando a la conclusión que el registro histórico de la Estación Santo Domingo no muestra tendencias marcadas en el tiempo.

De los Análisis de los histogramas y doble masa se determinaron realizar el análisis estadístico de salto para las siguientes estaciones.

En el **CUADRO N°24** se muestran los resultados del análisis que no presentaron saltos significativos

CUADRO N°24: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Desv. Std.	Prueba Estadística 95%				Salto significativo		Ecuación de Corrección
						Tc	Ti	Fc	Fi	Media	Desv. Std.	
STO. DOMINGO	1922	1971	584	15.020	17.327	0.039	1.963	1.1987	1.174	NO	NO	
	1972	1999	319	14.974	16.097							

6.4 Completación y extensión de la Información Hidrométrica

Una vez corregida la información se procedió a la Completación y extensión de los caudales medios mensuales de la estación de Santo Domingo para el periodo de 1922 – 1999.

Esta Completación y extensión ha sido desarrollada en dos etapas. En la primera etapa se realizó una completación manual a nivel mensual en aquellos meses donde el número de datos faltantes a nivel diario no supera los 3 datos, tomándose el promedio de los datos existentes.

En la segunda etapa se realizó la completación de unos pocos datos faltantes mediante correlación múltiple usando para ello el programas desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos denominado HEC4.

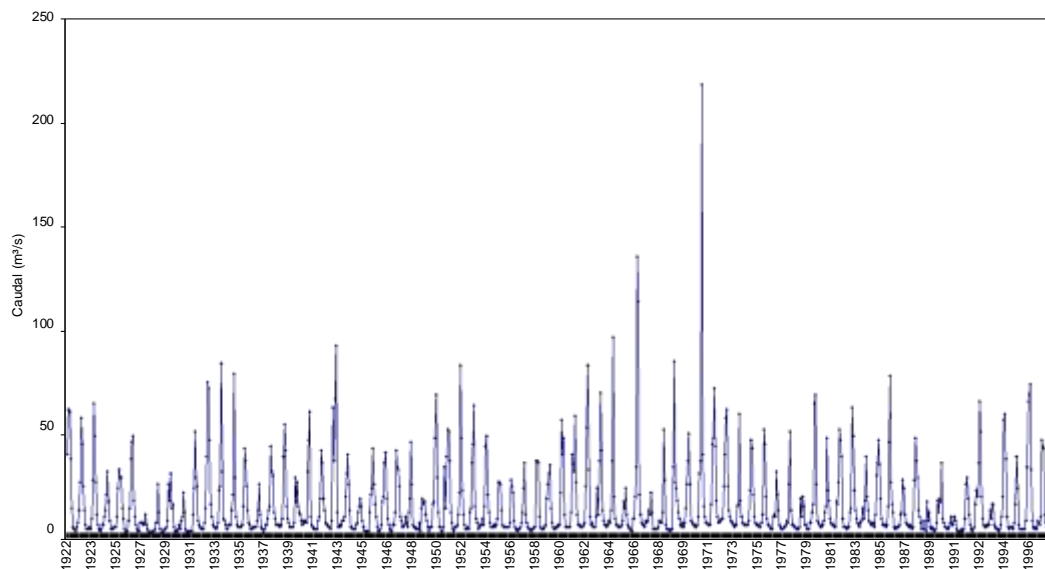
La aplicación del HEC4 se realizó en un solo grupo:

- Grupo 1: Conformada por las estaciones de Santo Domingo, Pte. Alco, Pte. Magdalena, Tomas Imperial – Socsi.

Los Registros Homogenizados y Completados de Caudales Medios Mensuales se presentan en el **ANEXO I - 3**.

A continuación se presenta el histograma de los caudales medios mensual de las serie homogenizada y completada de la Estación Santo Domingo (**FIGURAS N° 26**).

FIGURA N°26: HISTOGRAMA SANTO DOMINGO (serie homogenizada y completada)



7. ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO DE LA CUENCA

7.1 Ecuación Regional de Precipitación

El comportamiento pluviométrico de la cuenca describe una correlación respecto a la altitud, es decir que se produce un gradiente de precipitación, donde se evidencia que a mayor altitud mayor precipitación (**VER ANEXO V - MAPA N°13**).

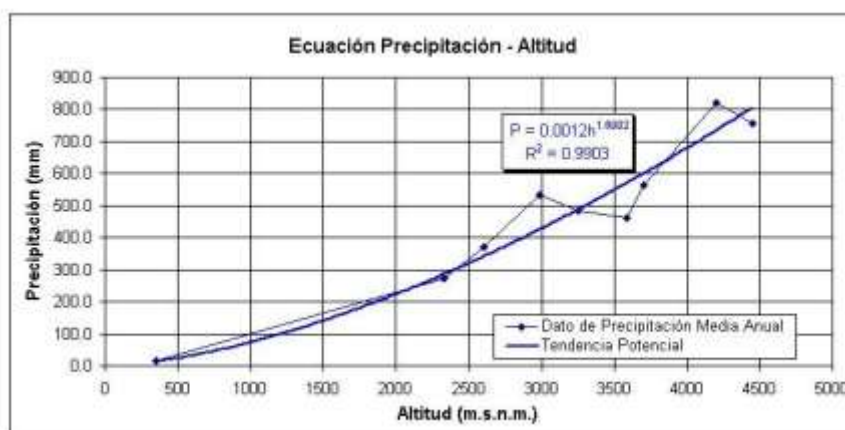
Para la Precipitación total media anual (**VER CUADRO N°25**) se determina una Ecuación Regional con tendencia potencial tal como se muestra en el **CUADRO N°26**.

CUADRO N°25: PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL

AÑO	SANTA CRUZ	PIRCA	CARAC	PALLAC	HUAYAN	PICOY	PACHAMAC HAY	TUPE	HUAROS	LOMAS DE LACHAY
1960	921.0	738.0	581.0	553.0	18.0	680.0	1268.0	1069.0	1164.0	71.0
1961	525.0	500.0	356.0	296.0	18.0	621.0	689.0	780.0	318.0	91.0
1962	718.0	380.0	425.0	500.0	26.0	515.0	995.0	635.0	650.0	110.0
1963	460.0	149.0	336.0	326.0	10.0	502.0	403.0	658.0	371.0	123.0
1964	420.0	540.0	267.0	158.0	9.0	518.0	589.0	767.0	470.0	88.0
1965	443.0	352.0	352.0	239.0	17.0	462.0	679.0	716.0	493.0	132.0
1966	484.0	450.0	352.0	230.0	23.0	476.0	783.0	687.0	481.0	137.0
1967	602.0	787.0	453.0	350.0	20.0	660.0	2495.0	1032.0	668.0	166.0
1968	362.0	245.0	135.0	98.0	1.0	474.0	758.0	717.0	217.0	39.0
1969	503.0	596.0	311.0	227.0	6.0	596.0	768.0	825.0	403.0	84.0
1970	537.0	343.0	344.0	302.0	39.0	689.0	1107.0	1270.0	440.0	77.0
1971	686.0	229.0	349.0	255.0	32.0	557.0	689.0	899.0	409.0	102.0
1972	672.0	683.0	585.0	487.0	29.0	681.0	946.0	803.0	506.0	96.0
1973	952.0	606.0	471.0	288.0	15.0	766.0	1220.0	766.0	806.0	47.0
1974	639.0	423.0	329.0	202.0	7.0	508.0	779.0	505.0	357.0	51.0
1975	587.0	552.0	344.0	279.0	8.0	586.0	1206.0	751.0	376.0	47.0
1976	551.0	734.0	364.0	285.0	19.0	505.0	812.0	681.0	254.0	71.0
1977	511.0	437.0	367.0	401.0	5.0	499.0	670.0	673.0	251.0	116.0
1978	364.0	121.0	256.0	140.0	2.0	489.0	414.0	655.0	156.0	70.0
1979	387.0	484.0	260.0	273.0	13.0	351.0	626.0	408.0	160.0	163.0
1980	409.0	134.0	271.0	152.0	1.0	461.0	790.0	845.0	416.0	51.0
1981	685.0	821.0	433.0	289.0	10.0	667.0	801.0	909.0	684.0	86.0
1982	730.0	726.0	362.0	190.0	4.0	560.0	1153.0	847.0	410.0	79.0
1983	514.0	433.0	419.0	411.0	12.0	498.0	843.0	709.0	206.0	121.0
1984	756.0	688.0	577.0	328.0	5.0	704.0	1097.0	744.0	1250.0	78.0
1985	457.0	677.0	343.0	126.0	0.0	469.0	688.0	769.0	319.0	63.0
1986	739.0	883.0	460.0	255.0	6.0	641.0	602.0	727.0	277.0	106.0
1987	379.0	290.0	260.0	111.0	8.0	446.0	356.0	675.0	249.0	75.0
1988	484.0	478.0	342.0	183.0	7.0	431.0	634.0	778.0	349.0	73.0
1989	642.0	730.0	347.0	299.0	12.0	546.0	657.0	820.0	482.0	83.0
1990	372.0	678.0	266.0	196.0	15.0	413.0	737.0	494.0	274.0	71.0
1991	444.0	121.0	285.0	165.0	13.0	437.0	484.0	603.0	309.0	78.0
1992	444.0	342.0	151.0	33.0	31.0	247.0	591.0	436.0	204.0	151.0
1993	640.0	446.0	427.0	308.0	1.0	689.0	897.0	864.0	727.0	2.0
1994	693.0	517.0	367.0	280.0	3.0	554.0	667.0	848.0	665.0	89.0
1995	386.0	394.0	278.0	216.0	6.0	415.0	575.0	620.0	481.0	65.0
1996	584.0	458.0	374.0	241.0	12.0	527.0	559.0	852.0	516.0	43.0
1997	399.0	352.0	399.0	358.0	12.0	415.0	615.0	881.0	397.0	210.0
1998	550.0	364.0	521.0	453.0	40.0	511.0	753.0	757.0	526.0	321.0
1999	705.0	473.0	554.0	358.0	24.0	653.0	1223.0	806.0	578.0	108.0
2000	780.0	529.0	511.0	388.0	16.0	354.0	925.0	782.0	718.0	150.0
MEDIA	663.6	485.2	370.8	273.9	13.5	531.5	822.0	755.2	463.2	97.1

CUADRO N°26: ECUACIÓN REGIONAL DE PRECIPITACION

CUENCA	CÓDIGO DE ESTACIÓN	ESTACIÓN	ALTITUD (m. s. n. m.)	PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL (mm)
CHANCAY - HUARAL	154109	HUAYAN	350	13.5
CHANCAY - HUARAL	155205	PALLAC	2333	273.9
CHANCAY - HUARAL	155203	CARAC	2600	370.8
HUAURA	155126	PICOY	2990	531.5
CHANCAY - HUARAL	152158	PIRCA	3255	485.2
CHILLON	155218	HUARIOS	3585	463.2
CHANCAY - HUARAL	152303	SANTA CRUZ	3700	563.6
HUAURA	155207	PACHAMACHAY	4200	622.0
HUAURA	155219	TUPE	4450	755.2



7.2 Precipitación Areal Media Anual de la Cuenca

La precipitación areal se ha desarrollado para la cuenca conformada hasta la Estación Santo Domingo para lo cual se han empleado tres metodologías que muestran en el [ANEXO V - MAPA N°13](#).

7.2.1 Método de Thiessen

En esta se han determinado los polígonos de Thiessen requeridos para el cálculo de la precipitación areal de la Cuenca Chancay – Huaral tal como se aprecia en el [CUADRO N°27](#).

CUADRO N°27: PRECIPITACIÓN AREAL DE LA CUENCA POR POLÍGONOS DE THIESEN

CUENCA	ESTACIÓN	ALTITUD (m. s. n. m.)	PRECIPITACION TOTAL MEDIA ANUAL (mm)	AREA DE THIESEN		PRECIPITACION AREAL (mm)
				km²	%	
CHANCAY - HUARAL	HUAYAN	350	13.5	59.61	3.22%	0.44
CHANCAY - HUARAL	PALLAC	2333	273.9	496.26	26.82%	73.46
CHANCAY - HUARAL	CARAC	2600	370.8	367.86	19.88%	73.72
CHANCAY - HUARAL	PIRCA	3255	485.2	218.64	11.82%	57.34
CHILLON	HUARIOS	3585	463.2	102.29	5.53%	25.61
CHANCAY - HUARAL	SANTA CRUZ	3700	563.6	353.90	19.13%	107.79
HUAURA	PACHAMACHAY	4200	622.0	78.64	4.25%	34.94
HUAURA	TUPE	4450	755.2	173.10	9.36%	70.65
TOTAL				1850.31	100.00%	443.93

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA ESTACION SANTO DOMINGO.

7.2.2 Método de las Isoyetas

Este método, basado en la variación de la precipitación con la altitud, ha determinado la precipitación areal de la cuenca en base a las isoyetas trazadas en el SIG cada 50m. tal como se aprecia en el **CUADRO N°28**.

CUADRO N°28: PRECIPITACIÓN AREAL DE LA CUENCA POR ISOYETAS

RANGO	PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL (mm)	AREA DE ISOYETAS		PRECIPITACIÓN AREAL (mm)
		km²	%	
0-50	25.0	0.00	0.00%	0.00
50-100	75.0	1.63	0.09%	0.07
100-150	125.0	29.72	1.61%	2.01
150-200	175.0	77.00	4.16%	7.28
200-250	225.0	138.13	7.47%	16.80
250-300	275.0	272.08	14.70%	40.44
300-350	325.0	203.65	11.01%	36.77
350-400	375.0	125.00	6.76%	25.33
400-450	425.0	101.97	5.51%	23.42
450-500	475.0	92.21	4.98%	23.67
500-550	525.0	82.47	4.46%	23.40
550-600	575.0	78.27	4.23%	24.32
600-650	625.0	78.26	4.23%	26.44
650-700	675.0	78.29	4.23%	28.56
700-750	725.0	78.35	4.23%	30.70
750-800	775.0	83.11	4.49%	34.81
800-850	825.0	84.79	4.58%	37.80
850-900	875.0	72.52	3.92%	34.29
900-950	925.0	60.51	3.27%	30.25
950-1000	975.0	42.53	2.30%	22.41
1000-1050	1025.0	34.19	1.85%	18.94
1050-1100	1075.0	30.89	1.67%	17.95
1100-1150	1125.0	4.72	0.26%	2.87
TOTAL		1850.30	100.00%	504.66

NOTA: SE REALIZÓ LA PRECIPITACIÓN AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA ESTACIÓN SANTO DOMINGO.

7.2.3 Método de Thiesen Modificado

Este método, basado en la combinación de los dos métodos anteriores, presenta la ventaja adicional de poder determinar coeficientes de intervención de las diferentes estaciones. En el **ANEXO II - 3** se detalla la precipitación areal por el método de las isoyetas para cada estación y en el **CUADRO N°29** se hace el cálculo de la precipitación areal anual por este método descrito.

CUADRO N°29: PRECIPITACIÓN AREAL DE LA CUENCA POR THIESEN MODIFICADO

CUENCA	ESTACIÓN	PRECIPITACION AREAL POR METODO DE LA ISOYETA POR	AREA DE THIESEN		PRECIPITACION AREAL (mm)
			km²	%	
CHANCAY - HUARAL	HUAYAN	152.0	59.61	3.22%	4.90
CHANCAY - HUARAL	PALLAC	257.5	496.26	26.82%	69.07
CHANCAY - HUARAL	CARAC	408.6	367.86	19.88%	81.23
CHANCAY - HUARAL	PIRCA	461.1	218.64	11.82%	54.48
CHILLON	HUAROS	650.8	102.29	5.53%	35.98
CHANCAY - HUARAL	SANTA CRUZ	768.1	353.90	19.13%	146.92
HUAURA	PACHAMACHAY	684.1	78.64	4.25%	29.07
HUAURA	TUPE	918.2	173.10	9.36%	85.90
TOTAL			1850.31	100.00%	507.54

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA ESTACION SANTO DOMINGO.

7.3 Precipitación Areal Mensual de la Cuenca

Al igual que en la Precipitación Areal Total media anual descrito anteriormente se ha calculado la Precipitación Areal Total Mensual para cada mes de los registros completados y homogenizados de precipitación entre los años de 1960 – 2000

7.3.1 Método de Thiesen

Con los Polígonos de Thiesen del **CUADRO N°27** se cálculo la Precipitación areal mensual de la Cuenca hasta la Estación Santo Domingo según se aprecia en el **CUADRO N°30**.

CUADRO N °30: PRECIPITACIÓN AREAL MENSUAL

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1960	94.82	213.24	204.45	69.75	24.34	0.00	0.00	0.09	4.66	45.51	41.10	48.05
1961	88.59	114.22	82.50	27.94	1.41	0.00	0.38	1.09	8.87	23.58	10.94	69.64
1962	58.79	152.15	140.04	50.06	0.78	0.09	0.42	4.15	3.04	7.25	15.79	106.72
1963	90.63	57.38	73.05	29.77	3.54	4.59	3.91	0.68	5.41	14.56	21.28	54.33
1964	57.26	91.90	88.54	43.83	1.56	0.06	0.06	0.43	0.95	18.35	15.09	43.77
1965	78.56	92.54	114.27	14.23	0.41	0.03	0.09	0.65	11.98	24.75	14.22	32.31
1966	56.75	67.22	62.97	48.84	2.10	0.04	0.03	0.16	4.75	75.51	26.94	56.98
1967	119.54	240.86	141.95	36.47	2.41	0.12	0.84	0.38	6.26	50.67	17.04	15.68
1968	43.08	50.63	97.52	13.13	1.50	0.00	0.00	1.79	6.01	14.51	10.86	23.61
1969	34.69	80.60	102.91	41.99	1.59	0.03	0.35	2.01	3.12	31.12	28.19	95.05
1970	152.94	44.80	87.34	46.52	11.30	0.13	0.32	0.19	21.38	19.82	34.86	64.48
1971	71.70	76.32	128.91	25.62	0.00	0.42	0.67	2.56	1.43	14.20	6.78	62.80
1972	81.79	108.91	265.12	51.60	1.05	0.00	1.33	0.88	2.84	13.60	21.21	61.42
1973	113.14	78.41	176.27	71.59	3.47	0.19	0.96	3.15	8.88	22.37	14.27	100.55
1974	88.67	114.79	111.03	24.26	4.94	2.41	2.15	1.09	4.68	4.49	7.31	26.29
1975	61.39	94.11	162.32	23.59	18.58	6.51	0.03	3.64	4.95	9.12	18.81	60.23
1976	122.90	155.41	100.15	31.43	5.24	2.20	0.15	2.22	2.49	1.98	3.03	26.59
1977	55.51	170.98	107.62	21.91	8.80	0.00	0.03	0.00	3.92	3.38	48.79	42.04
1978	44.80	61.09	60.60	12.04	0.11	0.77	4.22	0.38	8.31	16.90	21.38	29.33
1979	38.88	100.55	139.23	18.25	0.00	0.03	0.20	0.00	2.11	8.93	2.16	19.93
1980	62.17	44.71	80.58	10.73	0.76	2.58	1.53	0.18	1.70	37.28	40.49	41.24
1981	74.76	154.23	165.25	14.15	0.00	0.00	1.91	3.65	0.77	18.28	49.95	65.91
1982	98.28	124.21	92.08	38.93	0.03	0.00	1.37	0.96	19.18	53.71	42.74	32.10
1983	50.36	70.88	158.78	48.19	3.46	1.74	0.14	0.00	3.10	21.35	11.77	87.12
1984	80.14	190.03	167.00	39.35	17.69	0.58	0.00	0.91	3.44	31.24	45.73	39.14
1985	29.02	113.11	125.03	32.44	5.44	0.59	0.04	1.34	5.18	8.71	10.66	57.08
1986	120.84	116.91	107.15	45.17	10.72	0.00	3.65	1.17	1.45	14.34	10.76	82.49
1987	104.54	77.37	34.95	12.21	2.25	0.00	0.13	0.77	2.18	1.66	12.64	31.83
1988	56.29	75.48	58.95	77.88	9.56	0.00	0.04	0.10	7.21	12.28	23.16	64.42
1989	110.57	140.50	146.20	22.01	2.02	0.00	0.72	0.28	7.15	38.96	14.63	6.87
1990	53.88	45.45	60.47	12.95	1.03	1.34	0.03	0.18	6.29	45.75	58.60	63.91
1991	38.99	58.94	98.12	6.85	2.32	0.03	0.41	0.00	6.66	11.10	27.19	44.01
1992	30.77	40.81	74.41	12.06	0.67	0.03	0.03	0.87	5.78	31.66	8.23	37.07
1993	68.84	88.94	137.54	37.99	4.77	0.00	0.62	0.46	4.33	32.11	52.89	73.31
1994	96.65	105.28	128.77	33.49	10.08	2.30	0.20	0.31	9.07	12.16	30.44	57.50
1995	60.62	55.62	83.70	34.05	3.25	0.20	0.68	1.24	3.56	15.15	33.41	53.23
1996	80.95	128.32	93.88	48.54	3.99	0.27	0.03	0.22	6.42	6.28	20.55	47.75
1997	65.11	100.32	42.98	16.74	1.12	0.00	0.00	0.48	11.74	8.71	44.23	132.71
1998	130.47	120.63	153.05	25.07	0.62	0.26	0.06	0.10	4.66	19.75	14.61	37.19
1999	68.03	209.84	91.80	43.04	26.09	2.31	2.60	1.08	8.49	15.94	23.81	63.95
2000	119.63	154.83	91.24	41.05	6.03	0.16	0.32	2.43	10.98	17.08	28.37	97.92

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA ESTACION SANTO DOMINGO.

7.3.2 Método de Thiesen Modificado

Debido a lo laborioso que resulta el desarrollo de este método y considerando el orden de magnitud de las diferencia de los resultados en el cálculo de la precipitación areal total media anual desarrollado en el ítem anterior es que se ha decidido evaluar cuatro meses con este método para corroborar lo descrito anteriormente, escogiéndose para tal efecto dos meses en época de lluvia (Febrero y Marzo) y dos meses en época de estiaje (Septiembre y Octubre) del año 1972. En el **ANEXO II - 4** se detalla el desarrollo de este método para cada mes y en el **CUADRO N°31** se presenta los resultados de ello.

CUADRO N °31: PRECIPITACIÓN AREAL MENSUAL (THIESEN MODIFICADO)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1972		96.99	265.32						4.88	19.47		

Con este cuadro comprobamos que los resultados de la precipitación por este método son mayores que los presentados por el Método de Thiesen pero que sin embargo para los fines para los que se requiere esta información provocará a lo más una diferencia de $1\text{ m}^3/\text{s}$ cuando veamos más adelante el Modelo de Precipitación – Escorrentía, por lo que se optó por considerar la Precipitación Areal Mensual desarrollado por el Método de Thiesen como válido.

8. LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA CUENCA

8.1 Modelo Estocástico

Con La serie de caudales medios mensuales completada, liberada de errores sistemáticos evidentes y homogenizada se procedió a desarrollar la modelación estocástica.

La modelación estocástica se ha desarrollado con ayuda del software SAM2000 en el **ANEXO II - 5**, de donde se ha obtenido con el modelo PARMA(1,0) 25 series generadas cada una de ellas de 78 años (Ver **ANEXO I - 4**)

8.2 Modelo de Precipitación – Escorrentía.

Con ayuda de la Precipitación areal mensual y las características del suelo es que se hace posible la determinación de los caudales medios mensuales.

El modelo de Precipitación – Escorrentía utilizado se denomina el Método del Número de Curva desarrollado en el **ANEXO II - 6**, de donde se ha obtenido un registro de caudales medios mensuales correspondientes al periodo de 1960 – 2000 (Ver **ANEXO I – 5.1**).

Se debe aclarar que los resultados de este método sólo consideran la escorrentía directa debido a la precipitación efectiva pero no toman en cuenta la presencia del flujo base por lo que fue necesario estimarlo generando un nuevo registro (Ver **ANEXO I – 5.2**).

8.3 Análisis de Persistencia

En base a la metodología de Weibull disponible en el SIH se ha determinado los caudales para una persistencia del 75%, , de la serie histórica completada y homogenizada y las series generadas por los modelos descritos en los ítem anteriores.

8.3.1 Serie Histórica Homogenizada y Completada

Del registro histórico homogenizado y completado (**VER ANEXO I - 3**) en un periodo de 78 años, se ha obtenido los siguientes valores (**VER CUADRO N°32**).

**CUADRO N °32: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% DE PERSISTENCIA
(SERIE HISTÓRICA)**

MES	CAUDAL (m³/s)
Enero	12.00
Febrero	20.50
Marzo	26.75
Abril	15.00
Mayo	7.00
Junio	5.00
Julio	4.00
Agosto	3.75
Septiembre	4.00
Octubre	4.00
Noviembre	5.00
Diciembre	6.75

8.3.2 Serie Generada por Modelo Estocástico

Las 25 series generadas por el Modelo Estocástico ([VER ANEXO I - 4](#)) cada una de ellas de longitud de 78 años nos dan los siguientes resultados ([VER CUADRO N°33](#))

**CUADRO N °33: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% DE PERSISTENCIA
(SERIES GENERADAS POR MODELO ESTOCÁSTICO)**

MES	CAUDAL MEDIO MENSUAL (m³/s)		
	MINIMO	MEDIA	MAXIMO
ENERO	10.58	12.26	14.87
FEBRERO	17.09	21.49	27.77
MARZO	23.23	27.53	34.20
ABRIL	12.71	14.82	17.16
MAYO	6.51	7.18	8.12
JUNIO	4.65	4.89	5.49
JULIO	3.61	3.94	4.28
AGOSTO	3.13	3.55	4.14
SEPTIEMBRE	3.49	3.69	4.04
OCTUBRE	3.91	4.19	4.46
NOVIEMBRE	4.37	4.78	5.57
DICIEMBRE	5.72	6.39	7.46

8.3.3 Serie Generada por Modelo Precipitación – Escorrentía

La generación de caudales medios mensuales ([VER ANEXO I – 5.2](#)) a partir de los datos de precipitación que se han desarrollado para un periodo de 41 años (1960 – 2000) nos dan los siguientes resultados ([VER CUADRO N°34](#)).

**CUADRO N °34: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% DE PERSISTENCIA
(SERIE GENERADA POR MODELO PRECIPITACION - ESCORRENTIA)**

MES	CAUDAL (m³/s)
Enero	11.37
Febrero	21.30
Marzo	29.43
Abril	13.53
Mayo	7.30
Junio	5.40
Julio	4.30
Agosto	4.00
Septiembre	3.90
Octubre	4.36
Noviembre	4.71
Diciembre	5.84

9. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE MÁXIMAS AVENIDAS

9.1 Análisis de Frecuencia Máxima de Precipitaciones

Se realizó el Análisis de Frecuencias a partir de las Precipitaciones anuales Máximas en 24horas de las Estaciones Pluviométricas mostradas en el **ANEXO I – 6**. Los cálculos de este Análisis se muestran en el **ANEXO II – 7**.

En los **CUADROS N°35, 36, 37 Y 38** se muestran los resultados del Análisis de Precipitación Máxima por Estación.

CUADRO N°35: ANÁLISIS DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – CARAC

ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – CARAC

METODO LOGNORMAL

Tr (años)	P24 (mm)
1.005	10.3
1.050	13.3
1.250	16.6
2.000	21.1
5.000	26.6
10.000	30.1
20.000	33.3
50.000	37.3
100.0	40.2
200.0	43.1
500.0	47.0
1000.0	49.9
2000.0	52.8
5000.0	56.4
10000.0	59.3

Lluvia de Intensidad Máxima para Tr = 50 años - Carac

D		P	ΔP	Alternos	I
min	horas	mm	mm	mm	mm/h
5	0.083	9.05			108.65
10	0.167	10.77			64.61
15	0.250	11.92			47.67
30	0.500	14.17	14.17	0.20	28.34
60	1.000	16.85	2.68	0.20	16.85
90	1.500	18.65	1.80	0.21	12.43
120	2.000	20.04	1.39	0.22	10.02
150	2.500	21.19	1.15	0.22	8.48
180	3.000	22.18	0.99	0.23	7.39
210	3.500	23.05	0.87	0.24	6.59
240	4.000	23.83	0.78	0.25	5.96
270	4.500	24.54	0.71	0.27	5.45
300	5.000	25.20	0.66	0.28	5.04
330	5.500	25.81	0.61	0.30	4.69
360	6.000	26.38	0.57	0.31	4.40
390	6.500	26.91	0.53	0.33	4.14
420	7.000	27.41	0.50	0.35	3.92
450	7.500	27.89	0.48	0.38	3.72
480	8.000	28.34	0.45	0.41	3.54
510	8.500	28.77	0.43	0.45	3.39
540	9.000	29.19	0.41	0.50	3.24
570	9.500	29.59	0.40	0.57	3.11
600	10.000	29.97	0.38	0.66	3.00
630	10.500	30.34	0.37	0.79	2.89
660	11.000	30.69	0.35	0.99	2.79
690	11.500	31.03	0.34	1.39	2.70
720	12.000	31.37	0.33	2.68	2.61
750	12.500	31.69	0.32	14.17	2.53
780	13.000	32.00	0.31	1.80	2.46
810	13.500	32.30	0.30	1.15	2.39
840	14.000	32.60	0.30	0.87	2.33
870	14.500	32.89	0.29	0.71	2.27
900	15.000	33.16	0.28	0.61	2.21
930	15.500	33.44	0.27	0.53	2.16
960	16.000	33.70	0.27	0.48	2.11
990	16.500	33.96	0.26	0.43	2.06
1020	17.000	34.22	0.25	0.40	2.01
1050	17.500	34.47	0.25	0.37	1.97
1080	18.000	34.71	0.24	0.34	1.93
1110	18.500	34.95	0.24	0.32	1.89
1140	19.000	35.18	0.23	0.30	1.85
1170	19.500	35.41	0.23	0.29	1.82
1200	20.000	35.64	0.22	0.27	1.79
1230	20.500	35.86	0.22	0.26	1.75
1260	21.000	36.08	0.22	0.25	1.72
1290	21.500	36.29	0.21	0.24	1.69
1320	22.000	36.50	0.21	0.23	1.66
1350	22.500	36.70	0.21	0.22	1.63
1380	23.000	36.91	0.20	0.21	1.60
1410	23.500	37.10	0.20	0.21	1.58
1440	24.000	37.30	0.20	0.20	1.55

CUADRO N°36: ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – SANTA CRUZ
ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – SANTA CRUZ

METODO LOGPEARSON

Tr (años)	P24 (mm)
1.005	12.80
1.050	14.80
1.250	17.60
2.000	22.10
5.000	29.70
10.000	35.50
20.000	41.80
50.000	51.10
100.0	59.00
200.0	67.90
500.0	81.20
1000.0	93.10
2000.0	106.00
5000.0	125.00
10000.0	142.00

Lluvia de Intensidad Máxima para Tr = 50 años - Santa Cruz

D		P	AP	Alturas	I
min	horas	mm	mm	mm	mm/h
5	0.083	12.40			148.05
10	0.167	14.75			88.51
15	0.250	16.32			65.30
30	0.500	19.41	19.41	0.27	38.03
60	1.000	23.09	3.67	0.28	23.09
90	1.500	25.55	2.46	0.29	17.03
120	2.000	27.46	1.91	0.30	13.73
150	2.500	29.03	1.58	0.31	11.61
180	3.000	30.38	1.35	0.32	10.13
210	3.500	31.58	1.19	0.33	9.02
240	4.000	32.65	1.07	0.35	8.16
270	4.500	33.63	0.98	0.37	7.47
300	5.000	34.52	0.90	0.38	6.90
330	5.500	35.36	0.83	0.40	6.43
360	6.000	36.13	0.78	0.43	6.02
390	6.500	36.86	0.73	0.45	5.67
420	7.000	37.55	0.69	0.49	5.36
450	7.500	38.21	0.65	0.52	5.09
480	8.000	38.83	0.62	0.57	4.85
510	8.500	39.42	0.59	0.62	4.64
540	9.000	39.99	0.57	0.69	4.44
570	9.500	40.53	0.54	0.78	4.27
600	10.000	41.06	0.52	0.90	4.11
630	10.500	41.56	0.50	1.07	3.96
660	11.000	42.05	0.49	1.35	3.82
690	11.500	42.52	0.47	1.91	3.70
720	12.000	42.97	0.45	3.67	3.58
750	12.500	43.41	0.44	19.41	3.47
780	13.000	43.84	0.43	2.46	3.37
810	13.500	44.25	0.42	1.58	3.28
840	14.000	44.66	0.40	1.19	3.19
870	14.500	45.05	0.39	0.98	3.11
900	15.000	45.44	0.38	0.83	3.03
930	15.500	45.81	0.37	0.73	2.96
960	16.000	46.17	0.37	0.65	2.89
990	16.500	46.53	0.36	0.59	2.82
1020	17.000	46.88	0.35	0.54	2.76
1050	17.500	47.22	0.34	0.50	2.70
1080	18.000	47.55	0.33	0.47	2.64
1110	18.500	47.88	0.33	0.44	2.59
1140	19.000	48.20	0.32	0.42	2.54
1170	19.500	48.52	0.31	0.39	2.49
1200	20.000	48.82	0.31	0.37	2.44
1230	20.500	49.13	0.30	0.36	2.40
1260	21.000	49.42	0.30	0.34	2.36
1290	21.500	49.71	0.29	0.33	2.31
1320	22.000	50.00	0.29	0.31	2.27
1350	22.500	50.28	0.28	0.30	2.23
1380	23.000	50.56	0.28	0.29	2.20
1410	23.500	50.83	0.27	0.28	2.16
1440	24.000	51.10	0.27	0.27	2.13

CUADRO N°37: ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – PIRCA
ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – PIRCA

METODO LOGNORMAL

Tr (años)	P24 (mm)
1.005	9.70
1.050	11.50
1.250	13.80
2.000	17.20
5.000	22.20
10.000	25.70
20.000	29.10
50.000	33.70
100.0	37.20
200.0	40.80
500.0	45.80
1000.0	49.90
2000.0	53.90
5000.0	59.30
10000.0	63.70

Lluvia de Intensidad Máxima para Tr = 50 años - Pirca

D		P mm	ΔP mm	Alturas mm	I mm/h
min	horas				
5	0.083	8.18			99.17
10	0.167	9.73			59.37
15	0.250	10.77			43.06
30	0.500	12.80	12.80	0.18	25.61
60	1.000	15.23	2.42	0.18	15.23
90	1.500	16.85	1.62	0.19	11.23
120	2.000	18.11	1.26	0.20	9.05
150	2.500	19.15	1.04	0.20	7.66
180	3.000	20.04	0.89	0.21	6.68
210	3.500	20.83	0.79	0.22	5.95
240	4.000	21.53	0.71	0.23	5.38
270	4.500	22.18	0.64	0.24	4.93
300	5.000	22.77	0.59	0.25	4.55
330	5.500	23.32	0.55	0.27	4.24
360	6.000	23.83	0.51	0.28	3.97
390	6.500	24.31	0.48	0.30	3.74
420	7.000	24.77	0.45	0.32	3.54
450	7.500	25.20	0.43	0.34	3.36
480	8.000	25.61	0.41	0.37	3.20
510	8.500	26.00	0.39	0.41	3.06
540	9.000	26.37	0.37	0.45	2.93
570	9.500	26.73	0.36	0.51	2.81
600	10.000	27.09	0.34	0.59	2.71
630	10.500	27.41	0.33	0.71	2.61
660	11.000	27.73	0.32	0.89	2.52
690	11.500	28.04	0.31	1.26	2.44
720	12.000	28.34	0.30	2.42	2.36
750	12.500	28.63	0.29	12.80	2.29
780	13.000	28.91	0.28	1.62	2.23
810	13.500	29.19	0.27	1.04	2.18
840	14.000	29.45	0.27	0.79	2.10
870	14.500	29.71	0.26	0.64	2.05
900	15.000	29.96	0.25	0.55	2.00
930	15.500	30.21	0.25	0.48	1.95
960	16.000	30.45	0.24	0.43	1.90
990	16.500	30.69	0.24	0.39	1.86
1020	17.000	30.92	0.23	0.36	1.82
1050	17.500	31.14	0.22	0.33	1.78
1080	18.000	31.36	0.22	0.31	1.74
1110	18.500	31.58	0.22	0.29	1.71
1140	19.000	31.79	0.21	0.27	1.67
1170	19.500	32.00	0.21	0.26	1.64
1200	20.000	32.20	0.20	0.25	1.61
1230	20.500	32.40	0.20	0.24	1.58
1260	21.000	32.59	0.20	0.22	1.55
1290	21.500	32.79	0.19	0.22	1.52
1320	22.000	32.97	0.19	0.21	1.50
1350	22.500	33.16	0.19	0.20	1.47
1380	23.000	33.34	0.18	0.19	1.45
1410	23.500	33.52	0.18	0.19	1.43
1440	24.000	33.70	0.18	0.18	1.40

CUADRO N°38: ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – PALLAC
ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – PALLAC

METODO LOGNORMAL

Tr (años)	P24 (mm)
1.005	5.20
1.050	8.50
1.250	12.90
2.000	20.00
5.000	30.90
10.000	38.80
20.000	46.90
50.000	58.00
100.0	66.80
200.0	76.00
500.0	89.00
1000.0	99.70
2000.0	111.00
5000.0	125.00
10000.0	138.00

Lluvia de Intensidad Máxima para Tr = 50 años - Pallac

D		P mm	ΔP mm	Alturas mm	I mm/h
min	horas				
5	0.083	14.08			168.95
10	0.167	16.74			100.46
15	0.250	18.53			74.12
30	0.500	22.04	22.04	0.30	44.07
60	1.000	26.20	4.17	0.31	26.20
90	1.500	29.00	2.80	0.33	19.33
120	2.000	31.16	2.16	0.34	15.58
150	2.500	32.95	1.79	0.35	13.18
180	3.000	34.49	1.54	0.36	11.50
210	3.500	35.84	1.35	0.38	10.24
240	4.000	37.06	1.22	0.40	9.26
270	4.500	38.17	1.11	0.41	8.48
300	5.000	39.18	1.02	0.44	7.84
330	5.500	40.13	0.94	0.46	7.30
360	6.000	41.01	0.88	0.49	6.84
390	6.500	41.84	0.83	0.52	6.44
420	7.000	42.62	0.78	0.55	6.09
450	7.500	43.37	0.74	0.59	5.78
480	8.000	44.07	0.71	0.64	5.51
510	8.500	44.74	0.67	0.71	5.26
540	9.000	45.39	0.64	0.78	5.04
570	9.500	46.01	0.62	0.88	4.84
600	10.000	46.60	0.59	1.02	4.66
630	10.500	47.17	0.57	1.22	4.49
660	11.000	47.72	0.55	1.54	4.34
690	11.500	48.26	0.53	2.16	4.20
720	12.000	48.77	0.52	4.17	4.06
750	12.500	49.27	0.50	22.04	3.94
780	13.000	49.76	0.49	2.80	3.83
810	13.500	50.23	0.47	1.79	3.72
840	14.000	50.69	0.46	1.35	3.62
870	14.500	51.13	0.45	1.11	3.53
900	15.000	51.57	0.44	0.94	3.44
930	15.500	51.99	0.42	0.83	3.35
960	16.000	52.41	0.41	0.74	3.28
990	16.500	52.81	0.40	0.67	3.20
1020	17.000	53.21	0.40	0.62	3.13
1050	17.500	53.60	0.39	0.57	3.06
1080	18.000	53.98	0.38	0.53	3.00
1110	18.500	54.35	0.37	0.50	2.94
1140	19.000	54.71	0.36	0.47	2.88
1170	19.500	55.07	0.36	0.45	2.82
1200	20.000	55.42	0.35	0.42	2.77
1230	20.500	55.76	0.34	0.40	2.72
1260	21.000	56.10	0.34	0.39	2.67
1290	21.500	56.43	0.33	0.37	2.62
1320	22.000	56.75	0.33	0.36	2.58
1350	22.500	57.07	0.32	0.34	2.54
1380	23.000	57.39	0.31	0.33	2.50
1410	23.500	57.70	0.31	0.32	2.46
1440	24.000	58.00	0.30	0.31	2.42

9.2 Análisis de Caudales Máximos para diferentes periodos de retorno

Se ha procedido al cálculo de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno mediante dos metodologías, la primera es a partir de los Caudales Máximos Diarios Anuales y el Segundo es a partir de la Lluvia de Intensidad Máxima para un periodo de retorno determinado.

9.2.1 A partir de Caudales Máximos Histórico

Se realizó el Análisis de Frecuencias a partir de los Caudales Máximos Diarios Anuales registrados en la Estación Santo Domingo [ANEXO I-7](#)

Los cálculos de este Análisis se muestran en el [ANEXO II- 8.1](#).

En el [CUADRO N°39](#) se muestran los resultados del Análisis de Caudales Máximos para diferentes periodos de retorno.

CUADRO N°39: ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CAUDAL MÁXIMO

Tr (años)	Caudal Máximo (m³/s)
2	78.00
5	134.00
10	184.00
25	260.00
50	321.00
100	386.00
200	455.00
500	550.00
1000	624.00

9.2.2 A partir de Modelo Precipitación – Escorrentía

Este Modelo desarrollado con el Programa HEC – HMS sirvió para determinar cual es el caudal estimado para un periodo de retorno de 50 años a partir de una Lluvia intensa para ese periodo ([VER ANEXO II - 8.2](#)).

En el [CUADRO N°40](#) se muestran el caudal producido para un Tr = 50años así como la respuesta que se produce por Subcuenca.

CUADRO N°40: CAUDALES MÁXIMOS PARA UNA LLUVIA INTENSA DE Tr =50años

SUBCUENCA		TIEMPO DE CAUDAL PICO	CAUDAL PICO	VOLUMEN (mM3)
VICHAYCOCHA		15:30	72.149	2017.3
BAÑOS		15:30	32.226	1004
CARAC		17:30	15.581	592.4
MEDIA	MEDIA 1	15:00	12.239	509.7
	MEDIA2	14:30	15.557	471.92
	MEDIA 3	14:00	97.355	1402.3
	MEDIA 4	14:00	74.664	1367.9
AÑASMAYO		15:00	79.786	1959.8
HUATAYA		16:00	14.768	496.46
SALIDA EN SANTO DOMINGO		17:00	273.39	9840.7

10. ANÁLISIS DE SEQUÍA Y CAPACIDAD DE EMBALSE DEL RIO CHANCAY – HUARAL

10.1 Análisis de Sequía

Sequía, tomando en consideración su definición objetivo, se produce cuando la demanda de agua es mayor a la disponibilidad en un intervalo de tiempo.

El método empleado para determinar la sequía crítica es el RUN y para obtener un resultado estándar se desarrollo el análisis de sequía considerando que la demanda es la media de los datos de disponibilidad (en nuestro caso los caudales medios mensuales).

Los parámetros para un análisis de sequía son:

- Duración (Longest Drought): es la suma de intervalos de tiempo sucesivos en el que permanece la sequía.
- Magnitud (Maximum Déficit): Integración de los intervalos de tiempo sucesivos en el que permanece la sequía.

Siendo la sequía más crítica aquella cuya Duración y Magnitud son mayores.

10.2 Análisis de Capacidad de Embalse

La capacidad de embalse determina la capacidad de almacenamiento necesaria a partir de una disponibilidad dada para que se pueda satisfacer la demanda en su totalidad ya sea considerando una Regulación total o parcial.

El método empleado es el Rango Ajustado y para obtener un resultado estándar se desarrollo el análisis considerando que la demanda es la media de los datos de disponibilidad (en nuestro caso los caudales medios mensuales) y que estamos en presencia de una Regulación Total..

El parámetro para una análisis de capacidad de embalse es:

- Rango Ajustado (Storage Capacity)

Finalmente con la series histórica y generadas se procedió a calcular los parámetros de análisis de sequía y capacidad de embalse usando para ello el software SAM 2000.

A continuación se muestran los análisis de sequía y capacidad de embalse para la serie histórica y generadas (**CUADRO N°41**).

CUADRO N°41: ANÁLISIS DE SEQUÍA Y DE CAPACIDAD DE EMBALSE

Storage and Drought Statistics		
Demand Level =	1.0000 * sample mean	
	Historical	Generated
Longest Drought	22.0000	18.3600
Maximum Deficit	221.0476	170.2457
Longest Surplus	7.0000	6.0800
Maximum Surplus	265.9004	422.5168
Storage Capacity	764.0224	799.0253
Rescaled Range	42.0877	38.1136
Hurst Coefficient	0.6095	0.5885

11. DESCRIPCIÓN DEL ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO ACTUAL DE LA CUENCA CHANCAY – HUARAL (USOS MÚLTIPLES).

El funcionamiento hidrológico de la Cuenca Chancay – Huaral es descrita de acuerdo al Inventario de los Recursos Hídricos Superficiales en la parte alta de la cuenca, el cual se encuentra representado por los **MAPAS N°17 AL 28** y los registros del Inventario en el **ANEXO I – 8**.

Lo concerniente a las Fuentes de agua se describe en el ítem 4.1 y 4.2 del presente estudio, y lo concerniente a los Usos que cada comunidad Campesina le ha dado se describe en este ítem.

Así mismo se ha optado por hacer una breve descripción de las coberturas de vegetación natural e inducida por el hombre que se aprecian con detalle en el **ANEXO V - MAPA N°15** y que sirven de base para el desarrollo del modelo Precipitación – Escorrentía descrito en el ítem 8.2

11.1 Subcuenca Añasmayo

Esta Subcuenca comprende las siguientes comunidades

- San Agustín de Huayopampa (**ANEXO I – 8.1.1**)
- Pallac (**ANEXO I – 8.1.2**)
- La Perla (**ANEXO I – 8.1.3**)
- Rauma (**ANEXO I – 8.1.4**)
- Sumbilca (**ANEXO I – 8.1.5**)

La principal actividad de las comunidades campesinas en esta Subcuenca es la agricultura orientada principalmente al cultivo de árboles frutales tales como melocotón blanquillo y manzana.

Otra actividad que se realiza es la crianza de animales de ganado caprino y vacuno desarrollado principalmente por las comunidades de La Perla y Huayopampa en las partes altas del Río Añasmayo y la Quebrada Honda, donde los pastores en sus estancias (casa del pastor en la altura) tienen la responsabilidad de su reproducción. Asimismo como en otras Subcuencas el ganado bebe directamente de las Fuentes de agua.

Entre las principales tomas de uso agrícola tenemos: Toma de Callanca, Toma Chunchuncocha de la Perla Alta, Toma Pate, Toma Chicchihuasi o la Toma de Capia, Toma Caccha, etc.

Así mismo se ha observado en la parte alta de las microcuencas una cobertura muy buena donde actualmente se encuentran los animales pero también se ha observado que existe una zona entre el Río Añasmayo y el Río de la Quebrada Honda con un pastizal muy alto (0.50m) que no a sido consumido por los animales y que constituye un pasto de reserva para periodos secos donde la escasez de zonas de pastisaje se vuelve crítica. A orillas del río se observa un tipo de vegetación muy densa seguido metros mas arriba en las laderas por un tipo de cobertura lleno de rastrojos con grama. Así mismo en la parte media a baja de esta Subcuenca se observa una zona de gran producción de árboles frutales.

11.2 Subcuenca Huataya.

Esta Subcuenca comprende las siguientes comunidades

- Otec (**ANEXO I – 8.2.1**)

- Huachinga (ANEXO I – 8.2.2)
- Ñaupay (ANEXO I – 8.2.3)
- Yunguy (ANEXO I – 8.2.4)

La principal actividad de las comunidades campesinas en esta Subcuenca es la agricultura orientada principalmente al cultivo de árboles frutales tales como melocotón blanquillo y la manzana.

Por otro lado el uso pecuario se da en un mayor porcentaje en la comunidad de Otec debido a la crianza de ganado vacuno y también en la comunidad de Huachinga.

Algunas Tomas son estructuras del tipo rustico y otras de concreto pero todas de uso consuntivo encontrándose entre las mas importantes: Toma Ucana de la comunidad de Otec; la Toma de Cantuico, Toma de Yachicancha, Toma Matriz Chiri, Toma de Marcaila y la Toma de Ichapara de la comunidad Huachinga; toma Ñaupay de la comunidad de Ñaupay y Toma Yunguy I, Toma Yunguy II, Toma de Huataya, Toma de Ollancaca de la comunidad de Yunguy.

La vegetación en esta Subcuenca es variable debido a la diversidad de climas que presenta no obstante en las partes altas se observa una buena cobertura casi hasta la comunidad de Otec, de ahí a abajo el tipo de vegetación cambia presentándose unos tipos de rama como rastros con mezcla de un tipo de maleza en las laderas de los cerros, y aun mas abajo se observa a los cerros sin ningún tipo de vegetación, solo una espesura de vegetación en el cauce del río conformado por carrizales, pequeños totorales, etc. También la producción de los árboles frutales a las orillas del río (melocotón blanquillo y manzana).

11.3 Subcuenca Carac.

Esta Subcuenca comprende las siguientes comunidades

- San Pedro de Carac (ANEXO I – 8.3.1)
- San Juan de Coto (ANEXO I – 8.3.2)
- Canchapilca (ANEXO I – 8.3.3)

El uso pecuario se da en mayor intensidad en las comunidades campesinas de las Microcuencas de Carac y Coto, siendo principalmente de ganados vacuno debido a las mejores condiciones del forraje en la zona

La actividad agrícola se da en mayor intensidad en la parte baja, en la comunidad de Canchapilca, donde se observa una buena producción de árboles frutales como los melocotones tipo blanquillo y manzana.

En esta subcuenca existen varias tomas entre las mas importantes tenemos: La Toma Alta de Carac, La Toma Principal de Coto y la Toma Alta de Colcapampa para la comunidad de Canchapilca básicamente para uso agrícola.

El tipo de cobertura que se observó es distinta en toda la Subcuenca debido a la variación de alturas que posee la Subcuenca pudiendo diferenciar en la parte alta una buen tipo de vegetación para el pastoreo de animales, y mas abajo se observamos un tipo de maleza mezclada con grama. Asimismo sobre la comunidad de Coto se observo una zona con abundante vegetación de plantas cactáceas, con presencia de diversas espinas denominadas vizcaíno, chisque y espinas, entre estas debemos señalar como la mas peligrosa al vizcaíno debido a que sus agujas, llegan a medir hasta 10cm y que pueden dejar parálítico a una

persona. Mas abajo se observa la producción de árboles frutales como el melocotón del tipo blanquillo y la manzana.

11.4 Subcuenca Vichaycocha

Esta Subcuenca comprende las siguientes comunidades

- Vichaycocha (ANEXO I – 8.4.1)
- Santa Catalina (ANEXO I – 8.4.2)
- San José de Chauca (ANEXO I – 8.4.3)
- Santa Lucia de Pacaraos (ANEXO I – 8.4.4)
- Ravira (ANEXO I – 8.4.5)
- Santa Cruz de Andamarca (ANEXO I – 8.4.6)
- Viscas (NO SE EVALUÓ)

El uso pecuario en esta zona es muy importante, porque la producción se basa en la ganadería (ganado vacuno y ovino), donde es un poco difícil su cuantificación debido a que estos animales toman agua en todo el recorrido de las Fuentes de Agua (ejemplo: Río Vichaycocha).

Existen algunas tomas importantes como: Toma Alta de Ninas, Toma de Umachurco y La Toma de Chilco de la comunidad de Vichaycocha, la Toma Chicrín para las comunidades de Santa Catalina y Chauca, La Toma La Concebida de la comunidad de Santa Cruz de Andamarca, etc. Algunas son de tipo rustico y otros son de concreto armado, pero todas son para uso agrícola y doméstico.

Por las condiciones que se presentan en esta Subcuenca es que se han desarrollado la actividad Hidroenergética razón por la cual existen Centrales Hidroeléctricas algunas de las cuales no se encuentran funcionando por problemas de mantenimiento.

Las Centrales Hidroeléctricas son:

- Central Hidroeléctrica de Vichaycocha. Brinda energía eléctrica a la comunidad de Vichaycocha
- Central Hidroeléctrica Santa Cruz de Andamarca. No se encuentra en funcionamiento.
- Central Hidroeléctrica Santa Catalina. Brinda energía eléctrica a la comunidad de Santa Catalina.
- Central Hidroeléctrica Totor de Pacaraos. Brinda energía eléctrica a las comunidades de Pacaraos, Ravira, Viscas, Santa Cruz de Andamarca y San Juan Chauca.

Una Actividad descuidada desde hace ya un tiempo en esta Subcuenca es la actividad Minera. Encontrándose abandonada el Asiento minero Chungar, donde años atrás aproximadamente en el año 1971 a altas horas de la noche ocurrió una gran tragedia, donde un gran peñasco se desprendió del cerro hacia la Laguna Chungar provocando el renvalse de ésta a gran altura y como consecuencia inundando y destruyendo el campamento y la mina (según los pobladores el numero de muerto asciende a 500 personas).

Los tipos de coberturas no varían mucho en la Subcuenca ya que debido a su características climatológicas presentan un tipo de vegetación muy buena para el

pastisaje del ganado, con presencia de campos de forraje de hasta 0.50 m de altura.

11.5 Subcuenca Baños

Esta Subcuenca comprende las siguiente comunidad

- Baños (ANEXO I – 8.5.1)

En esta Subcuenca existen pequeñas tomas para uso agrícola y otras para uso energético y algunos bebederos rústicos, pero por lo general se observa que los animales bajan hasta el río principal, para beber en cualquier lugar de su recorrido.

Esta Subcuenca presenta condiciones muy buenas para la generación de energía eléctrica, razón por la cual existen Centrales Hidroeléctricas algunas de las cuales están en desuso debido la falta de mantenimiento:

- Central Hidroeléctrica Santander y Alpamarca. No se encuentra en funcionamiento.
- Central Hidroeléctrica Pahuayaco. No se encuentra en funcionamiento.
- Central Hidroeléctrica Baños. Brinda energía eléctrica a la comunidad de Baños.

Se observó la presencia de un asiento minero perteneciente a la Empresa minera Santander que no se encuentra en funcionamiento, pero que se encuentra conservada. Esta empresa Minera es el responsable del represamiento de la Laguna Yanacocha (aguas arriba del campamento) con fines de uso domestico y la utilización de la laguna Vilcacocha como deposito de relaves.

La principal actividad de esta comunidad es la ganadería por contar con excelentes condiciones de vegetación, debido al tipo de clima por lo que en algunos lugares se puede observar campos de forraje de hasta 0.50m de alto.

11.6 Subcuenca Media

Esta Subcuenca comprende las siguientes comunidades

- San Pedro de Pirca (ANEXO I – 8.6.1)
- Inmaculada Concepción de Pasac (ANEXO I – 8.6.2)
- Santiago de Chisque (ANEXO I – 8.6.3)
- Santa Cruz de Cormo (ANEXO I – 8.6.4)
- San Cristóbal de Huascay (ANEXO I – 8.6.5)
- San Pedro de Huarquin (ANEXO I – 8.6.6)
- Lampián (ANEXO I – 8.6.7)
- Acos (ANEXO I – 8.6.8)
- Pampas la Florida (NO SE EVALUÓ)

La principal actividad de las comunidades campesinas en esta Subcuenca es la agricultura orientada principalmente al cultivo de árboles frutales tales como melocotón blanquillo y la manzana.

El uso pecuario en mayor intensidad se da básicamente en las comunidades que se encuentran en los niveles mas altos de la Subcuenca como las comunidades de Pirca, Huaroquin, Cormo y Huascoy, donde los animales beben el agua en el recorrido del río principal.

Para la producción agrícola de esta Subcuenca existen las siguientes tomas principales: Toma Ucana, Toma Cacapallanca, Toma Lampian, Toma Huandaro, Toma Huanchucaya, Toma Collas, etc.

Esta Subcuenca en la parte superior presenta buenas condiciones para el uso Hidroenergético, razón por la cual existe dos centrales que brindan energía eléctrica a la mayoría de las comunidades de la parte alta de cuenca como son:

- Central Hidroeléctrica Tingo. Brinda energía eléctrica a la comunidad de Pirca y dos asentos mineros Chungar y Animon.
- Central Hidroeléctrica Hoyo – Acos. Brinda energía eléctrica a las comunidades de Acos, Lampian, Carac, Coto, Canchapilca, Huaroquin, Cormo, Huascoy, San Juan, Huayopampa y La Perla.

Los tipos de cobertura que se a encontrado en esta Subcuenca son diversas debido a las variaciones de niveles que presenta, en las partes altas de Pirca y Huaroquin se observa una vegetación muy densa con bastante forraje propensa para la ganadería que es la actividad principal de estas comunidades, mas abajo observamos una vegetación donde predomina la maleza y algunos arbustos, mientras aguas abajo de la comunidad de Acos se observa zonas sin vegetación con presencia de algunas plantas cactáceas y mas abajo los cerros carecen de algún tipo de vegetación. Mientras en el río principal se observa una densa vegetación conformado por algunos totorales y carrizos. También esta Subcuenca se caracteriza por el cultivo de árboles frutales como el melocotón blanquillo y manzana.

12. DEMANDA DE AGUA EN LA ZONA INTERMEDIA Y ALTA DE LA CUENCA CHANCAY - HUARAL

La zona intermedia y alta de la cuenca comprendida aguas arriba de la Estación Santo Domingo presenta dos tipos de demanda:

- Demanda de Uso No Consuntivo del Agua.
- Demanda de Uso Consuntivo del Agua.

12.1 Demanda de Uso no Consuntivo del Agua

12.1.1 Demanda Hidroenergética

En la actualidad existen seis Centrales Hidroeléctricas en funcionamiento:

- Central Hidroeléctrica de Vichaycocha
- Central Hidroeléctrica Santa Catalina
- Central Hidroeléctrica Totora de Pacaraos.
- Central Hidroeléctrica Baños.
- Central Hidroeléctrica Tingo
- Central Hidroeléctrica Hoyo – Acos

y 3 que no se encuentran funcionando debido a falta de mantenimiento:

- Central Hidroeléctrica Santa Cruz de Andamarca.
- Central Hidroeléctrica Santander y Alpamarca
- Central Hidroeléctrica Pahuayaco.

Dado que el uso Hidroenergético es de tipo no consuntivo, las aguas conducidas a las Centrales Hidroeléctricas es recuperado aguas abajo de su captación, provocando cambios en el hidrograma de caudales del Río Chancay – Huaral.

12.1.2 Demanda Hídrica Medio Ambiental

El Río Chancay – Huaral debe preservar un caudal mínimo que haga posible la subsistencia de la flora y fauna de la región. Este caudal mínimo se le denomina Caudal ecológico y su determinación abarca muchos factores difíciles de cuantificar por lo que requiere de un estudio detallado que abarque el estudio de la biodiversidad presente en él.

Aunque el caudal ecológico es de un uso no consuntivo, no debe ser usado con otros fines.

El caudal ecológico no solamente va asociado con la cantidad de agua, si no también con la calidad de agua que este presenta.

12.2 Demanda de Uso Consuntivo del Agua

12.2.1 Demanda Hídrica Agrícola.

En la Zona Intermedia y Alta la actividad agrícola es principalmente del tipo No Intensiva debido a que programan sus cultivos en épocas de lluvia.

Sin embargo en la Zona Intermedia existen tierras de cultivo irrigadas con pequeños sistemas de riego rústicos.

Así mismo en las Zonas Altas la actividad ganadera es de mayor importancia debido a la presencia de grandes extensiones de pastos naturales y a la escasez del agua en época de estiaje. Este ganado vacuno consume el agua directamente de las Fuentes.

Se han determinado cultivos de árboles frutales en la Zona Intermedia Baja y la presencia de cultivos de pan llevar en la zona intermedia Alta.

12.2.2 Demanda Hídrica Poblacional

La Población Rural comprendida en las Comunidades Campesinas de la Zona Intermedia y Alta de la Cuenca satisfacen sus necesidades poblacionales de las Fuentes de Agua presentes en sus cercanías.

Esta población rural representa aproximadamente el 10% de la población Total asentada en la Cuenca, siendo la población urbana y rural de la Zona Baja del orden del 90%.

Se estima que este tipo de demanda a nivel de la cuenca esta en un orden no superior al 3% por lo que la demanda en la Zona Intermedia y Alta alcanzaría valores muy pequeños.

Con ayuda del Inventario de Fuentes de Agua (**VER ANEXO I – 8**) es que se ha podido estimar los caudales necesarios para cubrir la Demanda de Uso Consuntivo en la Zona Intermedia y Alta de la Cuenca Chancay – Huaral, los cuales se presentan en el siguiente cuadro (**CUADRO N°42**).

CUADRO N°42: DEMANDA DE USO CONSUNTIVO EN LA ZONA INTERMEDIA Y ALTA DE LA CUENCA

SUBCUENCA	DEMANDA(l/s)	DEMANDA(m³/s)
Añasmayo	49.2	0.0492
Huataya	300.2	0.3002
Carac	168.8	0.1688
Vichaycocha	1995.5	1.9955
Baños	10.0	0.0100
Media	1215.2	1.2152
TOTAL	3738.9	3.74

13. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA

Es requisito indispensable para el desarrollo de este ítem tener las demandas a nivel mensual que el Río Chancay – Huaral debe aportar hasta la Estación Santo Domingo.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la Disponibilidad Hídrica

- ✓ La Disponibilidad Hídrica de la Cuenca hasta la Estación Santo Domingo fue determinado a nivel mensual con una persistencia del 75%.
- ✓ Existen tres resultados de Persistencia al 75% producto de tres series de caudales medios mensuales determinados por diferentes metodologías. Estos resultados son muy cercanos entre sí, dando una mayor validez a los resultados que se han obtenido, además y gracias al modelo estocástico se pudo estimar el rango de variación de estas persistencias.

CUADRO N°43: DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA CUENCA

MES	PERSISTENCIA AL 75% (m³/s)				
	MÍNIMO ESTOCASTICO	HISTORICO	ESTOCASTICO	PRECIPITACIÓN - ESCORRENTIA	MÁXIMO ESTOCASTICO
Enero	10.58	12.00	12.26	11.37	14.87
Febrero	17.09	20.50	21.49	21.30	27.77
Marzo	23.23	26.75	27.53	29.43	34.20
Abril	12.71	15.00	14.82	13.53	17.16
Mayo	6.51	7.00	7.18	7.30	8.12
Junio	4.65	5.00	4.89	5.40	5.49
Julio	3.61	4.00	3.94	4.30	4.28
Agosto	3.13	3.75	3.55	4.00	4.14
Septiembre	3.49	4.00	3.69	3.90	4.04
Octubre	3.91	4.00	4.19	4.36	4.46
Noviembre	4.37	5.00	4.78	4.71	5.57
Diciembre	5.72	6.75	6.39	5.84	7.46

Con estos resultados podemos analizar el balance hídrico no sólo para un valor medio de persistencia si no también analizarlo en un rango de variación. Es decir en las épocas donde los años secos son de mayor frecuencia (mínimo estocástico) o épocas donde los años húmedos son mas frecuentes (máximo estocástico)

- ✓ El mes de mayor disponibilidad hídrica es el mes de Marzo con una persistencia al 75% que fluctúa entre 23.23 y 34.20m³/s, siendo el mes de menor disponibilidad hídrica el mes de Agosto con una persistencia al 75% que fluctúa entre 3.13 y 4.14m³/s

De la Red de Registros Hidrometeorológicos.

- ✓ La Red de Estaciones Pluviométricas en la cuenca tiene una densidad de 462.6 km²/estación (pluviométricas ordinarias) siendo necesario ampliar el número de estaciones de tal manera de reducir el área de influencia de cada estación hasta alcanzar 250km²/estación (densidad requerida en una red mínima para zonas montañosas según la Organización Meteorológica Mundial). Alcanzar una red mínima permitiría el desarrollo de modelos de Precipitación – Escorrentía de mayor confiabilidad y más representativo en la Cuenca.
Es necesario contar además no sólo con pluviómetros ordinarios si no también con pluviómetros registradores que nos ayuden a determinar el comportamiento que presenta una tormenta para luego poder aplicarlo en algún modelo de precipitación – escorrentía en el cual se requiere determinar el hidrograma de caudales de salida. La ubicación de la Red de Estaciones Pluviométricas debe distribuirse en la cuenca de tal manera de obtener una relación de precipitación – altitud de mayor representación, así también debe considerarse la existencia de una estación en las Subcuencas Tributarias principalmente en aquellas que no se cuenta con estaciones hidrométricas cercanas.
- ✓ La Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca abarca actualmente una sola estación en Santo Domingo, con la cual es dificultoso la determinación de los aportes de las distintas Subcuencas principalmente las que producen las Subcuencas de Baños y Vichaycocha (su aporte es el mayor). Aumentar una Estación Hidrométrica permitiría calibrar y verificar los resultados producidos en un modelo de Precipitación –Escorrentía como el aplicado en el Estudio con ayuda del Programa HEC-HMS.
- ✓ Los registros históricos son de gran importancia en el desarrollo de un estudio orientado a mejorar la Gestión del Recurso Hídrico por lo que es de vital importancia que sean preservados y actualizados en un base de datos de fácil acceso, siendo posible ser archivados en formato digital.

De la Operación de Embalses

- ✓ Existen en la actualidad 8 Lagunas con presa (agrupadas en 4 microcuencas correspondientes a las Subcuencas de Vichaycocha y Baños) que la Junta de Usuarios opera de acuerdo a las necesidades de demanda que se producen diariamente en el valle principalmente en la época de estiaje para lo que cuentan con un Operador que se encarga de la apertura y cierre de todas las Presas.
- ✓ Las presas de mayor Capacidad se encuentran en las Lagunas de Chungar y Quisha alcanzando un almacenamiento de 14.257 y 13.692 MM3 en los meses de máxima avenida respectivamente , estando la presa de menor capacidad en Chancan con 0.980 MM3.
- ✓ El estado de las Presas así como del vaso del embalse se encuentran en la actualidad deterioradas debido a que existen desde antes del año 1969 (mas de 40 años) siendo muy probable que muchas de ellas hayan pasado su tiempo de vida útil para las que fueron ejecutadas inicialmente. Estas presas principalmente de gravedad, han sido construidas de concreto o mampostería y han sido sometidos a

lo largo de su vida a una serie de reparaciones y mantenimientos temporales que producen en la actualidad pérdidas por filtración y el riesgo de falla en sus estructuras, en este caso se encuentran Yuncan y Cacray.

Por ello es necesario realizar un Estudio de Evaluación del estado de las Presas y embalses de las Lagunas mencionadas con la finalidad de determinar la reparación o demolición de sus estructuras buscando nuevas alternativas de acuerdo a los requerimientos de demanda que el valle requiera. Además el sistema de operación que presenta estas lagunas actualmente requiere de un ordenamiento que permita utilizar de manera más eficiente el recurso hídrico disponible, siempre debe ser prioridad en cualquier estudio mejorar la eficiencia en la operación, que aumentar la capacidad de los embalses para asegurar así una reducción de costos.

- ✓ El desarrollo del presente estudio tuvo serias dificultades para restituir a caudales natural por contar solo con los registros de volúmenes de los años 1999 a agosto del 2001. Por ello los registros de los volúmenes almacenados en las Lagunas son muy importantes para realizar cualquier estudio orientado a mejorar el Uso del recurso hídrico por lo que se recomienda que cualquier operación de sistema de presas debe reportar a la Junta de Usuarios y a la Administración Técnica el cual a su vez debe archivar de manera responsable estos registros para que se encuentren a disposición de los especialistas.

Del Potencial Hidroenergético de la Cuenca

- ✓ En la Cuenca se encuentran en funcionamiento 6 Centrales Hidroeléctricas de las 9 existentes. Las características de la Cuenca hacen posible la formación de Centrales Hidroeléctricas, sin embargo debido a la falta de mantenimiento han dejado de funcionar tres de ellas.
- ✓ La presencia de 8 Lagunas con presa ubicadas en la cabecera del río sugiere la formación de pequeñas Centrales Hidroeléctricas que puedan generar electricidad todo el año, teniendo especial cuidado en la operación de estas de tal manera de no perjudicar el abastecimiento aguas abajo.

Del caudal de diseño de estructuras hidráulicas.

- ✓ Las estructuras hidráulicas que se quieran construir en las cercanías de la Estación Santo Domingo y aguas arriba de ella deben ser diseñadas de acuerdo al caudal establecido para un periodo de retorno, debiéndose diseñar para un periodo de retorno mayor aquellas estructuras que involucran un mayor riesgo. Para dar mayor validez a los caudales de diseño desarrollados a partir de la serie de caudales máximos diarios anuales históricos se desarrollo el modelo de Precipitación – Escorrentía para determinar el caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años obteniéndose un caudal de $273.39\text{m}^3/\text{s}$, valor inferior al primero que alcanza los $321\text{m}^3/\text{s}$. El valor inferior obtenido se debe a que no se ha determinado la presencia del flujo base en el modelo de Precipitación – Escorrentía ,además de existir la posibilidad de una sobreestimación de caudales por la dificultad de realizar una lectura en época de avenidas, sin embargo es preferible realizar el diseño de manera conservadora con el obtenido a partir de la serie histórica.
- ✓ El Modelo desarrollado en el HEC-HMS ha permitido estimar de manera porcentual los aportes de cada subcuenca así como la forma del hidrograma de caudales de salida.

CUADRO N°44: APOORTE PORCENTUAL POR SUBCUENCA

SUBCUENCA	APORTE(%)
VICHAYCOCHA	20.50
BANOS	10.20
CARAC	6.02
MEDIA	38.32
Añasmayo	19.92
HUATAYA	5.04

Con estos resultados podemos asegurar que el aporte mayor se da en Vichaycocha, así como se aprecia que a pesar de no estar en la cabecera el aporte de la Subcuenca Añasmayo es considerable, por otro lado se aprecia que los menores aporte son de las subcuencas Carac y Huataya.

RELACIÓN DE CUADROS

CUADRO N°01: ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	3
CUADRO N°02: ESTACIONES HIDROLÓGICAS	3
CUADRO N°03: CLASIFICACIÓN CLIMÁTICO - ECOLÓGICA	7
CUADRO N°04: SECUENCIA ESTRATIGRAFICA.....	8
CUADRO N°05: GRUPOS DE SUELOS.....	9
CUADRO N°06: GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO.....	10
CUADRO N°07: ASOCIACIÓN DE SUELOS	10
CUADRO N°08: ÁREAS DE CULTIVO	10
CUADRO N°09: SUPERFICIE DE LA CUENCA.....	12
CUADRO N°10: CLASIFICACIÓN ORDINAL Y FRECUENCIA DE LOS RÍOS.....	17
CUADRO N°11: CAUCE PRINCIPAL	18
CUADRO N°12: RECTÁNGULO EQUIVALENTE.....	19
CUADRO N°13: CURVA HIPSOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA.....	20
CUADRO N°14: PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA.....	21
CUADRO N°15: OTRAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFÍAS	24
CUADRO N°16: ANÁLISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 1 (1968 – 2000).....	31
CUADRO N°17: ANÁLISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 2 (1968 – 1987).....	32
CUADRO N°18: ANÁLISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 3 (1970 – 1987).....	33
CUADRO N°19: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS.....	34
CUADRO N°20: CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LAS LAGUNAS REPRESADAS.....	41
CUADRO N°21: RESTITUCIÓN DE CAUDALES REGIMEN NATURAL - AÑO 1999.....	42
CUADRO N°22: DIAGRAMA DE DOBLE MASA DE PRECIPITACIÓN – GRUPO 1 (1926 – 1999).....	46
CUADRO N°23: DIAGRAMA DE DOBLE MASA DE PRECIPITACIÓN – GRUPO 2 (1960 – 1999).....	47
CUADRO N°24: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS.....	48
CUADRO N°25: PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL.....	50
CUADRO N°26: ECUACIÓN REGIONAL DE PRECIPITACION	51
CUADRO N°27: PRECIPITACIÓN AREAL DE LA CUENCA POR POLÍGONOS DE THIESEN	51
CUADRO N°28: PRECIPITACIÓN AREAL DE LA CUENCA POR ISOYETAS.....	52
CUADRO N°29: PRECIPITACIÓN AREAL DE LA CUENCA POR THIESEN MODIFICADO.....	53
CUADRO N°30: PRECIPITACIÓN AREAL MENSUAL	54
CUADRO N°31: PRECIPITACIÓN AREAL MENSUAL (THIESEN MODIFICADO).....	54
CUADRO N°32: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% DE PERSISTENCIA (SERIE HISTÓRICA)	56
CUADRO N°33: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% DE PERSISTENCIA (SERIES GENERADAS POR MODELO ESTOCÁSTICO).....	56
CUADRO N°34: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% DE PERSISTENCIA (SERIE GENERADA POR MODELO PRECIPITACION - ESCORRENTIA)	57
CUADRO N°35: ANÁLISIS DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – CARAC.....	58
CUADRO N°36: ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – SANTA CRUZ	59
CUADRO N°37: ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – PIRCA.....	60
CUADRO N°38: ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE MÁXIMA PRECIPITACIÓN 24h – PALLAC.....	61
CUADRO N°39: ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CAUDAL MÁXIMO.....	62

CUADRO N°40: CAUDALES MÁXIMOS PARA UNA LLUVIA INTENSA DE $Tr = 50$ Años.....	62
CUADRO N°41: ANÁLISIS DE SEQUIA Y DE CAPACIDAD DE EMBALSE.....	63
CUADRO N°42: DEMANDA DE USO CONSUNTIVO EN LA ZONA INTERMEDIA Y ALTA DE LA CUENCA	70
CUADRO N°43: DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA CUENCA.....	70
CUADRO N°44: APOORTE PORCENTUAL POR SUBCUENCA	73

RELACIÓN DE FIGURAS

FIGURA N°01: PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE PRINCIPAL	22
FIGURA N°02: HISTOGRAMA LOMAS DE LACHAY (serie histórica).....	25
FIGURA N°03: HISTOGRAMA PIRCA (serie histórica).....	25
FIGURA N°04: HISTOGRAMA SANTA CRUZ (serie histórica)	26
FIGURA N°05: HISTOGRAMA HUAYAN (serie histórica).....	26
FIGURA N°06: HISTOGRAMA CARAC (serie histórica)	27
FIGURA N°07: HISTOGRAMA PALLAC (serie histórica).....	27
FIGURA N°08: HISTOGRAMA HUAROS (serie histórica)	28
FIGURA N°09: HISTOGRAMA PICOY (serie histórica)	28
FIGURA N°10: HISTOGRAMA PACHAMACHAY (serie histórica).....	28
FIGURA N°10: HISTOGRAMA PACHAMACHAY (serie histórica).....	29
FIGURA N°11: HISTOGRAMA TUPE (serie histórica).....	29
FIGURA N°12: HISTOGRAMA LOMAS DE LACHAY (serie homogenizada y completada).....	35
FIGURA N°13: HISTOGRAMA PIRCA (serie homogenizada y completada).....	35
FIGURA N°14: HISTOGRAMA SANTA CRUZ (serie homogenizada y completada)	36
FIGURA N°15: HISTOGRAMA HUAYAN (serie homogenizada y completada).....	36
FIGURA N°16: HISTOGRAMA CARAC (serie homogenizada y completada)	37
FIGURA N°17: HISTOGRAMA Pallac (serie homogenizada y completada).....	37
FIGURA N°18: HISTOGRAMA HUAROS (serie homogenizada y completada)	37
FIGURA N°18: HISTOGRAMA HUAROS (serie homogenizada y completada)	38
FIGURA N°19: HISTOGRAMA PICOY (serie homogenizada y completada)	38
FIGURA N°20: HISTOGRAMA Pachamachay (serie homogenizada y completada)	39
FIGURA N°21: HISTOGRAMA TUPE (serie homogenizada y completada).....	39
FIGURA N°22: HISTOGRAMA SANTO DOMINGO (serie histórica)	43
FIGURA N°23: HISTOGRAMA PUENTE ALCO (serie histórica).....	43
FIGURA N°24: HISTOGRAMA PUENTE MAGDALENA (serie histórica).....	44
FIGURA N°25: HISTOGRAMA TOMAS IMPERIAL - SOCSI (serie histórica)	44
FIGURA N°26: HISTOGRAMA SANTO DOMINGO (serie homogenizada y completada).....	49