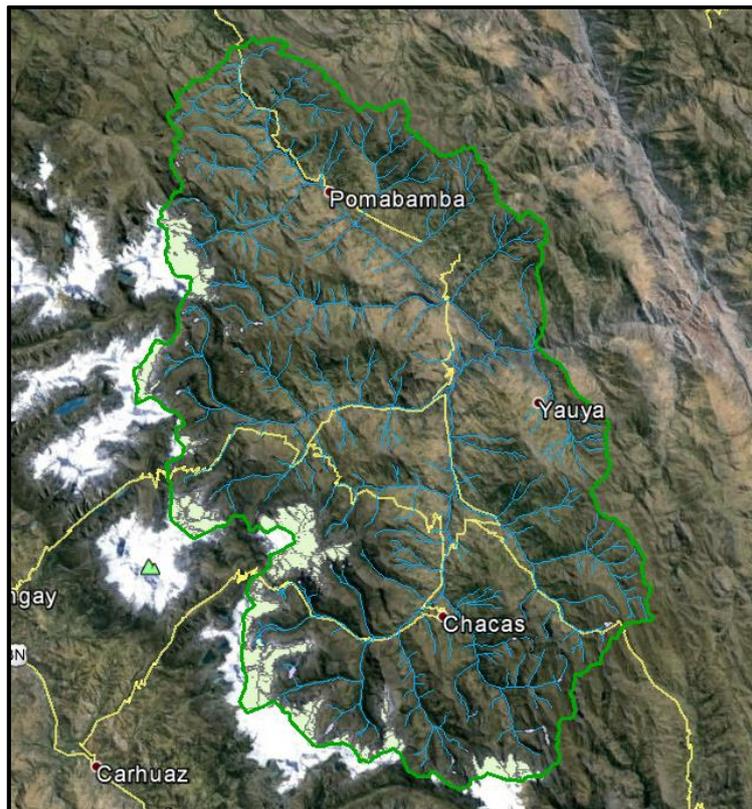


C.H. PEDRO ANDRÉS



CORPORACION ENERGETICA DEL PERU S.A.

2015

CONTENIDO MINIMO DEL ESTUDIO DE APROVECHAMIENTO HIDRICO

RESUMEN EJECUTIVO.-

Dentro de los procesos de desarrollo económico, el sector energético ocupa un lugar preponderante en el Perú. La energía es fuente básica para el desarrollo de los grandes puntales de la economía peruana como son la Industria, la Minería, y la Pesquería y en menor grado la Agricultura.

La Central Hidroeléctrica Pedro Andrés aprovechará un caudal máximo de 8.0 m³/s provenientes del río Yurma, para la generación de energía eléctrica con una potencia instalada de 20 MW y un salto bruto de 250 m. Dicha Central Hidroeléctrica estará ubicada en el sector de Llacma, Distrito de Llacma, Provincia de Antonio Raymondi, Departamento de Ancash.

Es preciso mencionar que la Central Hidroeléctrica Pedro Andrés tendrá una potencia instalada menor a 25 MW cuyos objetivos específicos son:

- ✓ Cubrir el déficit de oferta eléctrica con fuentes de energía renovables y rentables, que demanden menores costos de operación y mantenimiento, a través de la generación mejorando el acceso a la electricidad en las áreas rurales.
- ✓ Contar con un abastecimiento energético competitivo a nivel de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME) generando oportunidades de desarrollo en iguales condiciones para todos los peruanos.
- ✓ Incorporar la Eficiencia Energética como parte de la Matriz Energética.
- ✓ Promover el uso intenso y eficiente de las fuentes de energías renovables convencionales y no convencionales, a través de la generación distribuida.

A continuación se indican las características más importantes del estudio:

- **Nombre del estudio:**
“Estudio Hidrológico para la acreditación de disponibilidad hídrica superficial del río Yurma para el proyecto Central Hidroeléctrica Pedro Andrés”
- **Nombre de la empresa:** CORPORACION ENERGETICA DEL PERU S.A.
- **Objetivo general:** Evaluar y establecer el potencial disponible del recurso hídrico del río Yurma para la Central Hidroeléctrica Pedro Andrés ubicada en la subcuenca del río Yurma, perteneciente al distrito de Llacma, provincia de Antonio Raymondi, departamento de Ancash.
- **Ubicación política:** Distrito de Llacma, provincia de Antonio Raymondi, departamento de Ancash.
- **Ubicación Hidrográfica:** Unidad Hidrográfica Yurma, Alto Marañón, Alto Amazonas perteneciente a la Región hidrográfica del Amazonas.
- **Ubicación geográfica:**

Cuadro N° 01

Puntos de captación y devolución – Central Hidroeléctrica Pedro Andrés

Fuente	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18					
	Punto Captación			Punto de Devolución		
	Norte(m)	Este(m)	Altitud(m.s.n.m)	Norte(m)	Este(m)	Altitud(m.s.n.m)
Río Yurma	9 010 500	248 000	2400	9 010 800	251 000	2275

Fuente: Elaboración Propia

El Proyecto de la Central Hidroeléctrica Pedro Andrés, pretende realizar la explotación los recursos hídricos del río Yurma captando un caudal de 8.0 m³/s, los cuales serán derivados por una estructura de captación y llevados mediante un túnel de conducción para aprovechar una caída neta de unos 250 m, mediante la construcción de una casa de máquinas en superficie instalada con una turbina.

El estudio hidrológico de la C.H. Pedro Andrés , tiene como objeto generar las bases para la planificación y Gestión Integral de los Recursos Hídricos en la subcuenca del río Yurma, haciendo énfasis en la disponibilidad de recursos hídricos para la generación de energía eléctrica.

De acuerdo con el estudio de potencia óptima la central, deberá captar un caudal máximo de diseño de 8,0 m³/s del río Yurma .En los meses en que la disponibilidad del recurso hídrico sea inferior al caudal de diseño de la central, esta operará con el caudal disponible descontando el caudal ecológico necesario para salvaguardar el desarrollo del ecosistema acuático.

Cuadro N° 02

Disponibilidad hídrica en el río Yurma al 75 % de persistencia para la Central Hidroeléctrica

Pedro Andrés

Descripción	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total (hm ³)
Caudal (m ³ /s)	35.98	36.25	43.31	31.51	15.62	10.62	7.24	6.10	8.34	12.96	26.56	29.36	
Volumen (hm ³)	96.36	87.69	116.00	81.67	41.83	27.53	19.40	16.34	21.62	34.71	68.84	78.65	690.65

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 03

Caudal Ecológico - Tramo entre el Punto de Captación y el Punto de Devolución sobre el río Yurma

Descripción	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total (hm ³)
Caudal (m ³ /s)	5.10	7.50	7.36	5.45	3.00	1.67	1.02	0.91	1.37	3.26	4.27	4.84	
Volumen (hm ³)	13.67	18.13	19.73	14.14	8.02	4.32	2.73	2.44	3.54	8.74	11.07	12.97	119.50

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 04

Caudal Disponible para la Central Pedro Andrés.

Descripción	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total (hm ³)
Caudal (m ³ /s)	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	6.23	5.19	6.97	8.00	8.00	8.00	
Volumen (hm ³)	21.43	19.35	21.43	20.74	21.43	20.74	16.69	13.90	18.07	21.43	20.74	21.43	237.35

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 05

Demanda de la Central Pedro Andrés.

Descripción	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total (hm ³)
Caudal (m ³ /s)	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	
Volumen (hm ³)	21.43	19.35	21.43	20.74	21.43	20.74	21.43	21.43	20.74	21.43	20.74	21.43	252.29

Fuente: Elaboración Propia

La Central Hidroeléctrica Pedro Andrés es importante porque es la primera central de esta potencia que se desarrolla en la margen Oriental de la Cordillera Blanca en el Callejón de Conchucos. Como dato histórico interesante es necesario resaltar que la primera planta hidroeléctrica instalada en el Perú y Sudamérica se instaló también en la Cordillera Blanca, en el asiento minero de Tarica por la empresa alemana San Juan, con una capacidad de sesenta caballos y que operaba una fundición de plata.

Es también muy importante señalar que esta Central Hidroeléctrica, que estará interconectada al Sistema Eléctrico Nacional a través de una Línea de Transmisión de 12.00 km. Y 66,000 voltios, integrará a los cinco callejones de Conchucos, es decir, el área de la influencia en esta zona es enorme y causará un impacto muy importante en la economía de toda la región.

La Empresa que está promoviendo C.H. Pedro Andrés es netamente peruana y empleará 100% mano de obra nacional, y a excepción del equipo electromecánico todos los insumos son nacionales, teniendo el consiguiente efecto multiplicador y por otro lado a diferencia de empresas extranjeras, las utilidades quedan en el país.

La C.H. Pedro Andrés está rodeada de una extensa zona agrícola y poblacional, por lo que esta planta aporta un beneficio regional indudable. En cuanto al monto de inversión y rentabilidad del negocio, los cuadros económicos muestran que es altamente rentable y de un monto de inversión relativamente bajo, más aun si se tiene en cuenta que las plantas hidroeléctricas tienen una vida de más de cincuenta años.

Por estas consideraciones se estima que el proyecto es altamente factible y muy rentable, y que debe tener el apoyo amplio y decidido del sector público y privado.

I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción.

La Central Hidroeléctrica Pedro Andrés, tendrá una capacidad aproximada de 25 MW de potencia, considerada como una Central mediana, estará ubicada en el Distrito de Llacma, Provincia de Mariscal Luzuriaga, Departamento de Ancash.

La central Hidroeléctrica Pedro Andrés, captará las aguas del río Yurma, en su margen derecha, mediante una bocatoma ubicada en la cota 2400 msnm, sobre el lecho del río Yurma, para luego ser conducida por un sistema de conducción, con una capacidad máxima de conducción de 8,0 m³/s, hasta llegar a las instalaciones de la planta, posteriormente, el agua turbinada será nuevamente devuelta a la misma fuente natural.

El presente estudio consta de dos capítulos o partes los cuales serán desarrollados a nivel definitivo. La primera parte, está referida a los aspectos generales del proyecto, como son los antecedentes, objetivos, etc. La segunda parte corresponde a la Evaluación Hidrológica, referida, a la descripción de la subcuenca, análisis y tratamiento de la información Hidrometereológica e Hidrométrica, la determinación de la disponibilidad hídrica, los usos y demandas actuales de agua y el balance hídrico de la unidad hidrográfica en estudio. Además se muestra en los anexos los cuadros y gráficos que explican la metodología usada en la evaluación hidrológica y finalmente los correspondientes los planos.

1.2. Antecedentes.

Este estudio se realiza en el marco de la R.D. 0325-2010-ANA-DARH con fecha Julio del 2014, donde se autoriza al Ing. José Lancho Subauste la ejecución de estudios para el aprovechamiento del recurso hídrico con fines de generación eléctrica provenientes del río Yurma, ubicado a 4km de la ciudad Llacma, provincia de Mariscal Luzuriaga y Provincia de Yungay, departamento de Ancash.

El presente estudio se realiza de conformidad con lo señalado en las normas peruanas para el sector electricidad; entre otras la Ley de Concesiones Eléctricas D.L. No. 25844 indica que el Estado previene la conservación del Medio Ambiente y del Patrimonio Cultural de la Nación, así como el uso racional de los recursos naturales en el desarrollo de las actividades relacionadas con la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Un Estudio Hidrológico es una herramienta de Gestión Hídrica que tiene como objetivo caracterizar los regímenes de agua que está determinada por el caudal del río Yurma, que es afluente del Marañón y pertenece a la cuenca Marañón. Este estudio contiene además una descripción de las características del entorno referidas con la hidrografía, clima y aspectos sociales.

1.3. Objetivos del estudio.

1.3.1. Objetivo general.

El objetivo General del presente estudio es el de acreditar el potencial disponible del recurso hídrico del río Yurma, con fines hidroeléctricos, para el proyecto C.H. Pedro Andrés. Este río, es afluente del río Marañón, perteneciente a la cuenca Marañón, y en consecuencia a la Vertiente del Atlántico.

1.3.2. Objetivos específicos.

Entre los objetivos más importantes tenemos:

- Determinar los parámetros fisiográficos más importantes para sus relaciones hidrológicas
- Diagnóstico de las características generales de la cuenca: Ecología, geología, geomorfología, medios de comunicación y socio economía.
- Precisar los usos y demandas de agua actual y futura.
- Determinar la precipitación media anual, mensual y en los diferentes niveles de persistencia.
- Determinar el caudal medio mensual y anual.
- Establecer el caudal ecológico
- Determinarla disponibilidad hídrica para la generación de energía eléctrica
- Determinar la máxima descarga en el punto de captación

1.4. Justificación del estudio.

El constante incremento de demanda de energía eléctrica en nuestro país, la necesidad imperiosa de producir energía limpia para la preservación del medio ambiente; y además, considerando los cuantiosos recursos hídricos de la nación, acarrearán al País a impulsar proyectos hidroeléctricos de pequeña y mediana capacidad en sus cuencas existentes como solución a corto plazo de las necesidades energéticas regionales.

A raíz de la necesidad de generar mayor fuentes de energía en el país se lleva a cabo este estudio con el objetivo de conocer la hidrología, con fines hidroeléctricos, del caudal del río Yurma (Potaca según el IGN), que es afluente del Marañón, perteneciente a la cuenca Marañón, y en consecuencia a la Vertiente del Atlántico.

El Estudio Hidrológico para la Central Hidroeléctrica Pedro Andrés, tiene como principal objetivo el de determinar la Disponibilidad de Recurso Hídrico del río Yurma, con el fin de obtener los caudales promedios para fines de diseño del Proyecto.

Dentro de las ventajas que genera la ejecución de una Central Hidroeléctrica Pedro Andrés, se cuenta con que:

- Esta no requiere de combustibles, sino que usan una forma renovable de energía, constantemente repuesta por la naturaleza de manera gratuita. Es limpia, pues no contamina ni el aire ni el agua.
- Puede combinarse con otros beneficios, como riego, protección contra las inundaciones, suministro de agua, caminos y aún ornamentación del terreno y turismo.

El desarrollo del Proyecto de la Central Hidroeléctrica Pedro Andrés, traerá beneficios económicos, sociales, ambientales, para el Departamento de Ancash, específicamente en la Zona de Mariscal Luzuriaga y Llacma.

- Aportará energía permanente.
- Será una inversión que dinamizará la economía de la Región.
- Mejorará sustancialmente la infraestructura vial y de comunicaciones en la zona del Proyecto.
- Generará diversos estudios ambientales que aportarán al conocimiento científico de la región y ayudarán en la protección del medio ambiente.

- Generará cerca de 200 puestos de trabajo directos.
- Desarrollará la económica local, especialmente en áreas de servicios como hotelería, alimentación, transporte y comercio en general.
- Mejorará sustancialmente la educación, con infraestructura y programas de apoyo.
- Beneficiará el cuidado de la salud local, por mejoras en postas y centros de salud.
- Activará la participación de la comunidad local.
- Ayudará al desarrollo integral de la región
- Contará con los mejores estándares de gestión y cuidado medioambiental.

II. EVALUACIÓN HIDROLÓGICA

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA Y DEL CURSO PRINCIPAL DEL RIO YURMA.

2.1.1. Ubicación y demarcación de la unidad hidrológica donde se ubica el punto de captación.

2.1.1.1.- Política

- Departamento : Ancash
- Provincia : Mariscal Luzuriaga
- Distrito : Llacma

2.1.1.2.- Geográfica

La cuenca del río Yurma está formada por la unión de los glaciares de los nevados Huascarán y Huandoy entre las coordenadas 08° a 10 ° de latitud Sur y 76° a 78° de longitud Oeste.

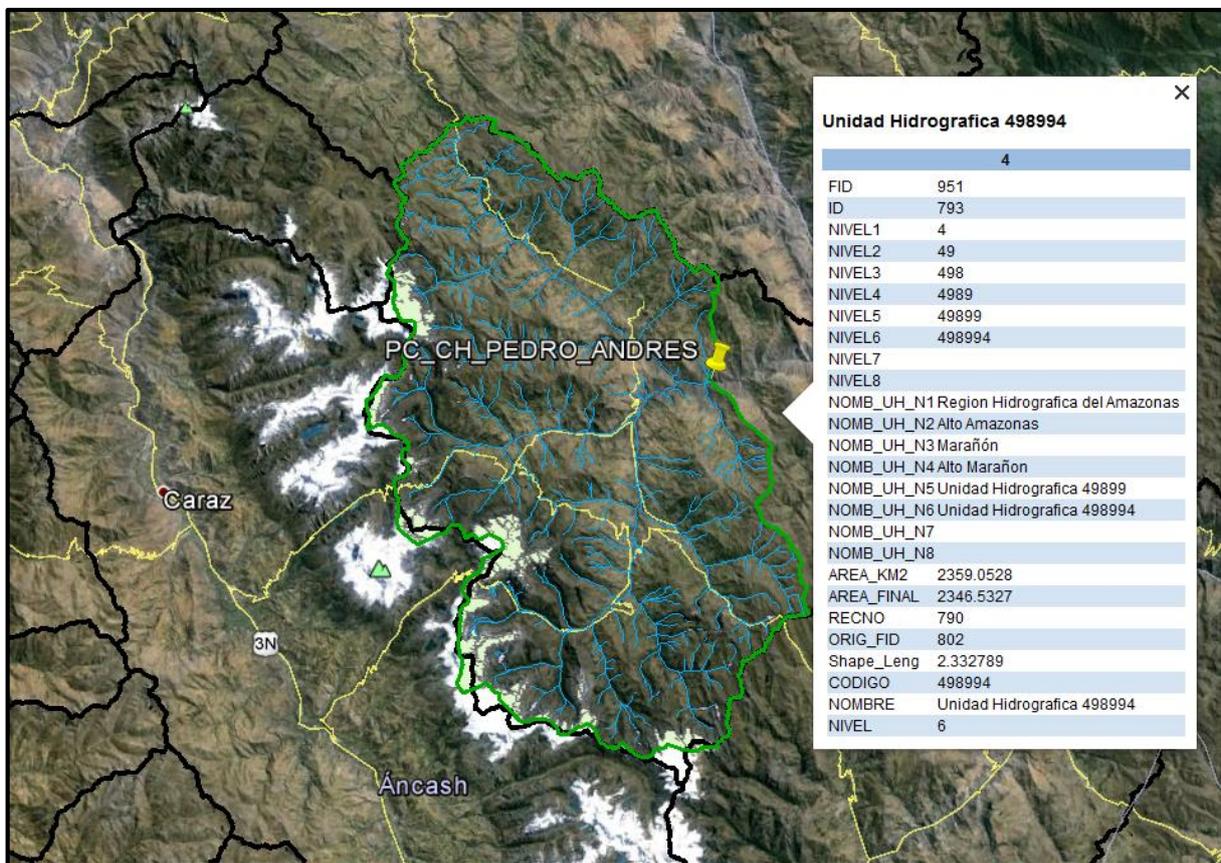
El Punto de Captación se ubica en las coordenadas UTM WGS84 9010500 N y 248,000 E y el de Devolución en las coordenadas UTM WGS84 9010800 N y 251000 E, según el estudio a realizarse, el que involucra la construcción de una bocatoma de captación sobre el río Yurma situada aproximadamente a los 2400 m.s.n.m., incluye también un desarenador, así como un canal de conducción de aproximadamente 5 Km.

2.1.1.3.- Hidrográfica

La cuenca del río Yurma hasta el punto de captación propuesto, forma parte de la cuenca del río Marañón y está identificada mediante codificación Pfafstetter a nivel 5 como UH 49899 a su vez la dicha cuenca vierte sus aguas al río Marañón, perteneciente a la Región Hidrográfica del Amazonas.

La cuenca también se distingue por contener una zona accidentada, combinada con planicies y grandes elevaciones en la altitud y conforme se desciende las laderas de la cuenca toman fuertes pendientes. La cobertura vegetal por cultivo y en forma silvestre hace que la cuenca sea estable en cuanto a la erosión superficial disminuyendo el transporte fluvial en suspensión.

Figura N°2.1
Ubicación Hidrográfica de la cuenca del Río Yurma
hasta el punto de captación propuesto



Fuente: Elaboración Propia-Google Earth Pro.

2.1.1.4.- Administrativa

- Autoridad Administrativa del Agua Marañón
- Administración Local de Agua Alto Marañón

2.1.1.5.- Ubicación del punto de captación y devolución de agua

Cuadro N° 2.1
Ubicación de Puntos de Captación y Devolución

Fuente	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18					
	Punto Captación			Punto de Devolución		
	Norte(m)	Este(m)	Altitud(m.s.n.m)	Norte(m)	Este(m)	Altitud(m.s.n.m)
Qda. Potaca	9 010 500	248 000	2400	9 010 800	251 000	2275

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2. Fisiografía y geología del área de estudio

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca Yurma hasta el punto de captación proyectado, se determinaron, utilizando las cartas nacionales-Hojas: 19h, 19j, 20i a escala 1/100000; proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

a) Descripción de la Unidad Hidrográfica

El proyecto Central Pedro Andrés contempla el aprovechamiento de las aguas del río Yurma, en donde se ubica el punto de captación a una altitud aproximada de 2400 msnm.

La cuenca de aprovechamiento del río Yurma, hasta el punto de captación proyectado, tiene un desarrollo de 54,95 Km y un área total de cuenca de 1941.38km².

b) Parámetros de Forma

Las características físicas de una cuenca forman un conjunto que influye decididamente en el comportamiento hidrológico de la misma, tanto a nivel de las incitaciones como de las respuestas de la cuenca si esta es tomada como un sistema, así pues, el estudio sistemático de los parámetros físicos de las cuencas es de gran utilidad práctica en la hidrología.

A continuación se describen los principales parámetros de la fisiografía de la cuenca en estudio

- **Área de la cuenca (A)**

La superficie de la cuenca en estudio hasta la captación proyectada de la centra Pedro Andrés es 1941,38 Km².

$$A=1941,38 \text{ Km}^2$$

- **Perímetro dela cuenca(P)**

El perímetro de la cuenca es 235,41 Km

$$P=235,41 \text{ Km}$$

- **Longitud del cauce principal (L)**

Es la distancia entre la toma proyectada de la central Pedro Andrés y el punto más alejado es igual a 54,95 km

$$L=54,95 \text{ Km}$$

- **Ancho medio de la cuenca (W)**

Expresado como:

$$W = \frac{A}{L}$$

$$W=35,33 \text{ Km}$$

Donde:

W: Ancho medio de la cuenca (km).

A: Área de la cuenca (km²).

L: Longitud del cauce principal (km).

- **Coefficiente de compacidad (Kc)**

Expresado como:

$$K_c = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K_c=1,50$$

Donde:

Kc: Coeficiente de compacidad.

A: Área de la cuenca (km²).

P: Perímetro de la cuenca (km).

Una cuenca cuya forma se asemeja a un círculo, su Kc, será próximo a la unidad, lo que significará que hay mayor capacidad para la ocurrencia de avenidas dado que los tiempos de concentración de los diferentes cauces serán similares.

La cuenca del río Yurma tiene una forma alargada, lo cual también se evidencia con el valor de su Kc.

- **Factor de Forma (Ff)**

Se llama factor de forma a la relación entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud del curso de agua más largo.

La mayor o menor tendencia de avenidas en una cuenca está medida por este parámetro. Su expresión es:

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

$$F_f= 0.64$$

Donde:

Ff: Factor de forma

A: Área de la cuenca (km²)

L: Longitud del cauce (km)

Este valor nos indica que la cuenca tiene forma alargada con pocas posibilidades que las lluvias intensas originen inesperadas crecientes.

c) Parámetros de relieve de la cuenca del río Yurma.

• Pendiente media (Sp).

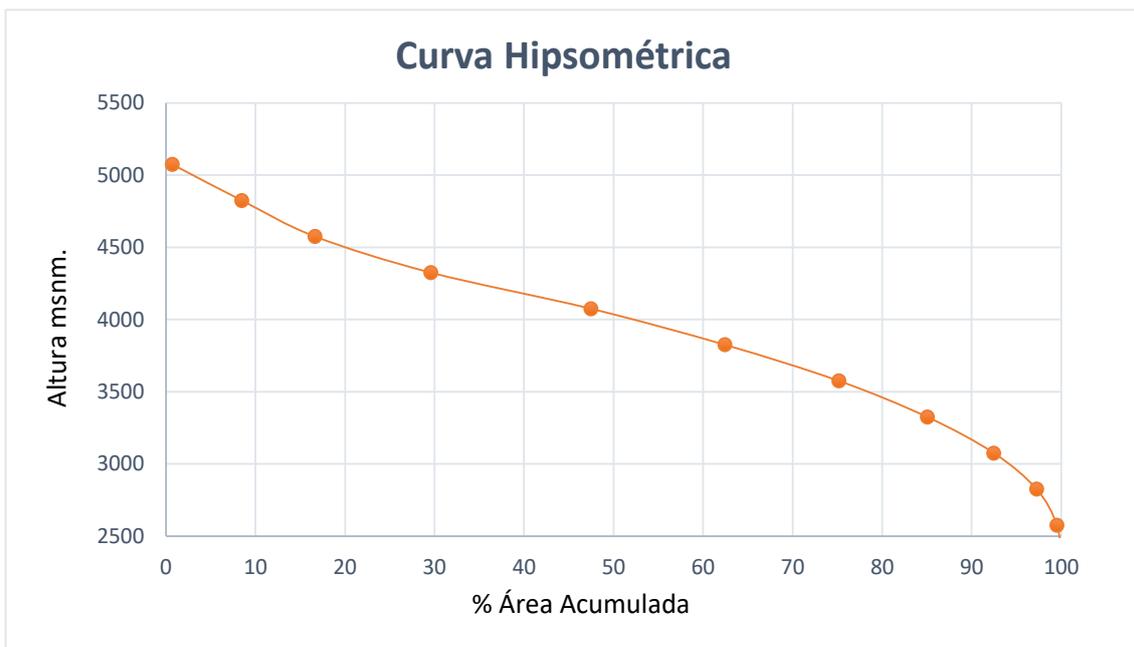
La pendiente media de la cuenca en estudio es 39,37%; este valor expresa que existe una baja relación con la infiltración, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Este parámetro es uno de los factores físicos que controlan el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos pluviales que constituyen la red de drenaje de las hoyas.

Sp= 39,37%

• Curva hipsométrica.

La curva hipsométrica, nos muestra el relieve que presenta la cuenca, a través de la representación gráfica de la relación entre las elevaciones del terreno y las superficies acumuladas por debajo o por encima de dicha elevación. A partir de la curva hipsométrica, se observa que la cuenca Yurma, es una unidad hidrográfica con valles profundos y empinados.

Figura N° 2.2
Curva Hipsométrica



Fuente Elaboración Propia

• **Elevación media de la Cuenca (H).**

La elevación media con respecto al punto de interés o captación de la Central Hidroeléctrica Pedro Andrés es de 4039.35m.s.n.m.

$$H = 4039.35 \text{ m.s.n.m}$$

• **Pendiente del río Yurma (Sr).**

El perfil longitudinal del río va desde la cota mínima que es 2 400 m.s.n.m hasta la cota máxima de 5200 m.s.n.m, recorriendo una longitud total de 54,95 km. Por la tanto la pendiente media del río es de 0.05 m/m.

Expresado como:

$$S_r = \frac{\Delta H}{L}$$

$$S_r = 0.05 \text{ m/m}$$

Sr: Pendiente del río
AH: Desnivel (m)
L: Longitud del cauce (m)

d) Aspectos ecológicos.

El objetivo de la descripción ecológica de la cuenca Yurma es fundamental para determinar las interrelaciones entre los componentes que conforman los ecosistemas y hábitat presentes con las obras e instalaciones que se desarrollarán en las obras de la Central Hidroeléctrica proyectada.

▪ Zonas de vida o ecosistemas.

Páramo pluvial – Subalpino Tropical (pp-SaT)

Se distribuye en la región Sierra, entre los 4000 y 4500 msnm. Posee un clima súper húmedo-Frío, con temperatura media anual entre 6°C y 3°C, y precipitación pluvial total anual entre 1100 y 1300 mm. La cubierta vegetal es herbácea, arbustiva de porte alto y pequeños bosques de “quinua”.

En los límites superiores de esta zona de vida el pastoreo, a veces con excesiva carga animal, ha dado lugar a un marcado empobrecimiento de la tierra, por efecto del sobre pastoreo.

Se basa en un volumen de agua constante y permanente originado por un inmenso Circo Glaciar que abastece de un volumen de agua mínimo que no depende del círculo estacional de lluvias. La topografía abrupta que permite fuertes caídas con canales cortos de captación dio lugar a un proyecto de baja inversión con alta rentabilidad.

La mayor parte de la población vive en la zona de los Callejones de Huaylas y Conchucos. El área amazónica no ha sido desarrollada. El área de la costa es estéril, excepto en las cuencas de los pocos ríos que la cortan. La zona de mayor importancia es la zona central, que es una zona montañosa surcada por tres cadenas de la Cordillera de los Andes. La zona más fértil es el área entre Cordilleras; tienen picos que se elevan a más de 6,000 m.s.n.m., formando paisaje sumamente abrupto. El clima de esta área es muy variable y va desde el muy caluroso hasta el gélido de los picos andinos. La temporada de lluvias corresponde a los meses de Octubre a Marzo. La precipitación pluviométrica está entre 50 y 70 pulgadas por año.

La mayor parte de la población (65%) está dedicada a la agricultura.

2.1.3. Accesibilidad y vías de comunicación

La provincia de Mariscal Luzuriaga cuenta con una red vial en óptimas condiciones de tránsito que articula sus centros poblados y zonas con potencial productivo a la carretera a Huaraz.

Vía terrestre:

El distrito de Llacma está conectado a las ciudades de Huaraz y Lima, por carretera por las siguientes vías.

Cuadro N° 2.2
Vías de Comunicación

Lima – Pativilca	Carretera Panamericana	207 km.
Pativilca – Huaraz	Carretera Asfaltada	202 km.
Huaraz –Yungay	Carretera Asfaltada	58 km.
Yungay – Llacma	Carretera Afirmada	84 km.
Lima – Llacma		551 km.

Fuente Elaboración Propia

Por esta vía el viaje desde Lima dura 7 horas hasta Huaraz y 6 horas hasta la Hidroeléctrica propuesta, con un total aproximado de 13 horas desde Lima.

2.2. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA E HIDROMÉTRICA

2.2.1. Análisis de las variables meteorológicas

Para determinar las variables meteorológicas de la cuenca Yurma, es recomendable usar la información de las estaciones ubicadas en la cuenca alta del río Marañón.

2.2.1.1.- Temperatura.

En el estudio elaborado por la UNESCO en el año 2006: “Balance Hídrico Superficial del Perú a Nivel Multianual”, se presenta una relación entre las temperaturas registradas en diferentes estaciones instaladas en el país y la altitud en la que se encuentran, esta es:

$$T = -0.0000002 * H^2 - 0.004 * H + 27.208$$

De dicha relación, la temperatura media multianual en la zona donde se desarrollará el proyecto de la CH Pedro Andrés, debe ser del orden de 7.79 °C.

2.2.1.2.- Precipitación.

Las precipitaciones pluviales en el área del proyecto son esporádicas de acuerdo a las características de la región semitropical cercana al Marañón

Se puede apreciar dentro del estudio hidrológico las características generales de las precipitaciones comparándose con los datos de las cuencas vecinas que aunque escasas y distantes dan una idea general. No se debe soslayar que el proyecto se encuentra en la vertiente oriental de los Andes y que a diferencia de otras hidroeléctricas, recibe en forma directa la precipitación originada en la Amazonía. No existe mediciones en el Callejón de Conchucos y

2.2.2. Tratamiento de la información hidrometeorológica.

2.2.2.1.- Análisis de consistencia de la información pluviométrica.

El valor de la precipitación sobre la cuenca del río Yurma se han determinado a través de isoyetas, para ello se han analizados las estaciones ubicadas en la cuenca alta del río Marañón. Inicialmente se ha efectuado el análisis de consistencia de la información de las estaciones de: Huallanca, Chavin, Chavin II, Llata, Dos de Mayo, Sihuas y Pomabamba, cuya ubicación y periodo de registro es el siguiente:

Cuadro N° 2.3

Relación de Estaciones

N°	Nombre de la Estación	Longitud	Latitud	Altitud m.s.n.m	Periodo de registro	PP (mm)	Operador
1	HUALLANCA	76° 57' 0.00"	9° 53' 0.00"	3260	1963-1977	1151.6	SENAMHI
2	CHAVIN	77° 10' 31.00"	9° 35' 9.70"	3210	1964-1985	950.89	SENAMHI
3	CHAVIN II	77° 15' 0.00"	9° 35' 0.00"	3210	1986-2010	736.71	SENAMHI
4	LLATA	76° 47' 0.00"	9° 33' 0.00"	3429	1964-1980	717.57	SENAMHI
5	DOS DE MAYO	76° 44' 43.93"	9° 37' 30.80"	3650	2000-2010	850.58	SENAMHI
6	SIHUAS	77° 37' 53.93"	8° 32' 47.33"	2716	1963-2010	968.35	SENAMHI
7	POMABAMBA	77° 28' 0.00"	8° 47' 0.00"	3000	1989-2010	950.65	SENAMHI

Fuente: SENAMHI

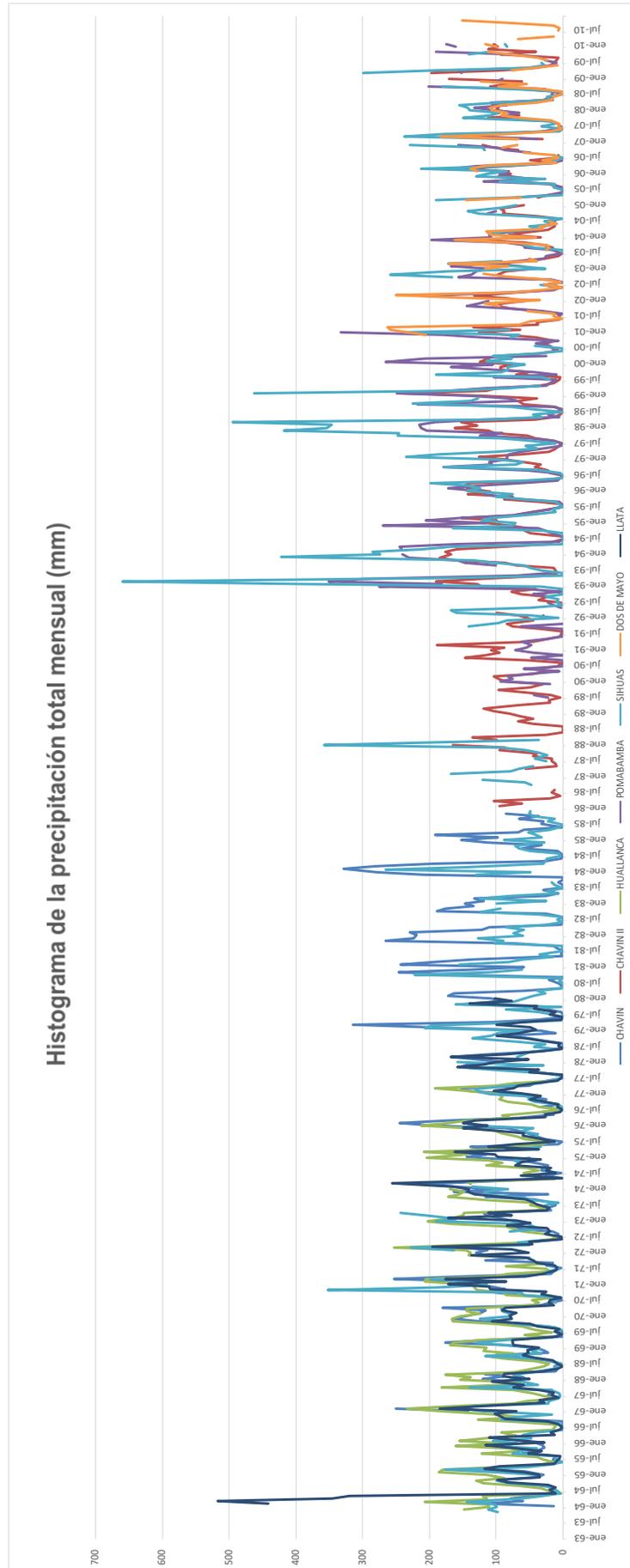
La información base para el análisis de las variables meteorológicas específicamente la de precipitaciones provienen del banco de datos de la Autoridad Nacional del Agua y el SENAMHI. Los registros históricos se adjuntan en los Anexos.

La información de las estaciones fue evaluada de la manera siguiente:

- **Análisis gráfico.**

Este análisis sirve para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el periodo o periodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como “picos” muy altos o valores muy bajos, saltos y/o tendencias, los mismos que deberán comprobarse, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son producto de errores sistemáticos. En la Figura, se muestran los gráficos de los histogramas de las series históricas de las precipitaciones promedios mensuales a través del tiempo, de las estaciones: Huallanca, Chavin, Chavin II, Llata, Dos de Mayo y Pomabamba. En dicha figura, se puede apreciar valores pico registrados en la estación Sihuas.

Figura N°2.3
Histograma de la precipitación total mensual (mm)



Fuente Elaboración Propia

▪ **Análisis de doble masa.**

Se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar la consistencia en lo relacionado a errores que puedan producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta de doble masa, y que pueden detectarse por el quiebre o quiebres significativos que presenten estos diagramas. Sólo con la finalidad de análisis de doble masa y para contar con una información histórica en cada de una de las estaciones evaluadas, los datos faltantes han sido completados con el promedio mensual.

Para el análisis doble masa de las estaciones pluviométricas utilizadas en el estudio, inicialmente se procedió a la selección de la estación base; de acuerdo a la serie histórica de la información pluviométrica, se tiene de 11 y 10 años comunes de información para los periodos 1964 -1977 y 2000-2010 respectivamente (ver el cuadro N°2.4), luego se procedió a dibujar en el eje de las abscisas el promedio anual acumulado de la información y, en el eje de las ordenadas la información anual acumulada de cada una de las estaciones de análisis. Para una mayor practicidad, se dividió a las estaciones utilizadas en el estudio en dos grupos tomando como criterio para aquello el periodo común de años que poseen entre ellas. (Ver los cuadros N° 2.5 y 2.6)

Cuadro N° 2.4
Análisis Doble masa.

AÑO	CHAVIN	CHAVIN II	HUALLANCA	POMABAMBA	SIHUAS	DOS DE MAYO	LLATA
1963			1166.08		922.28		
1964	619.90		2280.08		1695.74		1982.46
1965	1109.00		3393.18		2385.14		2601.06
1966	1872.05		4296.88		2897.14		3166.46
1967	2867.15		5487.58		3611.24		3917.16
1968	3466.354		6556.08		4141.54		4411.76
1969	4279.95		7741.68		4803.44		4970.56
1970	5277.15		8878.18		5863.00		5632.86
1971	6311.75		10067.65		6760.46		6459.26
1972	7073.45		11238.75		7645.12		7088.96
1973	7900.55		12639.85		8841.33		8075.96
1974	8679.75		13762.78		9632.72		9047.06
1975	9638.75		15017.08		10317.13		10047.46
1976	10509.85		16094.78		11007.80		10624.16
1977	11374.45		17176.16		11817.10		11348.26
1978	12106.55				12780.78		12047.76
1979	13045.55				13712.58		12626.66
1980	14125.15				14281.38		13441.26
1981	15339.05				15060.09		
1982	16544.45				15728.06		
1983	17217.55				16443.45		
1984	18544.75				17202.85		
1985	19463.32				17617.15		
1986		682.19			18454.39		
1987		1387.65			19209.567		
1988		2134.15			20308.52		
1989		2791.95		886.53	21227.72		
1990		3597.35		1342.73	22146.92		
1991		4290.75		1797.67	23080.86		
1992		4856.84		2296.37	23554.06		
1993		5973.34		4149.87	25604.36		
1994		6838.54		5534.28	26810.36		
1995		7693.94		6425.28	27431.76		
1996		8445.24		7378.28	28449.06		
1997		9077.94		8215.18	30225.46		
1998		9754.94		9372.98	32211.16		
1999		10689.44		10529.08	33581.53		
2000		11352.54		11559.35	34297.26	939.85	
2001		12068.24		12794.30	35308.53	2173.65	
2002		12746.24		13821.82	36527.69	3112.12	
2003		13310.24		14744.72	37228.81	3909.75	
2004		13858.94		15523.72	38025.31	4608.15	
2005		14445.045		16277.04	38785.99	5441.95	
2006		15245.18		17169.55	39840.78	6275.83	
2007		15914.74		17955.35	40857.20	7006.31	
2008		16649.74		18887.66	41897.42	7692.81	
2009		17549.64		19947.71	43287.36	8610.86	
2010		18276.02		21005.08	44121.56	9467.93	

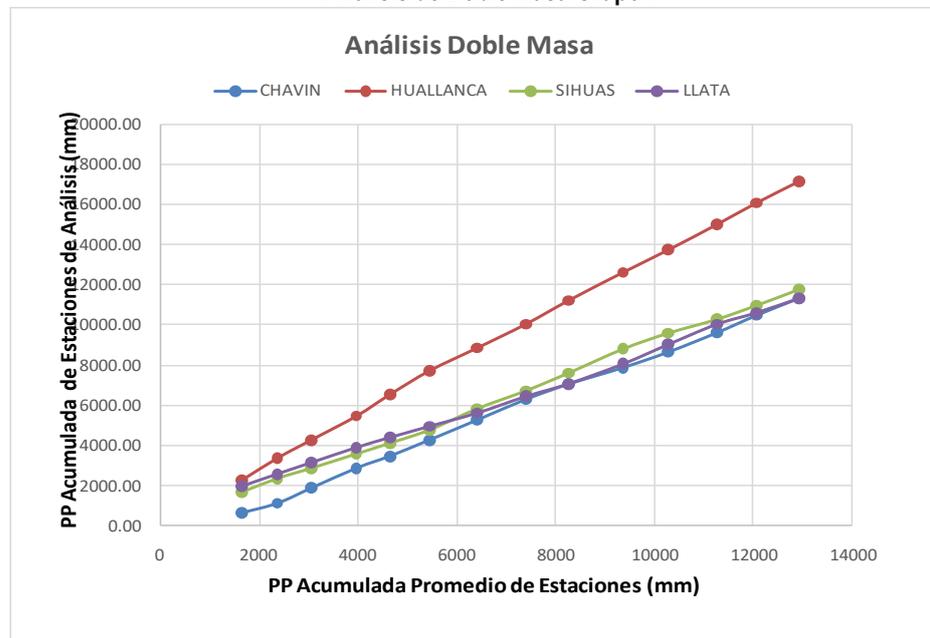
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 2.5
Análisis de Doble Masa Grupo 01

AÑO	CHAVIN	HUALLANCA	SIHUAS	LLATA
1963		1166.08	922.28	
1964	619.90	2280.08	1695.74	1982.46
1965	1109.00	3393.18	2385.14	2601.06
1966	1872.06	4296.88	2897.14	3166.46
1967	2867.16	5487.58	3611.24	3917.16
1968	3466.36	6556.08	4141.54	4411.76
1969	4279.96	7741.68	4803.44	4970.56
1970	5277.16	8878.18	5863.00	5632.86
1971	6311.76	10067.65	6760.46	6459.26
1972	7073.46	11238.75	7645.12	7088.96
1973	7900.56	12639.85	8841.33	8075.96
1974	8679.76	13762.78	9632.72	9047.06
1975	9638.76	15017.08	10317.13	10047.46
1976	10509.86	16094.78	11007.80	10624.16
1977	11374.46	17176.16	11817.10	11348.26

Fuente Elaboración Propia

Figura N° 2.4
Análisis de Doble Masa Grupo 1



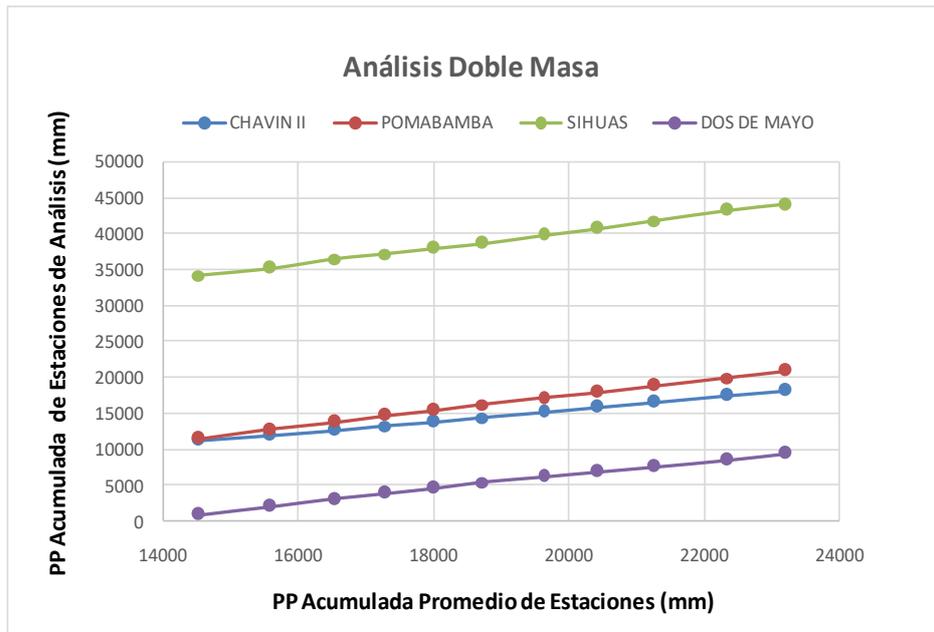
Fuente Elaboración Propia

Cuadro N° 2.6
Análisis de Doble Masa Grupo 2

AÑO	CHAVIN II	POMABAMBA	SIHUAS	DOS DE MAYO
2000	11352.54	11559.355	34297.26	939.85
2001	12068.24	12794.30	35308.53	2173.65
2002	12746.24	13821.82	36527.69	3112.12
2003	13310.24	14744.72	37228.82	3909.75
2004	13858.94	15523.72	38025.32	4608.15
2005	14445.04	16277.04	38785.99	5441.95
2006	15245.18	17169.55	39840.79	6275.83
2007	15914.73	17955.35	40857.21	7006.31
2008	16649.74	18887.66	41897.42	7692.81
2009	17549.64	19947.71	43287.36	8610.86
2010	18276.02	21005.08	44121.56	9467.93

Fuente Elaboración Propia

Figura N° 2.5
Análisis de Doble Masa Grupo 2



Fuente Elaboración Propia

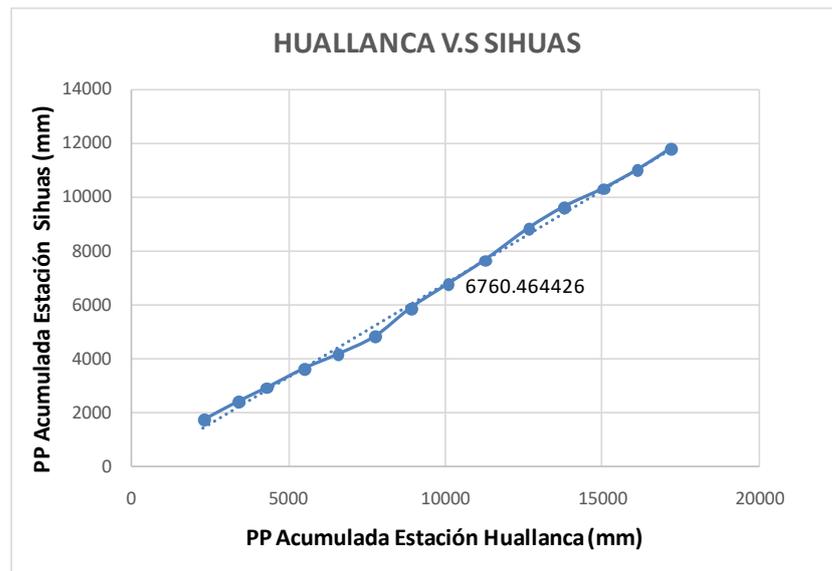
Observando la figura N°2.5 se observa que el grupo 2 presenta regularidad y paralelismo, por lo que se puede suponer que la información es consistente; sin embargo, en el grupo 1 no se observa esta característica, seleccionándose de este grupo la estación Huallanca como estación base, puesto que presenta mayor regularidad, ya que presenta un menor número de puntos de quiebre, por tanto se considera como la más confiable.

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

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

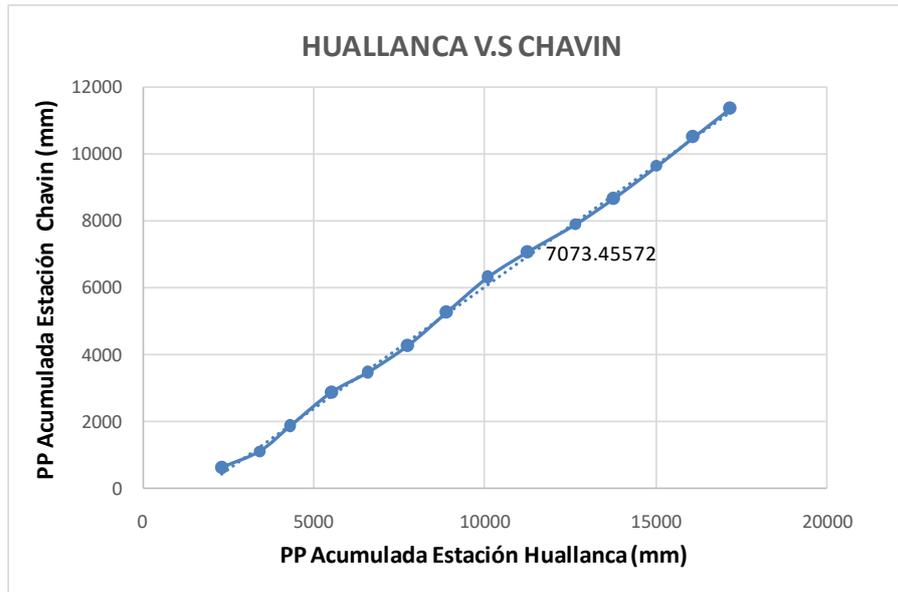
En el análisis se encontró que los registros de las estaciones Sihuas, Chavin y Llata presentan un periodo dudoso.

Figura N° 2.6
Huallanca V.S Sihuas



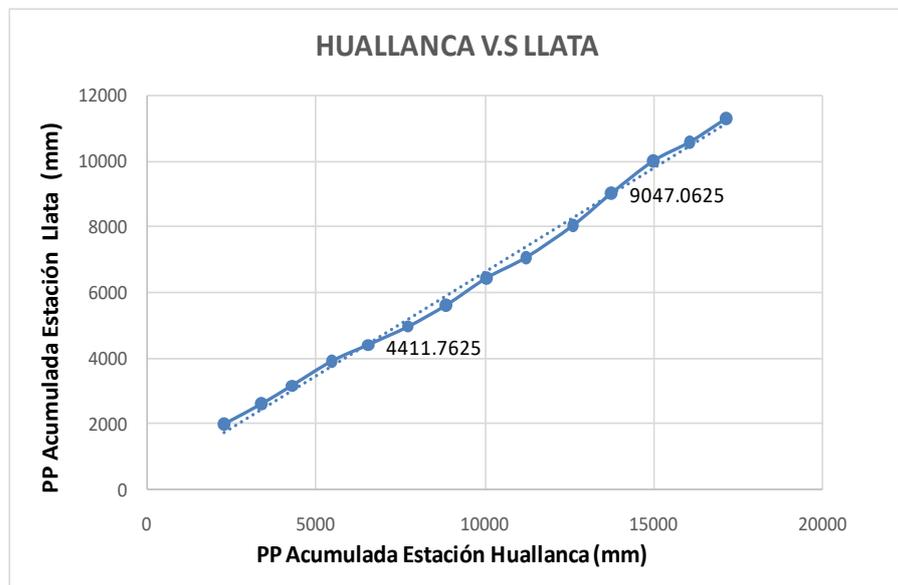
Fuente Elaboración Propia

Figura N°2.7
Huallanca V.S Chavin



Fuente Elaboración Propia

Figura N° 2.8
Huallanca V.S Llata



Fuente Elaboración Propia

• **Análisis estadístico.**

Después de construir los gráficos para el análisis visual, los de doble masa y obtener los periodos de posible corrección, los periodos de datos se mantendrán con sus valores originales.

Se procede al análisis estadístico de saltos y tendencias, tanto en la media como en la desviación estándar. A continuación, mostramos los resultados de la evaluación estadística del periodo dudoso para las estaciones Sihuas, Chavin y Llata.

Cuadro N° 2.7
Periodos de análisis estadístico

Estación	Periodo dudoso	Periodo confiable
Chavin	1964-1972	1973-1985
Sihuas	1964-1971	1972-2010
Llata	1964-1968/1974-1977	1969-1973/1978-1980

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 2.8
Resultados del análisis estadístico

Estación	Prueba de Cramer		Prueba de Fisher		Periodos		Homogéneo
	Tk	Tt	Fc	Ft	P(1)	P(2)	
Chavin	1.90	1.65	-	-	1964-1972	1973-1985	No
Sihuas	2.37	1.65	-	-	1964-1971	1972-2010	No
Llata	Prueba de T-student		Prueba de Fisher		Periodos		Homogéneo
	0.86	1.66	4.36	1.54	1964-1968	1969-1973	No
	0.7	1.66	1.4	1.58	1974-1977	1969-1973	SI

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizado el análisis de consistencia de las series de precipitación total mensual, se procedió a corregir el registro de la estaciones: Sihuas , Chavin y Llata. Luego, se realizó la completación y extensión de las estaciones Huallanca ,Chavin y Sihuas para ello se utilizó los modelos de regresión lineal simple y múltiple a través del registro completo de la estación Chavin II para el periodo 1965- 2010.

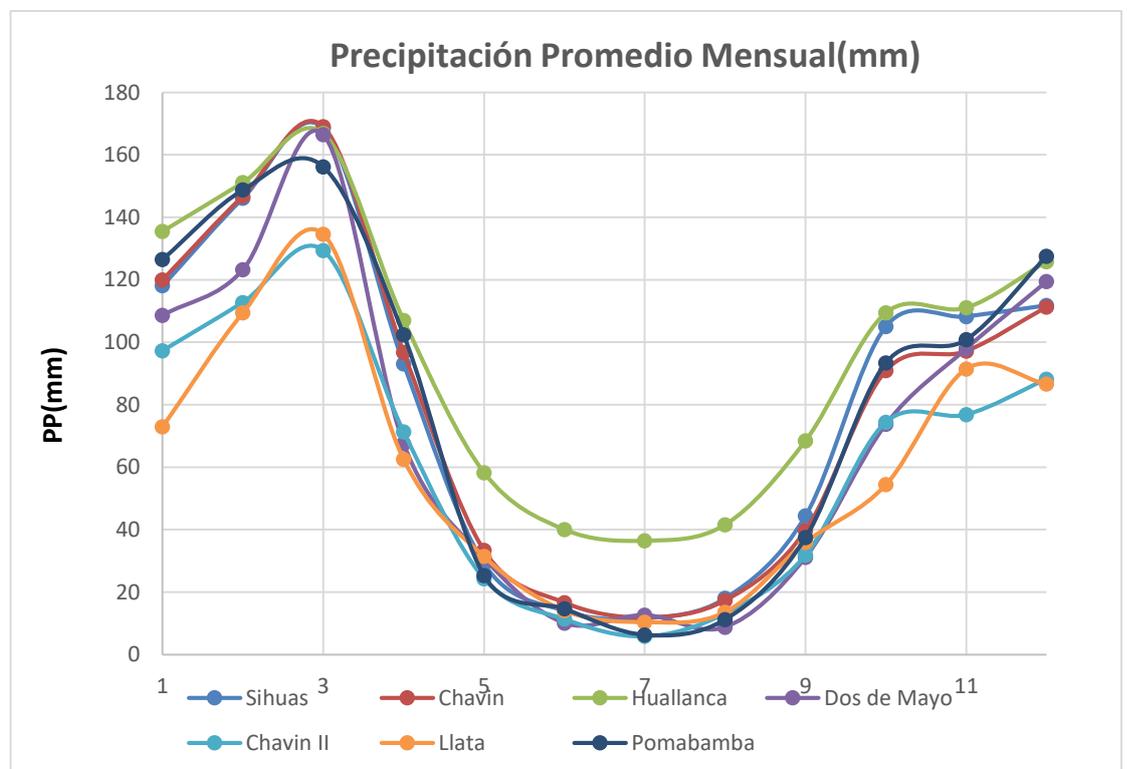
En el cuadro N°2.9 se presenta la precipitación promedio multianual de las estaciones de análisis .En los Anexos, presentan los datos completados y extendidos de las estaciones de análisis y la precipitación mensual promedio, respectivamente.

Cuadro N° 2.9
Precipitación Promedio de Estaciones

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sihuas	118.08	146.11	168.45	93.12	29.20	14.05	11.67	18.05	44.46	105.07	108.26	111.83
Chavin	119.99	146.79	169.05	96.72	33.36	16.64	11.87	17.34	39.73	90.90	97.20	111.30
Huallanca	135.51	151.15	166.89	107.03	58.28	40.00	36.42	41.55	68.45	109.41	111.06	125.84
Dos de Mayo	108.63	123.24	166.49	67.53	30.94	10.06	12.63	8.78	31.12	73.73	97.96	119.47
Chavin II	97.27	112.76	129.33	71.33	24.33	11.39	5.86	13.20	31.82	74.41	76.84	88.20
Llata	72.94	109.42	134.63	62.51	31.41	14.12	10.43	13.61	35.96	54.41	91.49	86.65
Pomabamba	126.53	148.76	156.18	102.43	25.33	14.65	6.31	11.24	37.43	93.39	100.86	127.55

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 2.9
Precipitación promedio de Estaciones



Fuente: Elaboración Propia

Luego con la información consistente y completa de las estaciones evaluadas, con influencia en la cuenca Yurma, se procedió a la construcción de isoyetas para determinar la precipitación en la cuenca de interés.

2.2.2.2.- Precipitación promedio multianual en la cuenca Yurma

Como se ha indicado anteriormente una vez analizada la consistencia, la completación y extensión de las estaciones pluviométricas para el periodo 1965-2011 se procedió a la construcción de isoyetas para determinar la precipitación en la cuenca del río Yurma.

Asimismo, por la cercanía a la zona de estudio la precipitación promedio multianual de la cuenca en Yurma se ha calculado también a partir del registro de la estación Pomabamba para de esta manera obtener una mayor precisión y obtener un registro pluviométrico representativo, por lo tanto la precipitación total mensual registrada en dicha estación fue afectada por un factor relacionado con la precipitación media obtenida mediante isoyetas, tal como se aprecia en el Cuadro N°2.10

Cuadro N° 2.10
Factor Precipitación

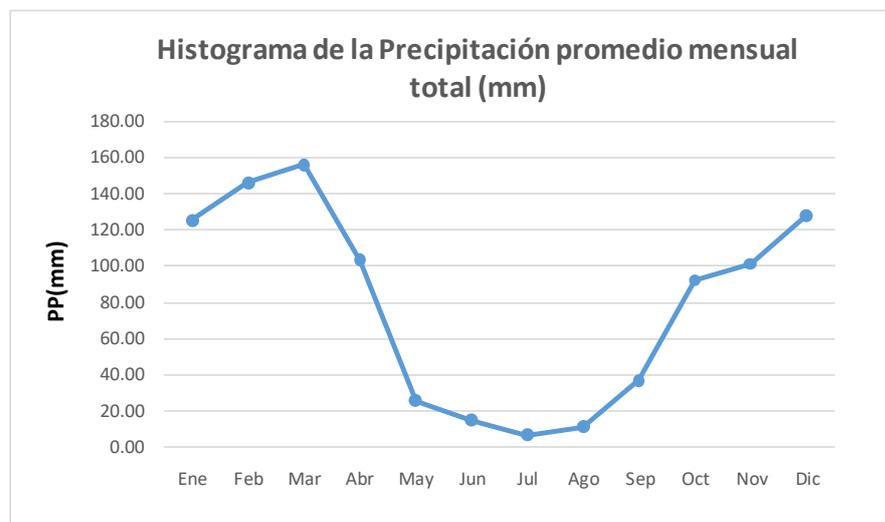
PP(mm) obtenida mediante isoyetas	941.91
Calculo del factor de precipitación	
Precipitación media total Estación Pomabamba	950.65
F=PP isoyetas/ PP media estación Pomabamba	
FACTOR= 941.91/950.65	F= 0.99

Fuente: Elaboración Propia

En el ítem anexo se muestra la serie de precipitaciones generada para la cuenca Yurma.

La precipitación generada para la cuenca Yurma es la siguiente:

Figura N° 2.10
Histograma de la precipitación promedio mensual total (mm).



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 2.11
Precipitación Promedio Mensual en la Cuenca Yurma

mm	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	125.09	145.96	155.85	103.17	25.66	14.74	6.45	11.00	36.72	91.91	100.91	127.69

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Disponibilidad Hídrica.

2.3.1. Disponibilidad hídrica en el punto de interés del río Yurma para el proyecto CH Pedro Andrés

La falta de información en la cuenca del río Yurma para determinar la disponibilidad hídrica en el punto de captación de la CH Pedro Andrés es la razón para emplear un modelo de precipitación - escorrentía; para este caso se usará el modelo de Lutz Scholz.

- **Modelo Lutz Scholz**

Este modelo hidrológico es combinado por que cuenta con una estructura determinística y estocástica, para el cálculo de los caudales mensuales para la Cuenca del Río Yurma, fue desarrollado por el experto Lutz Scholz, para cuencas de la sierra peruana entre 1979 y 1980 en el marco de la cooperación Técnica de la República de Alemania a través del PLAN MERIS II.

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudales en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos, de las cuencas.

▪ **Cálculo del Coeficiente de Escorrentía (C)**

Para la estimación del Coeficiente de escorrentía “C”, se utilizará las ecuaciones de “L. Turc”, la que presenta la siguiente expresión:

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

Donde:

C = Coeficiente de Escurrimiento

P= precipitación Total Anual (mm/año)

D= Déficit de Escurrimiento (mm/año)

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

El parámetro L tiene por expresión:

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

Siendo:

T = Temperatura media anual, en °C.

Empleando el método de L. Turc, el coeficiente de escurrimiento de la cuenca Yurma es de 0.51

Cuadro N°2.12
Coefficientes para determinar el Déficit

Según : L. TURC		
Parámetro “L”	Déficit de Escurrimiento “D”	Coeficiente de Escurrimiento “C”
518.39	459.86	0.51

Fuente: Elaboración Propia

Luego, se realizó la interpolación de dos curvas de precipitación efectiva, determinados por los coeficientes del polinomio, mediante dicha relación se generó una serie sintética de precipitación efectiva total mensual.

La cuenca Yurma, cuenta con tres tipos de retención las cuales se muestran en el siguiente cuadro N°2.13

Cuadro N°2.13
Tipos de la retención en la cuenca del río Yurma

Categoría	Area (Km2)	Lámina (mm/año)	Total
Acuíferos potenciales	280.69	202.5	56839.73
Lagunas	4.61	500	2305.00
Nevados	181.93	500	90965.00

Fuente: Elaboración Propia

El mayor valor del coeficiente de gasto y gasto de retención es de 0.721 (abril) y 24.35 mm/mes (abril), respectivamente. El coeficiente de abastecimiento varía entre 0 (Abril y Septiembre) a 0.30 (Enero - Febrero), mientras que el abastecimiento oscila entre 0 mm/mes (Abril y Septiembre) a 23.2 mm/mes (Enero-Febrero). La descarga media mensual generada en mm/mes fluctúa entre 8.54 mm/mes (Agosto) a 95.07 mm/mes (Marzo). La descarga total anual es de 485.30 mm/año.

Cuadro N°2.14
Generación de descargas mensuales para el año promedio
Cuenca del río Yurma

MES	PRECIPIT (mm/mes)	PRECIPITACION EFECTIVA (mm/mes)					CONTRIBUCION A LA RETENCION (mm/mes)				CAUDALES MENSUALES	
		P. TOTAL	PE - I	PE - II	PE - III	PE-IV	PE	AGOTAMIENTO		ABASTECIMIENTO		GENERADOS
	b _i							G	a _i	A	(mm/mes)	(m3/sg)
Enero	125.09	7.71	41.97	65.27	88.28	67.83			30.00	23.20	44.63	32.35
Febrero	145.96	11.20	59.50	85.61	110.02	88.32			30.00	23.20	65.12	47.20
Marzo	155.85	13.00	69.09	96.18	121.01	98.94			5.00	3.87	95.07	68.91
Abril	103.17	4.68	27.29	46.82	67.61	49.13	0.721	24.35	0.00	0.00	73.48	53.26
Mayo	25.66	0.06	1.33	5.48	12.24	6.23	0.514	17.35	0.00	0.00	23.58	17.09
Junio	14.74	0.01	0.39	2.65	6.66	3.09	0.370	12.51	0.00	0.00	15.60	11.31
Julio	6.45	0.00	0.05	0.99	2.79	1.19	0.264	8.91	0.00	0.00	10.11	7.33
Agosto	11.00	0.00	0.20	1.85	4.88	2.19	0.188	6.35	0.00	0.00	8.54	6.19
Setiembre	36.72	0.22	2.88	9.10	18.45	10.14	0.136	4.58	0.00	0.00	14.72	10.67
Octubre	91.91	3.42	21.13	38.50	57.85	40.65	0.097	3.26	10.00	7.73	36.18	26.23
Noviembre	100.91	4.41	25.98	45.09	65.60	47.37			0.00	0.00	47.37	34.33
Diciembre	127.69	8.11	43.96	67.65	90.87	70.23			25.00	19.33	50.90	36.89
Total	945.16	52.81	293.78	465.20	646.26	485.30	2.289	77.32	100.00	77.32	485.30	29.31

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó la regresión lineal múltiple entre el caudal del mes t, el caudal del mes anterior (t-1) y la precipitación efectiva del mes t, obteniendo un error estándar (8.81) y un coeficiente de correlación (0,95).

Cuadro N° 2.15
Periodos para el cálculo de los parámetros de
Generación de caudales

Mes	Variables Independientes		V. Depend.
	$Q_{t-1}(\text{mm/mes})$	PE(mm/mes)	Q(mm/mes)
	X_1	X_2	Y
1	50,90	67,83	44,63
2	44,63	88,32	65,12
3	65,12	98,94	95,07
4	95,07	49,13	73,48
5	73,48	6,23	23,58
6	23,58	3,09	15,60
7	15,60	1,19	10,11
8	10,11	2,19	8,54
9	8,54	10,14	14,72
10	14,72	40,65	36,18
11	36,18	47,37	47,37
12	47,37	70,23	50,90
∑	485,30	485,30	485,30

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 2.16
Parámetros para la Generación

Factor constante (caudal básico):	$b_1 =$	3,26
Coefficiente de la variable independiente (Q_{t-1}):	$b_2 =$	0,34
Coefficiente de la variable independiente (PE):	$b_3 =$	0,58
Error típico del estimado Y:	S =	8,81
Coefficiente de determinación:	$R^2 =$	0,90
Coefficiente de correlación múltiple:	R =	0,95
Valor para el inicio de la generación (mm):	$Q_{t-1} =$	50,90

Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros del modelo hidrológico Determinístico-Estocástico Lutz Scholz, son 3.26, 0.34 y 0.58, por lo que se demuestra que los parámetros poblacionales son diferente de cero, cuando $F_{cal} > F_{tabular}$, por lo tanto el modelo hidrológico, es adecuado para generar descargas medias mensuales en la cuenca Yurma.

Se generaron números aleatorios normales estándar con media cero y desviación estándar igual a uno, para reemplazar en la componente estocástica del modelo hidrológico Determinístico-Estocástico Lutz Scholz.

El modelo hidrológico Determinístico-Estocástico Lutz Scholz, de la cuenca Yurma es:

$$Q(i, j) = 3.26 + 0.34 * Q(i, j - 1) + 0.58 * PE(i, j) + 8.81(1 - 0.95^2)^{1/2} * Z(j).$$

Con dicha ecuación se generaron los caudales medios mensuales de unidad hidrográfica cuyo resultado es el siguiente:

Figura N° 2.11
Variación mensual de descargas



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 2.17
Descargas Promedio en la Cuenca Yurma

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
Caudal (m3/s)	32,35	47,20	68,91	53,26	17,09	11,31	7,33	6,19	10,67	26,23	34,33	36,89	29,31

Fuente: Elaboración Propia

2.3.2. Análisis de persistencia.

El análisis de la persistencia o probabilidad de la disponibilidad hídrica en el punto de interés o bocatoma sobre el río Yurma, para la Central Pedro Andrés es el siguiente:

Cuadro N°2.18
Análisis de persistencia de caudales (m³/s)

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
50%	44,70	53,64	55,56	45,03	19,94	12,83	7,90	6,75	10,12	23,65	34,50	40,17
75%	35,98	36,25	43,31	31,51	15,62	10,62	7,24	6,10	8,34	12,96	26,56	29,36

Fuente: Elaboración Propia

2.4. Análisis de máximas avenidas en el río Yurma

En la zona del proyecto no se cuenta con información pluviométrica o de precipitaciones máximas en 24 horas que permita determinar el caudal máximo de avenida para diferentes periodos de retorno. Debido a esto se ha procedido a la determinación de las descargas máximas para diferentes periodos de retorno, utilizando el procedimiento de Análisis Regional de las Avenidas en los Ríos Del Perú, 1979, apoyado en las Curvas Envolventes de Creager.

Este método inicialmente desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica por W. Creager, estableció una curva envolvente de una serie de observaciones de descargas máximas. Esta curva es de la forma:

$$Q = 46 \times C \times A^n$$

$$n = 0.894 \times A^{(-0.048)}$$

Donde:

Q = Descarga máxima en pies³/sg.

A = Área de la cuenca en millas².

C = Coeficiente que depende de las características de la cuenca.

En el Perú, ante la ausencia de mediciones hidrométricas y muchas zonas sin información, profesionales de la Cooperación Energética Peruana-Alemana y de la ex-Oficina Nacional de

Evaluación de Recursos Naturales (ex-ONERN), realizaron el estudio “Análisis Regional De las Avenidas en los ríos del Perú” con el objetivo de implementar una metodología del cálculo de avenidas para diferentes tiempos de retorno en zonas sin información.

La fórmula de Creager puede expresarse en función del área de la cuenca y el período de retorno:

$$Q_{\max} = (C_1 + C_2) \log(T) A^{m A^n}$$

Donde:

- Qmax = caudal máximo en m³/s
- T = período de retorno en años
- m,n = Constantes
- C₁, C₂= Constantes

La sectorización de las regiones ubica al área de estudio en la Región N° 2. Para la zona de la cuenca se tienen los siguientes valores: C₁ = 0.1, C₂ = 1.28, m = 1.02 y n = 0.04.

Los caudales encontrados para la captación (Rio Yurma), se muestran en el Cuadro N° 2.19

Cuadro N° 2.19
Caudales máximos - diferentes períodos de retorno

DESCRIPCION	AREA (km ²)	TR	Qmax (m ³ /s)
CAPTACION	1941,38	5	102,85
		10	147,14
		25	205,70
		50	249,99
		75	275,91
		100	294,29
		500	397,14
		1000	441,43

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Caudal ecológico.

El dispositivo derivado de la Autoridad Nacional del Agua :Memorando Múltiple N° 018-2012-ANA-DCPRH-ERH-SUP de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, determina el método del cálculo de los caudales ecológicos, por lo tanto es necesario adecuarse a lo dispuesto en dicho documento, el mismo que establece el criterio que; para cursos con caudales medios anuales mayores a 20 m³/s y menores a 50 m³/s,

como es el caso del río Yurma el caudal ecológico será: para época de avenida como mínimo el 10% del caudal medio mensual, y para época de estiaje el 12% del caudal medio mensual.

En este contexto los caudales ecológicos considerados en el presente estudio que discurrirán por el río Yurma, se determinó como el valor mínimo el 10% del caudal medio mensual para la época de avenida (diciembre a abril), y en la época de estiaje (mayo a noviembre) el 12% del caudal medio mensual, cuyos resultados son los siguientes:

Cuadro N° 2.20
Caudales Ecológicos

Descripción	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total (hm ³)
Caudal (m ³ /s)	5,10	7,50	7,36	5,45	3,00	1,67	1,02	0,91	1,37	3,26	4,27	4,84	
Volumen (hm ³)	13,67	18,13	19,73	14,14	8,02	4,32	2,73	2,44	3,54	8,74	11,07	12,97	119,50

Fuente: Elaboración Propia

2.6. Usos y demandas.

Desde el Punto de captación hasta el punto de devolución no existen demandas de uso de agua. Cabe aclarar que la Central Hidroeléctrica Pedro Andrés utilizará un caudal máximo de 8,0m³/s ya que tendrá una potencia instalada de alrededor de 20 MW; así mismo se cuenta con la autorización por parte de la Comunidad de Llama para la Instalación de dicha central hidroeléctrica.

2.7. Balance Hídrico.

El balance hídrico se muestra en el cuadro N°2.22 .El balance se ha realizado considerando los caudales evaluados en el punto de captación (bocatoma) o punto de interés sobre el río Yurma al 75% de persistencia, el caudal ecológico y las otras demandas de uso de agua existentes entre el Punto de Captación y el Punto de devolución. La disponibilidad hídrica en forma mensual al 75% de persistencia para la Central Hidroeléctrica Pedro Andrés sería de la manera siguiente.

2.8. Disponibilidad para el Proyecto Central hidroeléctrica Pedro Andrés

La disponibilidad para el proyecto Central Hidroeléctrica Pedro Andrés es de 237,35 hm³, distribuidos en forma mensual como se detalla en el cuadro N° 2.21

Cuadro N° 2.21
Disponibilidad Hídrica para C.H. Pedro Andrés

Descripción	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total (hm ³)
Caudal (m ³ /s)	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	6,23	5,19	6,97	8,00	8,00	8,00	
Volumen (hm ³)	21,43	19,35	21,43	20,74	21,43	20,74	16,69	13,90	18,07	21,43	20,74	21,43	237,35

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 2.22
Balance Hídrico en el punto de captación, río Yurma
Proyecto Central Hidroeléctrica Pedro Andrés

Descripción	Uni	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total (hm³)
Oferta Hídrica promedio mensual														
Caudal	m³/s	51,05	74,95	73,65	54,54	24,96	13,89	8,49	7,59	11,39	27,21	35,58	48,43	
Volumen	hm³	136,73	181,32	197,26	141,37	66,86	36,01	22,73	20,33	29,52	72,87	92,21	129,70	1126,93
Caudales ecológico														
Caudal	m³/s	5,10	7,50	7,36	5,45	3,00	1,67	1,02	0,91	1,37	3,26	4,27	4,84	
Volumen	hm³	13,67	18,13	19,73	14,14	8,02	4,32	2,73	2,44	3,54	8,74	11,07	12,97	119,50
Oferta Hídrica al 75% de persistencia														
Caudal	m³/s	35,98	36,25	43,31	31,51	15,62	10,62	7,24	6,10	8,34	12,96	26,56	29,36	
Volumen	hm³	96,36	87,69	116,00	81,67	41,83	27,53	19,40	16,34	21,62	34,71	68,84	78,65	690,65
Otros usos comprometidos (poblacional)														
Caudal	m³/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Volumen	hm³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros usos comprometidos (agrícola)														
Caudal	m³/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Volumen	hm³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oferta hídrica disponible en el punto de interés														
Caudal	m³/s	30,87	28,75	35,94	26,06	12,62	8,96	6,23	5,19	6,97	9,69	22,29	24,52	
Volumen	hm³	82,69	69,56	96,27	67,54	33,80	23,21	16,68	13,90	18,07	25,96	57,78	65,68	571,15
Demanda de la Central Hidroeléctrica Pedro Andres														
Caudal	m³/s	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
Volumen	hm³	21,43	19,35	21,43	20,74	21,43	20,74	21,43	21,43	20,74	21,43	20,74	21,43	252,29
Disponibilidad Hídrica para la Central Hidroeléctrica Pedro Andres														
Caudal	m³/s	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	6,23	5,19	6,97	8,00	8,00	8,00	
Volumen	hm³	21,43	19,35	21,43	20,74	21,43	20,74	16,69	13,90	18,07	21,43	20,74	21,43	237,35

Fuente: Elaboración Propia

III. ANEXOS

IV. Registros Históricos

Estación Chavin II Latitud 9° 35'
77° 15' 0.00"
Longitud 0.00" Altura 3210

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1986		94,50	60,50	103,00	19,00	3,70	16,60	13,00					310,30
1987				56,30	9,80	10,80	17,00	16,20	45,00	38,70	94,50	85,90	374,20
1988	164,30		98,30	134,50	24,40	0,00	0,00	0,00	44,90	66,50	43,90	63,80	640,60
1989	79,40	103,50	118,60	66,10	18,80	20,30	3,70	18,30	55,80	96,20	48,40	28,70	657,80
1990	85,50	95,40	102,30	42,80	28,60	34,20	8,70	0,00	51,90	145,40	115,80	94,80	805,40
1991	107,50	88,30	188,20	44,80	23,30	4,10	2,80	0,00	31,90	75,50	83,00	44,00	693,40
1992	52,50	66,50	98,80			5,50	3,40	36,40	23,50	63,20	76,10	40,60	466,50
1993	120,90	128,10	188,60	124,90	21,10	7,90	11,00	13,90	69,50	86,60	160,90	183,10	1.116,50
1994	167,10	175,80	157,90	89,50	22,70	13,40	0,00	0,00	48,20	57,60	52,90	80,10	865,20
1995	112,20	98,50	152,00	75,50	53,10	22,00	1,00	0,00	35,70	87,70	75,50	142,20	855,40
1996	107,90	141,80	147,10	139,60	34,00	2,60	0,00	19,50	22,90	41,70	33,90	60,30	751,30
1997	85,90	125,70	61,30	20,90	12,00	5,90	1,40	13,40	41,30	52,20	101,30	111,40	632,70
1998	160,90	127,40	151,80	41,20	12,20	4,60	0,00	4,20	10,90	58,20	66,70	38,90	677,00
1999	118,30	239,20	113,80	98,30	34,80	13,70	5,70	3,60	70,10	51,00	92,50	93,50	934,50
2000	75,40	124,10	112,70	100,30	34,80	11,30	6,30	34,40	24,10	13,40	40,80	85,50	663,10
2001	124,60	63,60	133,40	37,10	38,30	5,50	5,10	6,90	35,10	76,60	99,10	90,40	715,70
2002	56,70	82,50	132,40	69,60	17,10	1,80	27,70	2,60	18,50	87,30	96,80	85,00	678,00
2003	44,50	63,00	104,60	51,80	25,80	7,10	1,90	15,30	15,20	29,90	57,90	147,00	564,00
2004	33,30	80,70	53,80	22,50	12,20	12,20	21,20	5,00	38,20	89,40	87,00	93,20	548,70
2005	57,80			37,40	21,60	1,90	0,80	4,10	15,40	80,60	39,80	95,50	354,90
2006	77,90	95,50	147,30	83,50	9,30	48,10	6,80	7,10		67,40	104,00	119,10	766,00
2007		30,00	132,10	103,80	22,20	0,90	6,00	6,90	18,50	111,10	65,30	72,70	569,50
2008	100,70	96,20	105,70	89,90	28,80	16,90	2,30	13,10	27,70	108,50	84,10	61,10	735,00
2009	170,20		195,40	93,10	40,40	18,60	14,30	9,80	6,70	93,70	40,90	110,90	794,00
2010	97,70	103,60											

Fuente : SENAMHI

Estación Pomabamba Latitud 8° 47'
77° 28' 0.00"
Longitud 0.00" Altura 3000

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1989							22,50	42,70				19,40	
1990	93,00	75,60	82,80	49,50	5,40	58,70	0,00	0,00	0,00	47,00	0,00	44,20	456,20
1991	71,30	53,80	47,90	61,20	27,10	2,00	0,00	0,00	0,00	62,30	0,00		325,60
1992	32,50	30,00			2,10	13,50	22,20		17,90	45,20	2,90	54,00	220,30
1993	275,30	181,30	350,70	301,10	68,20	17,80			100,20	147,00	157,70	230,70	1.830,00
1994	239,70		242,30	244,20	162,00	6,00	0,00	0,00	17,00	26,80	37,30	269,50	1.244,80
1995	114,40	204,80	151,80	75,20	44,10	18,90	1,30	1,70	5,50	61,90	94,70	116,70	891,00
1996	115,40	171,90	127,70	63,60	7,80	4,20	0,00	14,60	52,80	179,20	105,70	110,10	953,00
1997	84,10	84,20	80,70	63,10	37,30	3,30	2,20	13,50	50,30	124,10	90,80	203,30	836,90
1998	211,80	215,00	191,70	118,70	5,30	22,80	11,70	0,00	13,40	217,30	68,40	81,70	1.157,80
1999	137,10	248,60	170,00	116,10	24,50	19,70	9,90	103,40	9,40	43,50	106,70	167,20	1.156,10
2000	104,90	265,80	206,90	25,50		12,00	16,00	19,00	40,70	6,60	121,30	179,30	998,00
2001	332,10			175,00			7,10	1,10	31,10	79,20	144,50	126,40	896,50
2002	111,40		207,50	80,50	11,90	7,20	29,70	0,00	16,40	155,90	137,60	129,80	887,90
2003	111,70	167,30	105,50	69,00	28,60	24,60	4,50	12,40	57,90	58,70	86,10	196,60	922,90
2004	107,20	110,20	85,80	37,40	29,80	11,50	14,10	6,90		113,50	100,50		616,90
2005	102,20			70,00	17,50	0,00	0,00	0,00	23,00	118,90	51,20	78,10	460,90
2006	94,70	80,60	167,30	130,80	14,20	0,00	0,00		48,50	86,30	98,70	156,40	877,50
2007		38,10	142,60	117,70	31,30	8,60	3,00		49,30		82,70	65,60	538,90
2008	103,20	132,10	84,40	107,40	15,10		16,40	13,10	58,00	201,40		99,20	830,30
2009	90,30		152,10	152,90	48,50	17,20	9,30	26,70	31,10	73,40	189,60		791,10
2010	160,10	174,50											

Fuente :
SENAMHI

Estación Sihuas Latitud 8° 32'
77° 37'
Longitud 53.93 Altura 2716

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1963											97,60	111,80	
1964	99,00	101,60	143,60	61,30	30,50	4,00	7,80	15,20	26,40	79,40	99,30		
1965	40,10	99,70	175,90	54,50	20,10	0,00	10,80	9,70	74,90	64,20	38,60	100,90	689,40
1966	68,00	104,60	47,50	59,70	40,70	0,00	0,00	2,40	9,30	91,90	70,90	17,00	512,00
1967	120,70	147,60	134,10	22,90	21,20	6,70	4,00	5,60	18,50	139,70	37,40	55,70	714,10
1968	79,90	58,00	74,20	44,00	13,40	9,40	2,40	14,70	41,60	115,50	31,60	45,60	530,30
1969	34,20	89,30	127,80	83,60	16,40	5,20	7,80	3,30	12,10	72,50	86,00	123,70	661,90
1970	78,40	79,50	91,20	91,80		11,80	13,10	5,30	59,10	63,20	352,40	188,10	1.033,90
1971	113,90	113,80	197,80		22,00	22,20	6,00	14,00	27,60		82,90		600,20
1972		163,50	227,40	50,50	66,40	28,90			79,00	35,00	44,20	52,10	747,00
1973	189,80	158,60	205,20	243,10			26,10	6,30	43,50	59,60	109,60	116,80	1.158,60
1974	82,20	135,40			2,10		17,10	22,60	29,70		65,50	71,90	426,50
1975	49,60			71,90	34,10				40,50	37,80	63,90	44,50	342,30
1976	138,00	143,90	141,80				0,00	0,00	6,30	42,00	51,50	37,00	560,50
1977	108,60	126,00	131,60	93,80	33,30	15,60	4,00	3,10	32,40	91,30	140,60	29,00	809,30
1978	158,20		68,90	58,20	48,90	6,70	43,40	26,40	69,50	136,00	107,00	97,30	820,50
1979	60,80	206,90	196,70	90,10	3,10	0,00	16,00	36,40	85,20	2,80	160,00	73,80	931,80
1980	61,40	45,30	26,20	37,70	1,60	0,60	0,00	5,20	0,00	221,30	107,50	62,00	568,80
1981		155,50	81,10	59,80	15,00	35,50	0,00	2,00	0,00	102,30	88,80	127,00	667,00
1982	60,60	73,50	58,60	84,70	24,50	0,80	8,30	0,00	35,50	122,30	93,80		562,60
1983	99,50	25,50	124,70	76,80	8,80	21,80	0,00	12,10	16,30			129,60	515,10
1984	49,10	264,70	141,10	30,00	26,90	24,40	3,50	5,00	49,10	65,60	71,50	28,50	759,40
1985	87,40	31,70	40,70	51,10	19,30	5,30	0,00	22,70	12,00	44,60	50,50	49,00	414,30
1986										46,90	57,10	119,70	223,70
1987		167,50	78,10	65,20	44,20		24,60	42,50	24,40	36,00	55,60	93,40	631,50
1988	357,20	201,60	36,90										595,70
1989													
1990													
1991										140,30	97,00	83,10	320,40
1992	7,30	49,50	158,50	167,50	48,30	1,10	9,90	6,30	24,80	0,00	0,00	0,00	473,20
1993	33,30	387,70	658,80	174,30	0,00	0,00	31,80	48,50	58,40	101,10	134,30	422,10	2.050,30
1994	273,70	284,80	210,30	167,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	164,80	74,80	1.206,00
1995	70,80	121,10	105,70	46,00	11,70	15,50	0,00	5,60	10,50	58,80	100,40	75,30	621,40
1996	143,20	123,90	139,80	197,80	58,60	0,00	0,00	4,50	42,00	177,60	69,80	60,10	1.017,30
1997	98,70	234,40	185,00	99,20	38,50	55,40	11,80	48,60	94,10	247,50	245,80	417,40	1.776,40
1998	353,40	346,40	494,00	104,30	32,40	44,90	0,00	43,00	78,00	225,00	137,50	126,80	1.985,70
1999		462,50	170,50	80,60	34,70		20,00	31,10	189,60	91,90	82,90	82,90	1.246,70
2000	57,30	113,90	76,20	104,40	37,50	0,00	0,00	42,30			78,20	65,10	574,90
2001	237,00	80,00					41,10						358,10
2002						0,00	33,50			166,00	258,00	171,20	628,70
2003	26,80	65,30	171,20	92,00			0,00	0,00	43,30	58,60			457,20
2004	58,40	93,00	106,60	33,40	49,80	10,20	27,30	1,60	57,00	125,50	142,10	91,60	796,50
2005	69,50		190,50	79,90	0,00	0,00	0,00	13,90	12,10	94,50	26,90	130,20	617,50
2006	113,70	85,30	211,80	88,60	15,80	16,80	0,00	15,40		117,80	119,60	228,50	1.013,30
2007		70,10	237,10	176,90	5,90	0,00	31,70	12,10	17,80	150,00	108,30	94,80	904,70
2008	139,40	142,80	154,50	96,10	19,30	23,30	0,00	5,60	73,30	179,60			833,90
2009	231,00		298,20	193,00	53,10	28,10	32,20			140,70	108,80		1.085,10
2010	83,50	86,40											

Fuente : SENAMHI

Estación Dos de Mayo 9° 37'
 Latitud 30.80"
 Longitud 76° 44'
 Altura 3650

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
2000												206,1
2001	233,8	259,3	262,8	66,3	49	0	14,4	12	53,6		94,7	117,5
2002	34,3	161,1	250,1	76,9	30,1	0	27,4	2,1	21,9	88,3	119,3	
2003	115,8	83,1	170,7	39,3	50			25,7	21	24,3	84	162,4
2004	40,9	107,7	115	30,1	33,6	10,1	20,6					
2005			145,6	62,7								
2006		128	138,9	112,9	9,2	31,1	7,1	13,2	58,2		90,8	69,1
2007		66,9	183,4	83,1	19,6	1,2	7,6	4,9	17,6	64,5	92,9	83,8
2008	105,7	108,8	92,2	39,7	16,2	14	0,6	1,7	33,2	97,1	54,4	122,9
2009		134,1		76,4	43	8,5		23,9	37,9	68,8	111,6	
2010	99,4	115,6		66,5	13,7		6,7	5,2	14	79,4	150,5	

Fuente : SENAMHI

Registros completados y extendidos

Estación Sihuas

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	115,0	138,2	130,1	77,9	28,1	22,3	13,0	25,8	42,0	120,8	97,6	111,8	922,6
1964	143,7	147,7	212,7	85,4	37,7	0,0	2,6	14,0	31,3	113,4	144,2	84,9	1017,5
1965	52,5	144,8	262,7	74,8	21,6	0,0	7,2	5,5	106,4	89,8	50,2	146,6	962,3
1966	95,7	152,4	64,0	82,9	53,5	0,0	0,0	0,0	4,9	132,7	100,2	16,8	703,0
1967	177,3	218,9	198,0	25,9	23,3	0,9	0,0	0,0	19,1	206,7	48,4	76,7	995,1
1968	114,1	80,2	105,3	58,6	11,2	5,0	0,0	13,2	54,9	169,2	39,4	61,1	712,4
1969	43,4	128,7	188,3	119,9	15,9	0,0	2,6	0,0	9,2	102,7	123,6	181,9	916,1
1970	111,8	113,5	131,6	132,6	37,4	8,8	10,8	0,0	82,0	88,3	535,8	281,6	1534,0
1971	166,8	166,6	296,6	65,2	24,5	24,8	0,0	12,2	33,2	104,6	118,8	115,0	1128,2
1972	98,8	163,5	227,4	50,5	66,4	28,9	10,7	42,0	79,0	35,0	44,2	52,1	898,5
1973	189,8	158,6	205,2	243,1	33,9	14,2	26,1	6,3	43,5	59,6	109,6	116,8	1206,7
1974	82,2	135,4	104,6	42,0	2,1	9,6	17,1	22,6	29,7	98,8	65,5	71,9	681,4
1975	49,6	163,7	132,4	71,9	34,1	10,7	17,7	137,0	40,5	37,8	63,9	44,5	803,7
1976	138,0	143,9	141,8	116,2	31,6	21,1	0,0	0,0	6,3	42,0	51,5	37,0	729,4
1977	108,6	126,0	131,6	93,8	33,3	15,6	4,0	3,1	32,4	91,3	140,6	29,0	809,3
1978	158,2	94,1	68,9	58,2	48,9	6,7	43,4	26,4	69,5	136,0	107,0	97,3	914,6
1979	60,8	206,9	196,7	90,1	3,1	0,0	16,0	36,4	85,2	2,8	160,0	73,8	931,8
1980	61,4	45,3	26,2	37,7	1,6	0,6	0,0	5,2	0,0	221,3	107,5	62,0	568,8
1981	166,0	155,5	81,1	59,8	15,0	35,5	0,0	2,0	0,0	102,3	88,8	127,0	833,0
1982	60,6	73,5	58,6	84,7	24,5	0,8	8,3	0,0	35,5	122,3	93,8	117,3	679,9
1983	99,5	25,5	124,7	76,8	8,8	21,8	0,0	12,1	16,3	95,3	95,3	129,6	705,7
1984	49,1	264,7	141,1	30,0	26,9	24,4	3,5	5,0	49,1	65,6	71,5	28,5	759,4
1985	87,4	31,7	40,7	51,1	19,3	5,3	0,0	22,7	12,0	44,6	50,5	49,0	414,3
1986	106,9	166,0	155,6	91,8	49,0	18,8	18,8	31,6	40,8	46,9	57,1	119,7	903,0
1987	86,0	167,5	78,1	65,2	44,2	25,8	24,6	42,5	24,4	36,0	55,6	93,4	743,3
1988	357,2	201,6	36,9	118,5	38,5	13,0	15,4	14,2	53,6	112,7	82,6	89,5	1133,6
1989	101,1	130,1	147,4	86,0	31,6	32,7	14,2	30,4	74,4	120,8	65,2	43,2	877,1
1990	109,2	119,6	127,7	59,4	43,2	49,0	20,0	9,6	69,8	177,6	144,0	119,6	1048,6
1991	134,7	111,5	227,4	61,7	36,2	14,2	13,0	9,6	46,6	140,3	97,0	83,1	975,3
1992	7,3	49,5	158,5	167,5	48,3	1,1	9,9	6,3	24,8	0,0	0,0	0,0	473,2
1993	33,3	387,7	658,8	174,3	0,0	0,0	31,8	48,5	58,4	101,1	134,3	422,1	2050,3
1994	273,7	284,8	210,3	167,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	164,8	74,8	1206,0
1995	70,8	121,1	105,7	46,0	11,7	15,5	0,0	5,6	10,5	58,8	100,4	75,3	621,4
1996	143,2	123,9	139,8	197,8	58,6	0,0	0,0	4,5	42,0	177,6	69,8	60,1	1017,3
1997	98,7	234,4	185,0	99,2	38,5	55,4	11,8	48,6	94,1	247,5	245,8	417,4	1776,4
1998	353,4	346,4	494,0	104,3	32,4	44,9	0,0	43,0	78,0	225,0	137,5	126,8	1985,7
1999	146,3	462,5	170,5	80,6	34,7	25,8	20,0	31,1	189,6	91,9	82,9	82,9	1418,8
2000	57,3	113,9	76,2	104,4	37,5	0,0	0,0	42,3	37,4	24,6	78,2	65,1	636,9
2001	237,0	80,0	163,7	52,4	53,6	16,5	41,1	17,7	50,1	98,8	124,3	113,8	1049,0
2002	75,6	105,7	162,5	90,7	29,3	0,0	33,5	13,0	31,6	166,0	258,0	171,2	1137,1
2003	26,8	65,3	171,2	92,0	39,7	17,7	0,0	0,0	43,3	58,6	76,8	179,9	771,2
2004	58,4	93,0	106,6	33,4	49,8	10,2	27,3	1,6	57,0	125,5	142,1	91,6	796,5
2005	69,5	89,5	190,5	79,9	0,0	0,0	0,0	13,9	12,1	94,5	26,9	130,2	707,0
2006	113,7	85,3	211,8	88,6	15,8	16,8	0,0	15,4	57,1	117,8	119,6	228,5	1070,4
2007	112,7	70,1	237,1	176,9	5,9	0,0	31,7	12,1	17,8	150,0	108,3	94,8	1017,4
2008	139,4	142,8	154,5	96,1	19,3	23,3	0,0	5,6	73,3	179,6	106,9	80,2	1021,0
2009	231,0	125,4	298,2	193,0	53,1	28,1	32,2	21,1	17,7	140,7	108,8	138,2	1387,5
2010	83,5	86,4	159,0	47,8	36,2	13,0	23,5	13,0	46,6	75,6	106,9	120,8	812,4
2011	128,9	116,2	156,7	159,0	21,1	9,6	20,0	11,9	45,5	67,5	103,4	145,1	984,9
Promedio	118,1	146,1	168,4	93,1	29,2	14,0	11,7	18,1	44,5	105,1	108,3	111,8	968,3

Estación Dos de Mayo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	106,0	106,0	156,0	54,0	14,0	3,0	17,0	8,0	39,0	96,0	79,0	131,0	809,0
1964	102,0	148,0	135,0	59,0	28,0	1,0	5,0	15,0	24,0	83,0	98,0	111,0	809,0
1965	61,0	144,0	198,0	77,0	21,0	4,0	14,0	5,0	23,0	63,0	117,0	156,0	883,0
1966	108,0	108,0	146,0	72,0	32,0	14,0	7,0	11,0	43,0	86,0	83,0	110,0	820,0
1967	75,0	177,0	154,0	72,0	44,0	3,0	25,0	6,0	32,0	101,0	113,0	132,0	934,0
1968	131,0	146,0	193,0	77,0	8,0	19,0	15,0	5,0	27,0	87,0	123,0	76,0	907,0
1969	183,0	103,0	212,0	73,0	16,0	8,0	10,0	23,0	51,0	54,0	97,0	90,0	920,0
1970	71,0	115,0	172,0	69,0	26,0	0,0	27,0	1,0	18,0	39,0	92,0	90,0	720,0
1971	134,0	93,0	106,0	51,0	28,0	5,0	24,0	12,0	26,0	60,0	137,0	139,0	815,0
1972	73,0	99,0	119,0	47,0	26,0	5,0	3,0	11,0	50,0	55,0	103,0	120,0	711,0
1973	109,0	171,0	212,0	89,0	25,0	0,0	26,0	15,0	47,0	107,0	61,0	73,0	935,0
1974	39,0	83,0	120,0	44,0	23,0	0,0	19,0	9,0	30,0	75,0	121,0	148,0	711,0
1975	130,0	107,0	123,0	53,0	199,0	0,0	13,0	1,0	65,0	95,0	98,0	111,0	995,0
1976	87,0	89,0	153,0	70,0	11,0	3,0	3,0	3,0	24,0	30,0	153,0	174,0	800,0
1977	117,0	136,0	226,0	112,0	40,0	2,0	6,0	7,0	23,0	71,0	53,0	117,0	910,0
1978	83,0	76,0	112,0	56,0	53,0	33,0	10,0	3,0	21,0	61,0	88,0	119,0	715,0
1979	139,0	116,0	136,0	54,0	7,0	31,0	15,0	3,0	23,0	79,0	65,0	153,0	821,0
1980	112,0	123,6	346,0	117,0	6,0	4,0	9,0	4,0	17,0	82,0	90,0	109,0	1019,6
1981	137,0	98,0	141,0	51,0	24,0	24,0	13,0	14,0	33,0	102,0	85,0	89,0	811,0
1982	124,0	176,0	190,0	74,0	18,0	13,0	17,0	6,0	28,0	96,0	87,0	115,0	944,0
1983	90,0	96,0	147,0	58,0	35,0	18,0	15,0	4,0	25,0	66,0	100,0	118,0	772,0
1984	97,0	112,0	164,0	65,0	37,0	1,0	7,0	10,0	26,0	74,0	95,0	100,0	788,0
1985	70,0	166,0	221,0	101,0	28,0	1,0	17,0	7,0	35,0	79,0	84,0	91,0	900,0
1986	78,0	133,0	129,0	55,0	39,0	4,0	16,0	13,0	32,0	54,0	139,0	105,0	797,0
1987	63,0	123,0	159,0	63,0	19,0	7,0	20,0	6,0	32,0	65,0	101,0	148,0	806,0
1988	100,0	143,0	204,0	86,0	20,0	1,0	13,0	8,0	26,0	68,0	110,0	135,0	914,0
1989	127,0	111,0	134,0	56,0	29,0	20,0	1,0	4,0	29,0	98,0	117,0	123,0	849,0
1990	147,0	85,0	126,0	64,0	57,0	143,0	20,0	10,0	17,0	110,0	70,0	98,0	947,0
1991	85,0	91,0	89,0	36,0	20,0	1,0	18,0	4,0	14,0	66,0	109,0	119,0	652,0
1992	45,0	115,0	155,0	65,0	5,0	4,0	1,0	25,0	42,0	87,0	66,0	159,0	769,0
1993	70,0	103,0	252,0	123,0	45,0	3,0	16,0	8,0	40,0	88,0	95,0	100,0	943,0
1994	173,0	128,0	236,0	101,0	55,0	5,0	6,0	2,0	15,0	55,0	102,0	164,0	1042,0
1995	66,0	130,0	171,0	72,0	35,0	13,0	15,0	2,0	19,0	68,0	86,0	71,0	748,0
1996	99,0	102,0	152,0	70,0	35,0	1,0	4,0	14,0	46,0	67,0	95,0	148,0	833,0
1997	127,0	97,0	129,0	33,0	27,0	1,0	1,0	12,0	33,0	82,0	89,0	130,0	761,0
1998	230,0	148,0	208,0	68,0	13,0	3,0	8,0	9,0	13,0	68,0	75,0	129,0	972,0
1999	190,0	161,0	174,0	58,0	43,0	14,0	22,0	1,0	58,0	47,0	101,0	129,0	998,0
2000	73,0	189,0	176,0	43,0	28,0	4,0	15,0	14,0	52,0	19,0	109,0	206,0	928,0
2001	234,0	259,0	263,0	66,0	49,0	0,0	14,0	12,0	54,0	81,0	95,0	117,0	1244,0
2002	34,0	161,0	250,0	77,0	30,0	0,0	27,0	2,0	22,0	88,0	119,0	130,0	940,0
2003	116,0	83,0	171,0	39,0	50,0	5,0	3,0	26,0	21,0	24,0	84,0	162,0	784,0
2004	41,0	108,0	115,0	30,0	34,0	10,0	21,0	11,0	32,0	82,0	100,0	93,0	677,0
2005	57,0	115,0	146,0	58,0	14,0	0,0	10,0	10,0	11,0	80,0	100,0	89,0	690,0
2006	148,0	128,0	139,0	113,0	9,0	31,0	7,0	13,0	58,0	99,0	91,0	69,0	905,0
2007	87,0	67,0	183,0	83,0	20,0	1,0	8,0	5,0	18,0	64,0	93,0	84,0	713,0
2008	106,0	109,0	92,0	40,0	16,0	14,0	1,0	2,0	33,0	97,0	54,0	123,0	687,0
2009	159	134	150	76	43	8	13	24	38	69	112	104	930,00
2010	99	116	135	66	14	8	7	5	14	79	150	110	803,00
2011	191,0	111,0	138,0	73,0	18,0	0,0	15,0	5,0	26,0	67,0	116,0	137,0	897,00
Prom	108,63	123,24	166,49	67,53	30,94	10,06	12,63	8,78	31,12	73,73	97,96	119,47	850,58

Estación Huallanca

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	126,0	146,2	139,1	93,5	50,0	44,9	36,8	48,0	62,1	131,0	131,0	147,5	1156,2
1964	110,0	112,0	206,0	113,0	119,0	2,0	21,0	31,0	65,0	118,0	129,0	88,0	1114,0
1965	114,0	185,0	180,1	99,0	32,0	15,0	29,0	39,0	121,0	61,0	78,0	160,0	1113,1
1966	84,0	155,0	117,0	69,7	91,8	14,9	11,8	9,0	62,2	126,5	62,0	99,8	903,7
1967	183,0	232,7	160,0	73,5	52,0	7,0	28,5	44,5	74,0	180,5	91,5	63,5	1190,7
1968	153,5	137,8	175,0	72,0	46,0	27,0	20,5	41,5	87,0	115,5	74,0	118,7	1068,5
1969	113,5	168,4	163,5	120,8	15,0	56,8	16,2	41,4	60,4	100,0	163,6	166,0	1185,6
1970	152,4	124,1	142,8	142,9	45,8	35,5	45,6	15,1	84,0	88,6	127,9	131,8	1136,5
1971	131,2	205,9	204,6	101,8	81,1	18,5	24,5	84,1	26,7	116,8	60,8	140,2	1196,2
1972	137,3	144,5	252,4	150,5	54,7	16,5	9,1	24,4	59,6	72,4	84,3	165,4	1171,1
1973	202,0	164,9	148,6	148,0	39,2	25,2	47,8	42,6	110,7	171,1	154,1	146,9	1401,1
1974	168,3	140,1	137,0	141,5	12,1	41,4	58,3	35,4	53,4	113,8	89,8	111,4	1102,5
1975	204,0	143,5	208,2	99,6	89,0	30,5	18,7	57,2	68,2	91,8	101,5	142,1	1254,3
1976	212,3	169,5	143,7	78,3	90,2	31,8	3,5	35,9	47,1	81,6	94,2	89,6	1077,7
1977	95,8	143,6	190,8	99,8	72,0	7,0	42,9	33,8	98,6	128,0	155,3	130,0	1197,6
1978	165,5	107,7	147,2	73,3	68,2	67,2	38,8	34,8	68,2	102,7	113,8	106,7	1094,2
1979	97,6	93,5	151,3	90,5	38,8	58,1	36,8	35,8	70,2	98,6	139,1	99,6	1010,1
1980	122,9	374,1	195,9	144,2	35,8	44,9	40,9	42,9	63,2	108,7	146,2	135,1	1454,8
1981	170,5	139,1	139,1	73,3	64,2	55,0	36,8	51,0	66,2	121,9	135,1	178,6	1230,9
1982	142,2	165,5	161,4	105,7	56,1	55,0	40,9	41,9	53,0	136,1	129,0	128,0	1214,7
1983	129,0	127,0	142,2	102,7	66,2	53,0	43,9	37,8	65,2	108,7	108,7	135,1	1119,5
1984	154,3	149,3	175,6	105,7	67,2	38,8	36,8	34,8	75,3	93,5	83,4	133,1	1147,8
1985	94,6	179,6	205,0	170,5	61,1	43,9	40,9	44,9	61,1	118,9	101,6	143,2	1265,3
1986	118,9	170,5	161,4	105,7	68,2	41,9	41,9	53,0	61,1	73,3	91,5	107,7	1095,2
1987	100,6	154,3	161,4	116,8	53,0	48,0	43,9	39,9	64,2	98,6	109,8	98,6	1089,1
1988	119,9	171,5	215,1	129,0	59,1	36,8	38,8	37,8	72,3	123,9	97,6	103,7	1205,6
1989	113,8	139,1	154,3	100,6	53,0	54,0	37,8	52,0	90,5	131,0	82,4	63,2	1071,9
1990	120,9	130,0	137,1	77,3	63,2	68,2	42,9	33,8	86,5	180,7	151,3	130,0	1221,8
1991	143,2	122,9	224,2	79,4	57,1	37,8	36,8	33,8	66,2	110,8	117,9	78,3	1108,3
1992	87,5	101,6	134,1	62,1	33,8	39,9	36,8	70,2	58,1	97,6	110,8	75,3	907,8
1993	156,3	163,4	225,2	160,4	55,0	41,9	44,9	48,0	104,7	121,9	196,9	219,2	1537,8
1994	202,9	212,1	193,8	124,9	57,1	46,9	33,8	33,8	82,4	92,5	87,5	114,8	1282,6
1995	147,2	134,1	187,8	110,8	87,5	56,1	34,8	33,8	70,2	122,9	110,8	177,6	1273,5
1996	143,2	177,6	182,7	175,6	68,2	36,8	33,8	54,0	57,1	76,3	68,2	94,6	1168,1
1997	120,9	161,4	95,6	55,0	45,9	39,9	34,8	46,9	75,3	86,5	136,1	146,2	1044,5
1998	196,9	162,4	187,8	75,3	45,9	38,8	33,8	37,8	44,9	92,5	101,6	73,3	1091,1
1999	153,3	275,9	149,3	133,1	69,2	48,0	39,9	37,8	104,7	85,4	128,0	129,0	1353,5
2000	109,8	159,4	148,2	135,1	69,2	44,9	39,9	68,2	58,1	46,9	75,3	120,9	1075,9
2001	160,4	98,6	168,5	71,3	72,3	39,9	38,8	40,9	69,2	111,8	134,1	124,9	1130,6
2002	91,5	117,9	167,5	104,7	51,0	35,8	62,1	36,8	53,0	121,9	132,0	119,9	1094,2
2003	79,4	97,6	140,1	86,5	60,1	40,9	35,8	49,0	49,0	64,2	92,5	182,7	977,7
2004	67,2	115,8	88,5	57,1	45,9	45,9	55,0	38,8	72,3	123,9	121,9	128,0	960,4
2005	92,5	103,7	118,9	71,3	56,1	35,8	34,8	37,8	49,0	115,8	74,3	131,0	920,9
2006	112,8	131,0	182,7	118,9	42,9	82,4	40,9	40,9	75,3	101,6	139,1	154,3	1222,8
2007	123,9	64,2	167,5	139,1	56,1	34,8	39,9	40,9	53,0	146,2	99,6	107,7	1072,9
2008	136,1	131,0	141,2	124,9	63,2	51,0	35,8	46,9	62,1	144,2	118,9	95,6	1150,9
2009	206,0	135,1	231,3	128,0	74,3	53,0	48,0	43,9	40,9	129,0	75,3	146,2	1310,9
2010	133,1	139,1	164,5	67,2	57,1	36,8	45,9	36,8	66,2	91,5	118,9	131,0	1088,1
2011	138,1	127,0	162,4	164,5	43,9	33,8	42,9	35,8	65,2	84,4	115,8	152,3	1166,1
Promedio	135,5	151,2	166,9	107,0	58,3	40,0	36,4	41,6	68,4	109,4	111,1	125,8	1151,6

Estación Chavin

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	112,9	135,6	127,6	76,5	27,7	22,0	12,9	25,4	41,3	118,6	118,6	102,7	921,7
1964	13,4	157,5	75,6	102,0	55,2	8,9	22,8	15,8	47,2	104,3	126,5	50,1	779,4
1965	34,7	71,9	179,2	72,7	10,7	15,5	13,7	6,7	78,9	47,4	32,2	35,5	599,0
1966	50,8	124,2	191,3	108,3	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	104,6	77,7	129,9	833,8
1967	190,1	337,9	151,5	46,5	30,1	2,3	24,9	19,2	16,5	206,2	90,0	105,1	1220,2
1968	158,1	117,1	154,8	9,6	5,6	10,1	0,0	29,0	77,3	132,3	25,0	34,3	753,1
1969	55,1	111,9	236,7	149,7	0,0	0,0	0,0	6,0	23,8	98,2	164,4	219,3	1065,0
1970	188,1	163,0	153,2	241,8	40,3	20,6	0,0	9,2	84,7	149,2	112,6	142,1	1304,9
1971	187,7	180,8	341,0	200,4	19,6	11,2	0,0	27,5	14,5	154,1	62,8	154,8	1354,5
1972	172,7	148,6	215,0	121,4	49,3	0,0	7,0	3,9	14,1	80,7	97,7	67,6	978,0
1973	77,7	96,0	114,6	118,9	18,4	22,5	11,0	22,7	43,1	116,1	22,9	163,2	827,1
1974	97,6	163,6	205,9	90,7	2,5	26,9	3,0	31,7	30,0	22,0	41,4	63,9	779,2
1975	143,8	114,5	180,0	98,6	138,5	6,5	1,0	26,7	43,9	53,3	67,0	85,2	959,0
1976	193,4	243,5	171,3	66,5	13,5	30,8	1,4	32,4	7,3	33,8	25,2	52,0	871,1
1977	68,5	143,2	151,4	50,8	41,8	23,0	0,0	1,2	27,3	61,0	154,3	142,1	864,6
1978	89,6	128,6	167,3	113,1	47,9	4,1	0,0	0,0	27,7	50,8	91,3	11,7	732,1
1979	34,1	159,8	313,7	107,5	36,6	0,0	0,0	3,2	23,4	20,6	149,5	90,6	939,0
1980	107,7	170,8	163,8	57,9	2,4	1,0	7,3	20,4	0,0	167,2	245,9	135,2	1079,6
1981	58,4	243,0	192,1	135,6	0,0	3,1	0,0	8,3	13,3	72,2	264,3	223,6	1213,9
1982	219,4	229,2	120,8	110,2	2,2	0,0	0,0	0,0	25,0	188,3	176,0	134,3	1205,4
1983	145,9	118,3	131,8	25,0	7,3	29,0	0,0	0,0	7,6	0,0	0,0	208,2	673,1
1984	279,1	327,6	279,7	194,3	26,3	2,9	0,0	3,1	7,7	61,7	32,4	112,4	1327,2
1985	152,4	97,6	190,6	67,6	58,2	1,0	32,4	29,1	66,1	36,8	84,5	132,2	948,5
1986	104,9	162,9	152,6	90,2	48,1	18,6	18,6	31,1	40,2	53,8	74,2	92,4	887,6
1987	84,5	144,7	152,6	102,7	31,1	25,4	20,8	16,3	43,6	82,2	94,7	82,2	880,8
1988	106,1	164,0	212,9	116,3	37,9	12,9	15,2	14,0	52,7	110,6	81,1	87,9	1011,4
1989	99,2	127,6	144,7	84,5	31,1	32,2	14,0	29,9	73,1	118,6	64,0	42,4	861,4
1990	107,2	117,4	125,4	58,3	42,4	48,1	19,7	9,5	68,6	174,2	141,3	117,4	1029,6
1991	132,2	109,5	223,1	60,6	35,6	14,0	12,9	9,5	45,8	95,8	103,8	59,5	902,3
1992	69,7	85,6	122,0	41,3	9,5	16,3	12,9	50,4	36,8	81,1	95,8	56,1	677,4
1993	147,0	154,9	224,2	151,5	33,3	18,6	22,0	25,4	89,0	108,3	192,4	217,4	1384,1
1994	199,2	209,5	189,0	111,7	35,6	24,3	9,5	9,5	64,0	75,4	69,7	100,4	1097,8
1995	136,7	122,0	182,2	95,8	69,7	34,5	10,6	9,5	50,4	109,5	95,8	170,8	1087,5
1996	132,2	170,8	176,5	168,6	48,1	12,9	9,5	32,2	35,6	57,2	48,1	77,7	969,4
1997	107,2	152,6	78,8	33,3	23,1	16,3	10,6	24,3	56,1	68,6	124,2	135,6	830,8
1998	192,4	153,8	182,2	56,1	23,1	15,2	9,5	14,0	22,0	75,4	85,6	53,8	883,0
1999	143,6	281,0	139,0	120,8	49,3	25,4	16,3	14,0	89,0	67,4	115,2	116,3	1177,3
2000	94,7	150,4	137,9	123,1	49,3	22,0	16,3	48,1	36,8	24,3	56,1	107,2	866,0
2001	151,5	82,2	160,6	51,5	52,7	16,3	15,2	17,4	49,3	97,0	122,0	111,7	927,3
2002	74,2	103,8	159,5	89,0	28,8	11,8	41,3	12,9	31,1	108,3	119,7	106,1	886,4
2003	60,6	81,1	128,8	68,6	39,0	17,4	11,8	26,5	26,5	43,6	75,4	176,5	755,8
2004	47,0	101,5	70,8	35,6	23,1	23,1	33,3	15,2	52,7	110,6	108,3	115,2	736,5
2005	75,4	87,9	104,9	51,5	34,5	11,8	10,6	14,0	26,5	101,5	54,9	118,6	692,1
2006	98,1	118,6	176,5	104,9	19,7	64,0	17,4	17,4	56,1	85,6	127,6	144,7	1030,7
2007	110,6	43,6	159,5	127,6	34,5	10,6	16,3	17,4	31,1	135,6	83,3	92,4	862,6
2008	124,2	118,6	129,9	111,7	42,4	28,8	11,8	24,3	41,3	133,3	104,9	78,8	950,1
2009	202,6	123,1	231,0	115,2	54,9	31,1	25,4	20,8	17,4	116,3	56,1	135,6	1129,6
2010	120,8	127,6	156,1	47,0	35,6	12,9	23,1	12,9	45,8	74,2	104,9	118,6	879,6
2011	126,5	114,0	153,8	156,1	20,8	9,5	19,7	11,8	44,7	66,3	101,5	142,4	967,1
Promedio	120,0	146,8	169,0	96,7	33,4	16,6	11,9	17,3	39,7	90,9	97,2	111,3	950,9

