

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA**



**“DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD HIDRICA  
SUPERFICIAL PARA EL PROYECTO: CENTRAL  
HIDROELÉCTRICA CHARCANI VII”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**JOEL FERNANDO NAPAN ESPIRITO**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## Document Information

---

Analyzed document	TSP-NAPAN JOEL-vplag1.docx (D150632821)
Submitted	2022-11-22 23:13:00
Submitted by	Teresa Velasquez Bejarano
Submitter email	tvelasquez@lamolina.edu.pe
Similarity	14%
Analysis address	tvelasquez.unalm@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

---

<b>SA</b>	<b>31466-Oviedo Tejada, Juan Manuel_.pdf</b> Document 31466-Oviedo Tejada, Juan Manuel_.pdf (D88723492)		<b>13</b>
<b>SA</b>	<b>3192-Dejo Prado, Leonardo Luis Juan.pdf</b> Document 3192-Dejo Prado, Leonardo Luis Juan.pdf (D34012614)		<b>13</b>
<b>SA</b>	<b>16498-Tamayo Pereyra, Roberto Carlos-1.pdf</b> Document 16498-Tamayo Pereyra, Roberto Carlos-1.pdf (D50709866)		<b>11</b>
<b>SA</b>	<b>32557-Sotomayor Berrio, Ramiro Lorenzo_.pdf</b> Document 32557-Sotomayor Berrio, Ramiro Lorenzo_.pdf (D94429008)		<b>4</b>
<b>SA</b>	<b>3192-Dejo Prado, Leonardo Luis Juan.pdf</b> Document 3192-Dejo Prado, Leonardo Luis Juan.pdf (D78318065)		<b>2</b>
<b>SA</b>	<b>1A_Fano_Miranda_Gonzalo_Ramces_Doctorado_2020.docx</b> Document 1A_Fano_Miranda_Gonzalo_Ramces_Doctorado_2020.docx (D64230480)		<b>1</b>

## Entire Document

---

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD HIDRICA SUPERFICIAL PARA EL PROYECTO: "CENTRAL HIDROELÉCTRICA  
CHARCANI VII"

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

JOEL FERNANDO NAPAN ESPIRITO

LIMA – PERÚ 2022

TITULO

Determinación de la disponibilidad hídrica superficial para el proyecto: "Central Hidroeléctrica Charcani VII"

DEDICATORIA Dedico este trabajo a mi esposa Lizbeth V., por todo el apoyo y cariño. A mi padre Víctor, quien en vida fue un gran hombre y ejemplo para mí. A mi madre Esmenia y mi hermana Dheyanira por el inmenso apoyo.

ÍNDICE GENERAL TITULO I

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD HIDRICA SUPERFICIAL  
PARA EL PROYECTO: CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHARCANI VII”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

**BACH. JOEL FERNANDO NAPAN ESPIRITU**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. EUSEBIO MERCEDES INGOL BLANCO  
Presidente

Mg. Sc. TERESA OLINDA VELÁSQUEZ BEJARANO  
Asesor

Mg. Sc. JAVIER ANTONIO GOICOCHEA RÍOS  
Miembro

Mg. Sc. WENDY LU ARAMAYO ALONSO  
Miembro

LIMA – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi esposa Lizbeth V., por todo el apoyo y cariño. A mi padre Víctor, quien en vida fue un gran hombre y ejemplo para mí. A mi madre Esmenia y mi hermana Dheyaira por el inmenso apoyo.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Problemática.....	2
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Objetivo principal .....	3
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Ciclo hidrológico.....	4
2.2. Balance hídrico.....	5
2.2.1. Balance hídrico en embalses.....	5
2.3. Escorrentía superficial.....	6
2.4. Sistema de regulación Chili.....	6
2.4.1. Sub cuenca Chili .....	6
2.4.2. Sistema de Derivación Colca-Chili .....	7
III. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	10
3.1. Materiales y equipos.....	10
3.2. Características Generales del área de estudio.....	10
3.2.1. Descripción General del área de estudio .....	10
3.2.2. Inventario de Fuentes hídricas, infraestructura y otros.....	11
3.2.3. Diagrama topológico .....	18
3.3. Información básica .....	19
3.3.1. Precipitación y evaporación.....	19
3.3.2. Caudales e Hidrometría .....	21
3.4. Análisis y cálculo de los caudales naturalizados en los puntos de control.....	23
3.4.1. Naturalización de Caudales en Embalses .....	23
3.4.2. Naturalización de Caudales en los Ríos.....	24
3.4.3. Estimación de Caudales Naturales.....	26
3.5. Identificación del uso y demandas hídricas.....	28
3.5.1. Consumo Actual de Agua.....	28
3.5.2. Caudal Ecológico.....	29

3.5.3. Demanda Futura de la CH Charcani VII .....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Análisis de Caudales naturalizados .....	30
4.1.1. Caudal Naturalizado Cuenca Alto Colca .....	30
4.1.2. Caudal Naturalizado Cuenca Río Chili.....	38
4.2. Evaluación de disponibilidad hídrica .....	43
4.2.1. Balance hídrico con Caudales naturales .....	43
4.2.2. Balance hídrico con Caudales regulados .....	46
4.3. Estimación Curva de duración de caudales .....	49
4.4. Disponibilidad hídrica - Balance hídrico.....	49
V. CONCLUSIONES .....	51
VI. RECOMENDACIONES .....	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
VIII. ANEXOS.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Área de cuenca de las fuentes de agua del río Chili.....	13
Tabla 2: Característica de las Centrales Hidroeléctricas .....	17
Tabla 3: Inventario de Estaciones con registros de Precipitación .....	19
Tabla 4: Inventario de Estaciones con registros de Evaporación .....	20
Tabla 5: Inventario de registro de caudal histórico en las obras existentes.....	22
Tabla 6: Inventario de los Registros de Caudal Natural en los Puntos de Control.....	22
Tabla 7: Área y precipitación de intercuenas.....	27
Tabla 8: Caudales mensuales naturalizados – Cuenca Alto Colca.....	30
Tabla 9: Balance promedio mensual (2001-2013) Embalse El Pañe .....	31
Tabla 10: Balance promedio mensual (2010-2013) Embalse Bamputañe .....	32
Tabla 11: Balance promedio mensual (2001-2013) Dique los Españoles.....	33
Tabla 12: Balance promedio mensual (2001-2013) Bocatoma Bamputañe .....	34
Tabla 13: Balance promedio mensual (2001-2013) Bocatoma Blanquillo .....	35
Tabla 14: Balance promedio mensual (2002-2013) Bocatoma Antasalla .....	36
Tabla 15. Balance promedio mensual (2001-2013) Estación/Bocatoma Jancolacaya – Río Colca – Canal Zamácola .....	37
Tabla 16: Caudales naturalizados – Embalses de la Cuenca río Chili.....	38
Tabla 17: Balance promedio mensual (2001-2013) Embalse El Frayle.....	39
Tabla 18. Balance promedio mensual (2008-2013) Embalse Pillones.....	40
Tabla 19: Balance promedio mensual (2011-2013) Embalse Chalhuanca.....	41
Tabla 20: Balance promedio mensual (2001-2013) Embalse Aguada Blanca .....	42
Tabla 21: Resumen de pérdida, eficiencia de puntos de control .....	42
Tabla 22: Caudales naturales del río chili hasta captación de la CH Charcani VII.....	44
Tabla 23: Caudal medio mensual en el punto de Captación (m <sup>3</sup> /s).....	45
Tabla 24: Balance Hídrico Mensualizado (m <sup>3</sup> /s) - Sin Proyecto.....	45
Tabla 25: Balance Hídrico Mensualizado (m <sup>3</sup> /s) - Con Proyecto .....	46
Tabla 26: Caudales medios reguladas en el punto de captación de la CH Charcani VII ....	47
Tabla 27: Balance Hídrico Mensualizado (m <sup>3</sup> /s) - Sin Proyecto.....	48
Tabla 28: Balance Hídrico Mensualizado (m <sup>3</sup> /s) - Con Proyecto .....	48
Tabla 29: Disponibilidad hídrica para el proyecto Charcani VII .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagnostico – Plan de Transmisión 2021-2030 .....	2
Figura 2. Esquema de derivación cuenca río Colca a río Chili .....	9
Figura 3. Área de referencia del Proyecto Charcani VII .....	11
Figura 4. Esquema Hidráulico del Sistema regulado Chili .....	12
Figura 5: Plano de ubicación de las cuencas que conforma el río Chili .....	14
Figura 6: Diagrama topológico del sistema de regulación Chili y Charcani .....	18
Figura 7: Variación de la Precipitación y Evaporación con Altura .....	20
Figura 8: Ubicación de las estaciones pluviométricas y meteorológicas .....	21
Figura 9: Determinación Caudal Naturalizado Aporte río Colca .....	26
Figura 10: Ecuación de Regresión de precipitación & elevación de la Cuenca del rio Chili .....	28
Figura 11: Balance promedio mensual (2001-2013) Embalse El Pañe .....	31
Figura 12: Balance promedio mensual (2010-2013) Embalse Bamputañe .....	32
Figura 13: Balance promedio mensual (2001-2013) Dique los Españoles .....	33
Figura 14: Balance promedio mensual (2001-2013) Bocatoma Bamputañe.....	34
Figura 15: Balance promedio mensual (2001-2013) Bocatoma Blanquillo .....	35
Figura 16: Balance promedio mensual (2002-2013) Bocatoma Antasalla.....	36
Figura 17: Balance promedio mensual (2001-2013)–Río Colca – Canal Zamácola.....	37
Figura 18: Balance promedio mensual (2001-2013) Embalse El Frayle.....	38
Figura 19: Balance promedio mensual (2008-2013) Embalse Pillones .....	39
Figura 20: Balance promedio mensual (2011-2013) Embalse Chalhuanca .....	40
Figura 21: Balance promedio mensual (2001-2013) Embalse Aguada Blanca.....	41
Figura 22: Comparación de la curva de duración de Q naturales y regulado.....	49



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Serie de Caudales Naturalizados Embalse Pañe .....	56
Anexo 2: Serie de Caudales Naturalizados Embalse Bamputañe.....	57
Anexo 3: Serie de Caudales Naturalizados Captación Bamputañe .....	58
Anexo 4: Serie de Caudales Naturalizados Captación Blanquillo .....	59
Anexo 5: Serie de Caudales Naturalizados Captación Antasalla .....	60
Anexo 6: Serie de Caudales Naturalizados Embalse el Frayle.....	61
Anexo 7: Serie de Caudales Naturalizados Embalse Pillones.....	62
Anexo 8: Serie de Caudales Naturalizados Embalse Challhuanca.....	63
Anexo 9: Ubicación de estaciones Meteorológicas .....	64
Anexo 10: Mapa Hidrográfico.....	65
Anexo 11: Mapa delimitación de cuencas hidrográficas.....	66
Anexo 12: Mapa de Cuenca Colectora de los Embalses Pañe y Bamputañe .....	67
Anexo 13: Mapa de Cuenca Colectora de los Embalses Pillones y Dique los Españoles...	68
Anexo 14: Mapa de Cuenca Colectora del Embalse el Frayle .....	69
Anexo 15: Mapa de Cuenca Colectora del Embalse Challhuanca .....	70
Anexo 16: Mapa de Cuenca Colectora del Embalse Aguada Blanca.....	71
Anexo 17: Mapa Superficie Glacial en la Cuenca.....	72
Anexo 18: Mapa Sistema de trasvase – Cuenca alto Colca.....	73
Anexo 19: Mapa Sistema de los aportes en la Cuenca alta de Chili .....	74
Anexo 20: Mapa de intercuenas de las captaciones de las CH de Charcani.....	75

## RESUMEN

La cuenca del río Chili suministra recursos hídricos para el uso de diferentes fines; esta cuenca se encuentra regulado por cuatro embalses, siendo Aguada Blanca el principal de ellos. Por otro lado, cuenta también con el trasvase de la cuenca alta del río Colca; el cual cuenta con tres embalses y dos captaciones, que proporciona un caudal conducido por medio del Canal Zamacola hacia el río Sumbay. El sistema regulado Chili está conformado por el conjunto de las estructuras hidráulicas en la cuenca del río Chili y cuenca alta del río Colca. Sin embargo, estas estructuras de embalse y captaciones, alteraron las descargas naturales de las cuencas que conforma el sistema regulado; debido al almacenamiento, captación, conducción, operación, etc. Por esta razón, es necesario determinar las series de caudales registradas en diferentes estaciones y/o medición en condiciones naturales.

El objetivo de este estudio, fue determinar la disponibilidad hídrica para la generación de energía hidroeléctrica del proyecto Charcani VII; por lo cual se aplicó el proceso de “naturalización”, utilizando la metodología del balance hídrico. Con este propósito se describieron los puntos de control con información de caudales descargados por las obras hidráulicas involucradas en el sistema regulado Chili en las cuencas del río Chili y la Cuenca de alto Colca. Se recopiló información básica disponible de estaciones meteorológicas; posteriormente se realizó el análisis de las principales variables controladas como la precipitación y evaporación sobre el área de los embalses y captaciones, los niveles y volúmenes almacenados en los embalses y los caudales descargados desde cada uno de ellos; que son las variables que intervienen en la ecuación de balance hídrico.

Finalmente, los resultados de este informe presentan los valores de los caudales naturalizados de las cuencas que conforma el sistema regulado Chili, el balance hídrico con el caudal naturalizado en el punto de captación del proyecto CH Charcani VII y la disponibilidad hídrica en dicho punto.

**Palabras clave:** Balance hídrico, Caudales naturalizados, Disponibilidad hídrica, Charcani VII.

## ABSTRACT

The Chili River basin supplies water resources for different purposes; this basin is regulated by four reservoirs, Aguada Blanca being the main one. On the other hand, it also has a diversion from the upper Colca river basin, which has three reservoirs and two catchments, which provides a flow channeled through the Zamacola Canal to the Sumbay river. The Chili regulated system is made up of all the hydraulic structures in the Chili river basin and the upper Colca river basin. However, these reservoir and catchment structures altered the natural discharges of the basins that make up the regulated system; due to storage, catchment, conduction, operation, etc. For this reason, it is necessary to determine the series of flows recorded at different stations and/or measured under natural conditions.

The aim of this study was to determine the water availability for the generation of hydroelectric power for the Charcani VII project; therefore, the "naturalization" process was applied, using the water balance methodology. For this purpose, the control points were described with information on flows discharged by the hydraulic works involved in the regulated Chili system in the Chili river basins and the upper Colca basin. Basic information available from meteorological stations was compiled; subsequently, the main controlled variables were analyzed, such as precipitation and evaporation over the area of the reservoirs and catchments, the levels and volumes stored in the reservoirs and the flows discharged from each of them, which are the variables involved in the water balance equation.

Finally, the results of this report present the values of the naturalized flows of the basins that make up the Chili regulated system, the water balance with the naturalized flow at the catchment point of the CH Charcani VII project and the water availability at that point.

**Keywords:** Water balance, Naturalized flows, Water availability, Charcani VII..

## **I. INTRODUCCIÓN**

La empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. (EGASA), es una empresa pública de derecho privado, actualmente opera las Centrales hidroeléctricas Charcani I, II, III, IV, V y VI los cuales usan los recursos hídricos del río Chili.

EGASA, con el fin de optimizar los recursos hídricos y a su vez aumentar la producción de energía al Sistema Interconectado Sur, para satisfacer la demanda futura de energía; tiene la alternativa de reemplazar las Centrales hidroeléctricas Charcani I, II y III, para lo cual se elaboró el Proyecto Central Hidroeléctrica Charcani VII, haciendo posible el aumento de generación de energía.

El desarrollo de todo proyecto hidroenergético requiere el estudio de tres aspectos básicos: la topografía, la geología y la hidrología. Dentro del estudio hidrológico de este proyecto, la determinación de la disponibilidad de recursos hídricos del río Chili fue fundamental para plantear alternativas de optimización y/o regulación de recursos, debido a que en la cuenca de los ríos Chili y Colca, se encuentran varios embalses tales como: el Frayle, Aguada Blanca, Chalhuanca, Dique los Españoles, Bamputañe, etc.

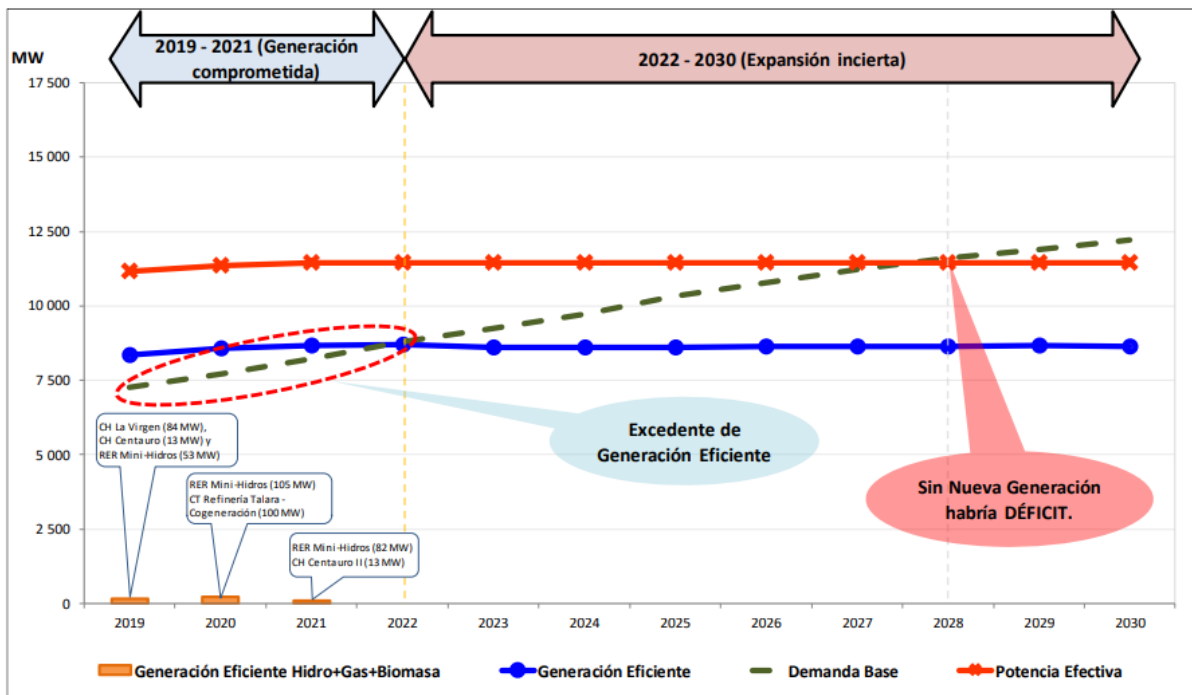
En este contexto, el presente informe de Titulación de Suficiencia Profesional incluye la experiencia laboral del autor como parte del equipo de consultoría de Project International Development (PID), en el marco del Proyecto Central hidroeléctrica Charcani VII (EGASA), en primera instancia con el cargo de asistente y luego como especialista GIS e hidrología. Luego, se brindó el apoyo en la permisología y levantamiento de observaciones ante la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para los trámites correspondientes. Mas adelante, en el cargo de coordinador de proyecto se realizó la actualización del expediente técnico del proyecto.

Por ello, como parte del proyecto se desarrolló en el marco hidrológico, para la determinación de la disponibilidad de los recursos hídricos en la cuenca de los ríos Chili y la parte de la cabecera de la Cuenca del río Colca, que consiste en el sistema regulado Chili, lo cual fue importante para evaluar viabilidad del proyecto Charcani VII. Con ello se logró identificar la disposición y se optó por el caudal óptimo, que fue útil para el diseño de las estructuras hidráulicas que conformaron el proyecto; por ejemplo, estructura de captación, conducción, cámara de carga, tubería forzada, turbinas, etc.

### 1.1. Problemática

El proyecto hidroeléctrico Charcani VII surge de la necesidad de abastecimiento de energía en vista de la demanda futura. Según lo señalado en el informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN (COES-SINAC, 2019), señalan que en las proyecciones al año 2028, se genera una demanda superior a la oferta de energía, por la construcción e inversión de nuevos proyectos, en especial proyectos mineros (ver Figura 1).

**Figura 1: Diagnóstico – Plan de Transmisión 2021-2030**



FUENTE: (COES-SINAC, 2019)

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo principal**

Determinar la disponibilidad hídrica superficial para el proyecto “Central Hidroeléctrica Charcani VII”, con el fin de evaluar el aprovechamiento hidroenergético.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluación de los caudales naturalizados de los embalses y captaciones del sistema regulado Chili.
- Evaluar las pérdidas de los embalses y captaciones del sistema regulado Chili
- Evaluar la disponibilidad hídrica superficial, así como los usos y demandas de agua en las cercanías del Proyecto en situación de escenario sin y con proyecto.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Ciclo hidrológico**

El ciclo hidrológico es el tránsito continuo del agua entre los diferentes depósitos, ambientes climáticos de la atmósfera, generando un ciclo. Esto, se produce a través de los procesos de evaporación, condensación, precipitación, sedimentación, la escorrentía, flujo de infiltración, la sublimación, la transpiración, la fusión y las aguas subterráneas. (Ordoñez Gálvez, 2011).

El ciclo hidrológico es un proceso recircular del transporte del agua en sus diferentes estados (sólido, líquido, gaseoso), este ciclo se debe fundamentalmente a la proporción de energía que ocasiona el sol para elevar el agua (evaporación); y la gravedad terrestre, que genera que el agua condensada descienda por precipitación, escurrimiento, infiltración (Ordoñez Gálvez, 2011).

Sobre el ciclo hidrológico Hubbart (2011), manifiesta:

“El ciclo hidrológico es un modelo conceptual que describe el almacenamiento y el movimiento del agua entre la biosfera, la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera. El agua de nuestro planeta se puede almacenar en cualquiera de los siguientes depósitos principales: atmósfera, océanos, lagos, ríos, suelos, glaciares, campos de nieve y aguas subterráneas. Los océanos suministran la mayor parte del agua evaporada que se encuentra en la atmósfera. De esta agua evaporada, solo el 91% regresa a las cuencas oceánicas en forma de precipitación. El 9% restante se transporta a áreas sobre masas terrestres donde los factores climatológicos inducen la formación de precipitaciones. El desequilibrio resultante entre las tasas de evaporación y precipitación sobre la tierra y el océano se corrige con la escorrentía y el flujo de agua subterránea hacia los océanos” (Hubbart, 2011).

## 2.2. Balance hídrico

El balance hídrico posee como fundamento principal la ecuación de continuidad, el cual viene a ser la ley más importante en Hidrología, a pesar que su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es normalmente complicada, debido a la falta de mediciones directas en campo y por la variación geográfica de la evapotranspiración, de las pérdidas por infiltración (a acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en una cuenca (Ordoñez Gálvez, 2011).

### 2.2.1. Balance hídrico en embalses

Sokolov y Chapman (1981), señalan que:

La ecuación de balance hídrico de lagos y embalses, para cualquier intervalo de tiempo puede expresarse del siguiente modo.

$$Q_{sI} + Q_{uI} + P_L - E_L - Q_{sO} - Q_{uO} - \Delta S_L - \eta = 0 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde,  $Q_{sI}$  es el caudal de entrada de agua superficial dentro del embalse;  $Q_{uI}$  es el flujo de entrada correspondiente al agua subterránea;  $P_L$  es la precipitación sobre la superficie;  $E_L$  es la evaporación desde la superficie;  $Q_{sO}$  es el caudal de salida del agua superficial desde el embalse,  $Q_{uO}$  es el flujo de salida de agua subterránea, incluyendo la filtración a través de la presa;  $\Delta S_L$  es la variación del agua almacenada en el embalse, durante el periodo de balance hídrico considerado.

También señala, el cálculo de evaporación procedente para embalses se puede estimar a partir de los datos de evaporímetro:

$$E_L = K E_p \quad (\text{Ecuación 2})$$

De la cual,  $E_p$  es la evaporación desde el recipiente o tanque de evaporación y  $K$  es un coeficiente de evaporímetro.

Considerando que el valor de flujo  $Q_{uI}$  es mínimo, éste se desprecia de la ecuación 1. Es así que partir de la ecuación 1 y 2, se deduce la ecuación 3.

$$Q_n = Q_{st} \pm \frac{\Delta V}{\Delta t} + \left[ \frac{(CE-P)A}{\Delta t} \right] \quad (\text{Ecuación 3})$$



Donde:

$Q_n$	Caudal naturalizado (sin el efecto del embalse)	[m <sup>3</sup> /s]
$Q_{st}$	Caudales regulados (caudales en compuertas y aliviadero)	[m <sup>3</sup> /s]
$\Delta V$	Variación de volúmenes almacenados	[hm <sup>3</sup> ]
$C$	Coefficiente de tanque evaporímetro [-]	
$E$	Evaporación total mensual	[mm]
$P$	Precipitación sobre el espejo de agua	[mm]
$A$	Área del espejo de agua	[m <sup>2</sup> ]
$\Delta t$	Tiempo considerado	[s]

### 2.3. Escorrentía superficial

Ordoñez Gálvez (2011), señala que para determinar el aprovechamiento hídrico, es como requisito conocer en el punto de análisis, el caudal disponible por medio de las precipitaciones. Esto no es algo sencillo, pero para algunos casos es muy compleja, en especial en la ausencia de información, para el cual se han ido desarrollando una serie de metodologías, como: isocaudales de escorrentía, caudales específicos, generación de modelos de simulación precipitación-escorrentía, etc.

Para el cálculo de caudal estimado, en cuenca con características fisiográficas, cobertura vegetal y comportamiento hidrológico similar, se puede estimar el caudal específico en función de la siguiente expresión:

$$Q_x = \frac{A_x P_x}{A_n P_n} Q_n \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde  $Q_x$  es el caudal a estimar en un punto de análisis en la subcuenca;  $A_x$  es el área de la subcuenca;  $P_x$  es la precipitación sobre la subcuenca;  $A_n$  es el área de la cuenca;  $P_n$  es la precipitación sobre la cuenca;  $Q_n$  es el caudal de la cuenca.

### 2.4. Sistema de regulación Chili

#### 2.4.1. Sub cuenca Chili

La Sub cuenca Chili es parte de la Unidad Hidrográfica del río Quilca-Vítor-Chili, ubicada desde la Cordillera de Los Andes y desemboca en la vertiente del Océano Pacífico. El río

principal perteneciente a esta sub cuenca lleva consigo el mismo nombre de río Chili, el cual nace de la confluencia de los ríos Blanco y Sumbay. Recibe los aportes provenientes de los ríos Andamayo, Mollebaya y Yarabamba, que conforma el río Tingo Grande. En la parte alta del río Chili se ubica el embalse Aguada Blanca, el que posee un área de extensión de cuenca de 3,895 km<sup>2</sup> (Autoridad Nacional del Agua, 2009).

El río Blanco, se encuentra en gran parte regulado por el embalse El Frayle, el cual regula 1,049 km<sup>2</sup> de un total de 1,200 km<sup>2</sup>. Por otro lado, el río Sumbay posee hasta su confluencia con el río Blanco un área de 2,450 km<sup>2</sup>. Sus tributarios importantes son: el río Pausa por su margen izquierda, y por la margen derecha: Caquemayo, Challhuanca y Capillune (Carpio y otros, 2022).

Adicionalmente, el río Chili recibe recursos por medio del trasvase del canal Zamacola hacia el río Sumbay, cual posee un área de 737 km<sup>2</sup>. Este trasvase se encuentra aproximadamente a la altura del poblado de Imata. Dichos recursos provienen de la Cuenca alta del Colca, mediante la regulación en los embalses El Pañe y Dique de Los Españoles, las bocatomas Bamputañe, Blanquillo, Jancolacaya y Antasalla y su conducción mediante el canal Pañe-Sumbay (Autoridad Nacional del Agua, 2009).

#### **2.4.2. Sistema de Derivación Colca-Chili**

Los represamientos en la cuenca del río Colca datan por los años 1800; se construyó el Dique de los Españoles con el fin de captar aguas de los tributarios del Alto Colca hacia el río Chili, a medida del tiempo este embalse ha mejorado su capacidad, drenando parcialmente 740 km<sup>2</sup> de área fuera de la cuenca (Ochoa Acuña, 2010).

El rendimiento anual de la suma de las sub-cuencas derivadas se estima en 230 MMC, equivalente a 7.5 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 4.5 m<sup>3</sup>/s están siendo derivados hacia el río Sumbay desde 1965 por el canal Zamacola (EGASA, 2017).

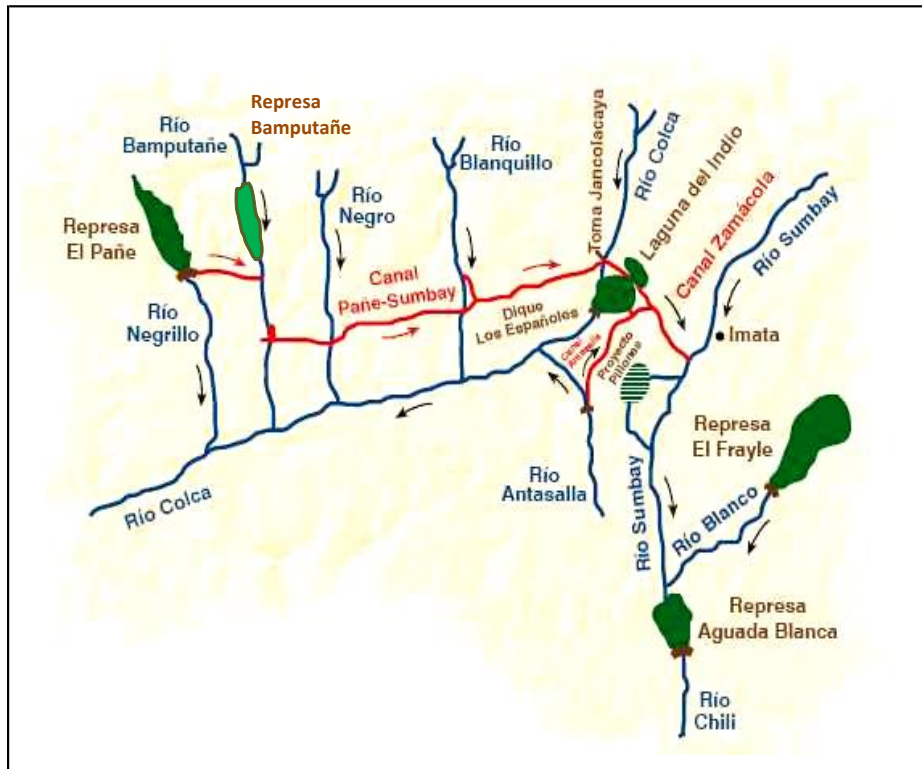
En el año 1965 se amplió las obras para el aprovechamiento de las aguas del río Colca para la zona de Arequipa, las cuales entraron en funcionamiento en dicho año. Según Project International Development (PID), 2015; el Sistema de derivación muestra las siguientes

características:

- Un reservorio en el río Pañe, que permite la total regulación de la descarga media anual, de aprox. 90 MMC. El reservorio se obtuvo elevando el nivel de una laguna ya existente a 4,530 msnm, resultando en una capacidad bruta de 100 MMC.
- Un canal revestido de 5.4 Km de longitud con una capacidad de 6 m<sup>3</sup>/s, entre el reservorio Pañe y el río Bamputañe.
- La nueva represa Bamputañe con capacidad de 40 MMC, inaugurada en junio 2010, que capta y deriva un caudal adicional de aproximadamente 1 m<sup>3</sup>/s.
- Bocatoma en el río Bamputañe seguida por un canal revestido con una capacidad de 6 m<sup>3</sup>/s y una longitud de 27.5 km hasta el río Blanquillo, el cual se cruza por medio de un sifón.
- Bocatoma en el río Blanquillo, que se conecta al canal mencionado, tiene una longitud de 22.1 km y una capacidad de 10 m<sup>3</sup>/s. Es revestido y cruza el río Colca a través del barraje de la Toma.
- Bocatoma en el río Colca, conectada al canal Zamacola de 13.6 km de longitud y capacidad igual a 30 m<sup>3</sup>/s. El canal está sujeto a colmataciones frecuentes, de manera que el funcionamiento de todo el sistema se encuentra muchas veces obstruido.
- Bocatoma en el río Antasalla y canal de 10 Km de largo con una capacidad de 3.5/2.5 m<sup>3</sup>/s, que desemboca en el Canal de Zamacola.

En la Figura 2 se observa el esquema de derivación de la cuenca alta del río Colca y la Sub Cuenca del río Chili, que está comprendido por las obras hidráulicas de los embalses y los principales canales de conducción Pañe-Sumbay y Zamacola.

Figura 2. Esquema de derivación cuenca río Colca a río Chili



FUENTE: AUTODEMA (s.f.).

### **III. DESARROLLO DEL TRABAJO**

#### **3.1. Materiales y equipos**

Para la generación de las delimitaciones de las áreas de cuencas, se dispone de imágenes satelitales Alos Palsar 12.5x12.5 m y con la utilización del software de ArcMap 10.1 se obtuvo las áreas de interés; además, se corroboró con las cartas nacionales IGN en su versión vectorial, que es proporcionado por diversas entidades públicas, como el IGN o ANA.

Se dispone la data de las estaciones pluviométricas e hidrométricas, proporcionado por EGASA y completadas con información de SENAMHI y/o ANA. Además de estas, existe información de caudales naturales en puntos de control de los embalses proveniente de COES por medio del programa PERSEO.

Respecto al uso de equipamiento, fue el uso de cómputo necesario para manejar los softwares de office, ArcGIS 10.1 y otros.

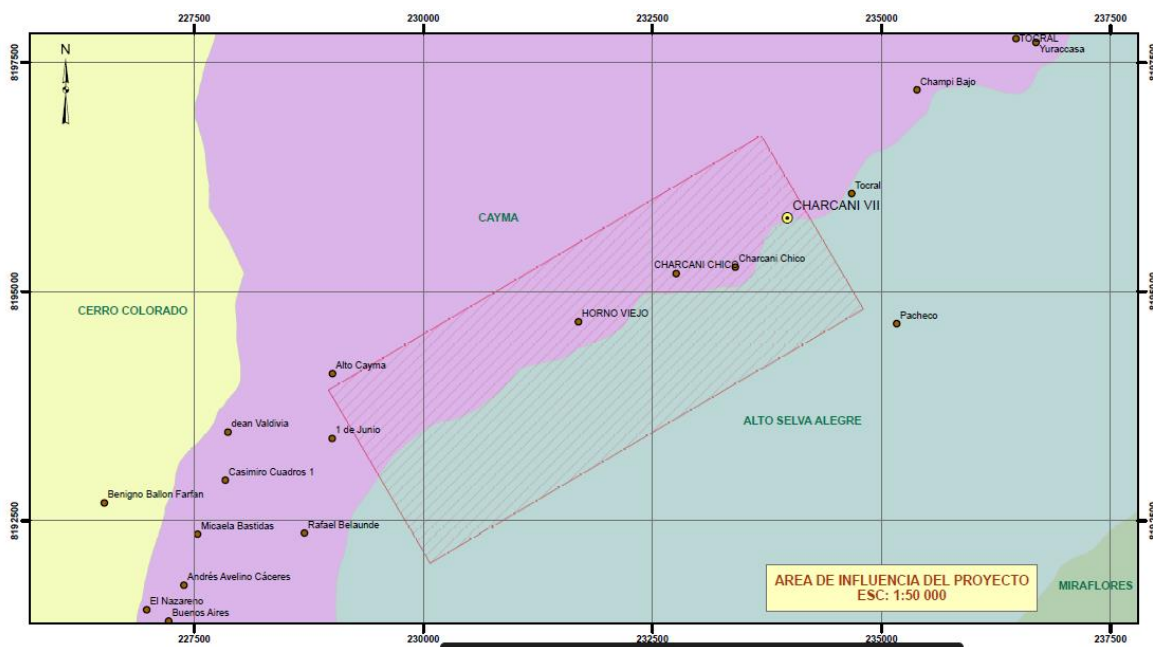
#### **3.2. Características Generales del área de estudio**

##### **3.2.1. Descripción General del área de estudio**

El proyecto hidroeléctrico Charcani VII se ubica en la región de Arequipa, provincia de Arequipa y entre los distritos de Cayma y Alto selva Alegre. Sobre el área hidrográfica se abarca las Unidades hidrográficas de Chili-Quilca-Vitor (parte alta de la cuenca) y el Colca (parte alta de la cuenca).

En la Figura 3, se muestra la ubicación del área de proyecto entre los dos distritos que este implica, desde el punto de captación y devolución al río Chili.

**Figura 3. Área de referencia del Proyecto Charcani VII**



FUENTE: Project International Development (2015)

### **3.2.2. Inventario de Fuentes hídricas, infraestructura y otros.**

El área de desarrollo del presente trabajo, es abarcado por las subcuencas y obras hidráulicas que conforman al sistema Chili regulado. Este sistema, podemos dividir en dos zonas para un mejor desarrollo, que comprenden la sub-cuenca del río Chili y la derivación de Colca-Chili a través del canal Zamacola; estas zonas están conformadas por obras hidráulicas (represas y canales) y por el uso de los recursos hídricos para fines consuntivos (agua potable, irrigación, etc.) y no consuntivos (generación de energía).

En la actualidad los embalses que pertenecen al sistema Chili regulado, vienen siendo gestionada y brindando mantenimiento por la entidad de AUTODEMA (Autoridad Autónoma de Majes), el cual es el organismo del Gobierno Regional de Arequipa, con el fin de garantizar los recursos hídricos a la población y al desarrollo de actividades de la Región Arequipa.

En la Figura 4, se presenta el esquema hidráulico del sistema regulado Chili, en donde se observa el desarrollo del sistema a mención, mostrando los componentes como embalses y captaciones en las cuencas involucradas. Los detalles se pueden observar en el Anexo 18 y Anexo 19..



### 3.2.2.1. Inventario de las Fuentes de agua

Se realizó un inventario de las fuentes de agua que provienen de las áreas de las cuencas colectoras, aportando dichos recursos al río Chili.

En la Tabla 1, se muestran las áreas de cada unidad hidrográfica que aportan al río Chili, siendo de mayores extensiones las del río Blanco, Sumbay y Tingo Grande.

Cabe indicar, que el río Tingo Grande aporta recursos aguas abajo de donde se encuentra las Centrales Hidroeléctrica de Charcani. Por ende, los caudales provenientes de este río no formarían parte del cálculo del caudal disponible a determinar.

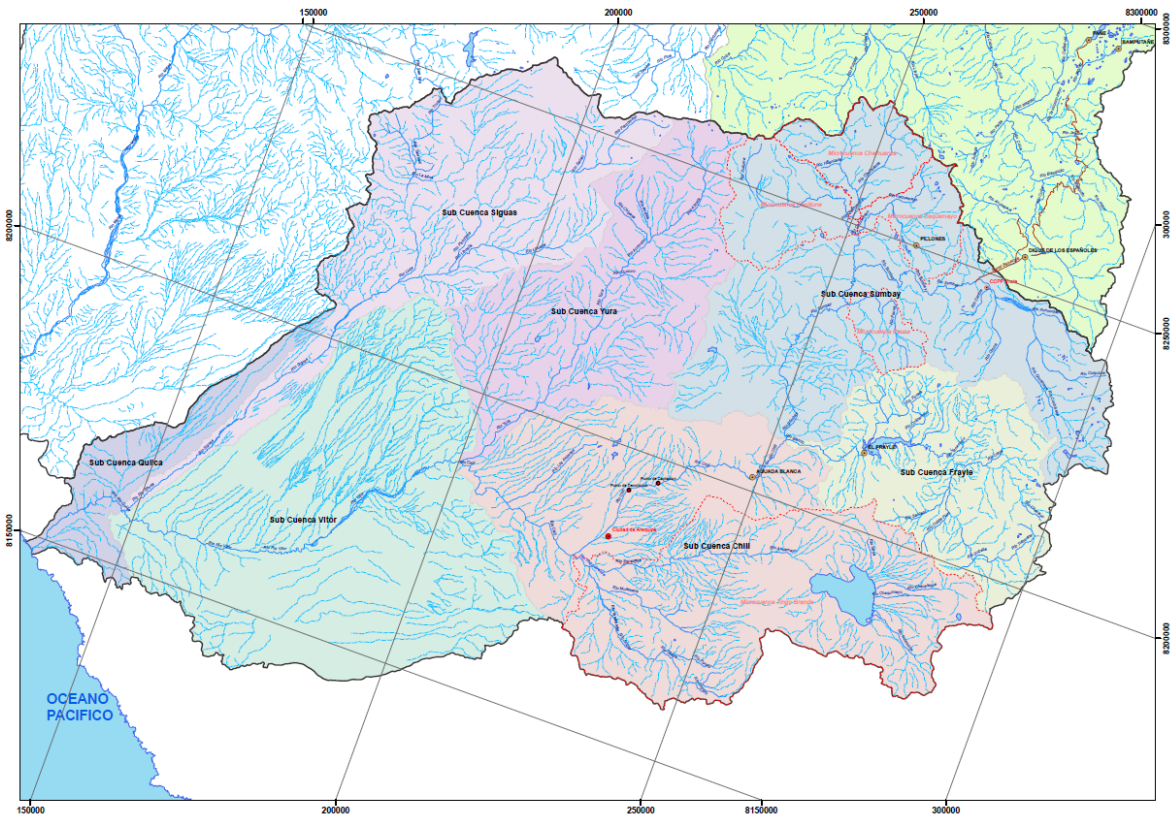
**Tabla 1: Área de cuenca de las fuentes de agua del río Chili**

Código de Unidad Hidrográfica	Nombre	Área de Cuenca (km <sup>2</sup> )
1326	Cuenca rio Blanco	1,162.0
1328	Cuenca rio Sumbay	2,605.0
1327	Rio Pausa	127.8
1329	Rio Caquemayo	212.8
1329	Rio Challhuanca	286.4
1329	Rio Capillune	256.4
1325	Cuenca rio Tingo Grande	1,030.0
	Rio Andamayo	509.6
	Rio Mollebaya	154.5
	Rio Yarabamba	365.9

En la Figura 5 se observar la ubicación de las cuencas y microcuencas mencionadas en la Tabla anterior. Para mejor apreciación el plano se encuentra en el Anexo 11.



**Figura 5: Plano de ubicación de las cuencas que conforma el río Chili**



### 3.2.2.2. Inventario de Infraestructura Hidráulica

El sistema hidroeléctrico Charcani está ubicado sobre el río Chili, ubicado aguas abajo del embalse Aguada Blanca y antes de la primera toma para fines agrícolas y poblacionales (Canal Zamacola de La Campiña). La operación del sistema hidroeléctrico está a cargo de la Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa (EGASA), éste se encuentra conformado por un conjunto de seis centrales hidroeléctricas, y además un conjunto de obras de regulación.

A continuación, en base a la información de la Autoridad Nacional del Agua (2009), se desarrolla una descripción de las obras hidráulicas que aportan al sistema hidroeléctrico Charcani:

- **Embalse El Pañe**

Se encuentra ubicado sobre el río Negrillo, tributario del río Colca (sub cuenca Alto Colca) a una altitud media de 4,580 msnm. Regula los recursos de la Laguna el Pañe y un área de cuenca de 185 km<sup>2</sup>. Tiene una capacidad de 98.4 MMC y un volumen muerto de 41.3 MMC.

Los principales niveles operativos del embalse son:

- Nivel de agua mínimo (NAMI) 4,585.0 msnm
- Nivel de agua máximo ordinario (NAMO) 4,595.4 msnm
- Nivel de agua máximo extraordinario (NAME) 4,596.4 msnm

- **Canal Pañe-Sumbay.**

Deriva los recursos hídricos regulados por el embalse el Pañe y los recursos no regulados de los ríos Bamputañe, Blanquillo, Colca y Antasalla. Este canal entrega sus aguas al río Sumbay en la sub cuenca del río Chili, donde toma el nombre de Canal Zamacola.

El canal tiene longitud de 77.5 km recorridos de Norte a Sur, entre altitudes comprendidas entre los 4,580 y 4,435 msnm.

- **Embalse Dique de los Españoles**

Se encuentra ubicado sobre el río Alto Colca, a una altitud medio de 4,430 msnm. Regula las filtraciones de la Laguna del Indio y los excedentes no derivados de la Bocatoma Jancolacaya correspondientes a un área de cuenca de 276 km<sup>2</sup>. Tiene una capacidad útil de 9.1 MMC y un volumen muerto de 2.85 MMC.

Los principales niveles operativos del embalse son:

- Nivel de agua mínimo (NAMI) 4,433.3 msnm
- Nivel de agua máximo ordinario (NAMO) 4,435.3 msnm
- Nivel de agua máximo extraordinario (NAME) 4,436.0 msnm

- **Embalse El Fraile**

Se encuentra ubicado sobre el río Blanco (sub cuenca Chili), a una altitud media de 4,000 msnm. Regula aproximadamente el 87 % de los recursos hídricos del río Blanco con área de cuenca de 1,200 km<sup>2</sup> hasta su confluencia con el río Sumbay. El embalse tiene una capacidad útil de 135 MMC, y un volumen muerto de 8 MMC.

Los principales niveles operativos del embalse son:

- Nivel de agua mínimo (NAMI) 3,981.2 msnm
- Nivel de agua máximo ordinario (NAMO) 4,010.0 msnm
- Nivel de agua máximo extraordinario (NAME) 4,011.3 msnm

- **Embalse Aguada Blanca**

Se encuentra ubicado sobre el río Chili, aguas abajo de la confluencia de los ríos Blanco y Sumbay, a una altitud media de 3,650 msnm. Regula los recursos hídricos del río Blanco, no regulados por El Fraile (aprox. 13 %) más los recursos del río Sumbay. Además, tiene un efecto controlador sobre las descargas del sistema. El embalse tiene una capacidad útil de 38.2 MMC, y un volumen muerto de 5.3 MMC.

Los principales niveles operativos del embalse son:

- Nivel de agua mínimo (NAMI) 3,642.0 msnm
- Nivel de agua máximo ordinario (NAMO) 3,666.0 msnm
- Nivel de agua máximo extraordinario (NAME) 3,668.5 msnm

- **Embalse Pillones**

Se encuentra ubicado sobre el río Pillones en la cuenca del río Challhuanca. Almacena los recursos del río Pillones, y en mayor magnitud los recursos del río Sumbay. Dichos recursos son captados por medio de una toma sobre la margen derecha del río Sumbay y un túnel de conducción. El embalse tiene una capacidad útil de 76.8 MMC, y un volumen muerto de 3.24 MMC.

Los principales niveles operativos del embalse son:

- Nivel de agua mínimo (NAMI) 4,355.8 msnm
- Nivel de agua máximo ordinario (NAMO) 4,374.5 msnm
- Nivel de agua máximo extraordinario (NAME) 4,376.5 msnm

- **Embalse Bamputañe**

Ubicado sobre el río Bamputañe en la sub cuenca Alto Colca, a una altitud media de 4,590 msnm. Regula los recursos del río Bamputañe de área de cuenca igual a 175 km<sup>2</sup>, con

la finalidad de trasvase hacia la cuenca del río Chili. El embalse tiene una capacidad útil de 40.17 MMC, y un volumen muerto de 1.12 MMC.

Los principales niveles operativos del embalse son:

- Nivel de agua mínimo (NAMI) 4,587.5 msnm
- Nivel de agua máximo ordinario (NAMO) 4,597.5 msnm
- Nivel de agua máximo extraordinario (NAME) 4,599.0 msnm

#### • Embalse Challhuanca

Ubicado sobre el río Challhuanca, tributario por la margen derecha del río Sumbay. El embalse tiene una capacidad útil de 25.2 MMC, y un volumen muerto de 0.4 MMC.

Los principales niveles operativos del embalse son:

- Nivel de agua mínimo (NAMI) 4,292.4 msnm
- Nivel de agua máximo ordinario (NAMO) 4,307.8 msnm
- Nivel de agua máximo extraordinario (NAME) 4,309.2 msnm

#### 3.2.2.3. Inventario de Sistema Hidroeléctrico Charcani

El sistema hidroeléctrico consta de seis centrales hidroeléctricas de diversas capacidades y distintos años de puestas en operación. Las características principales del sistema se resumen en la Tabla 2.

**Tabla 2: Característica de las Centrales Hidroeléctricas**

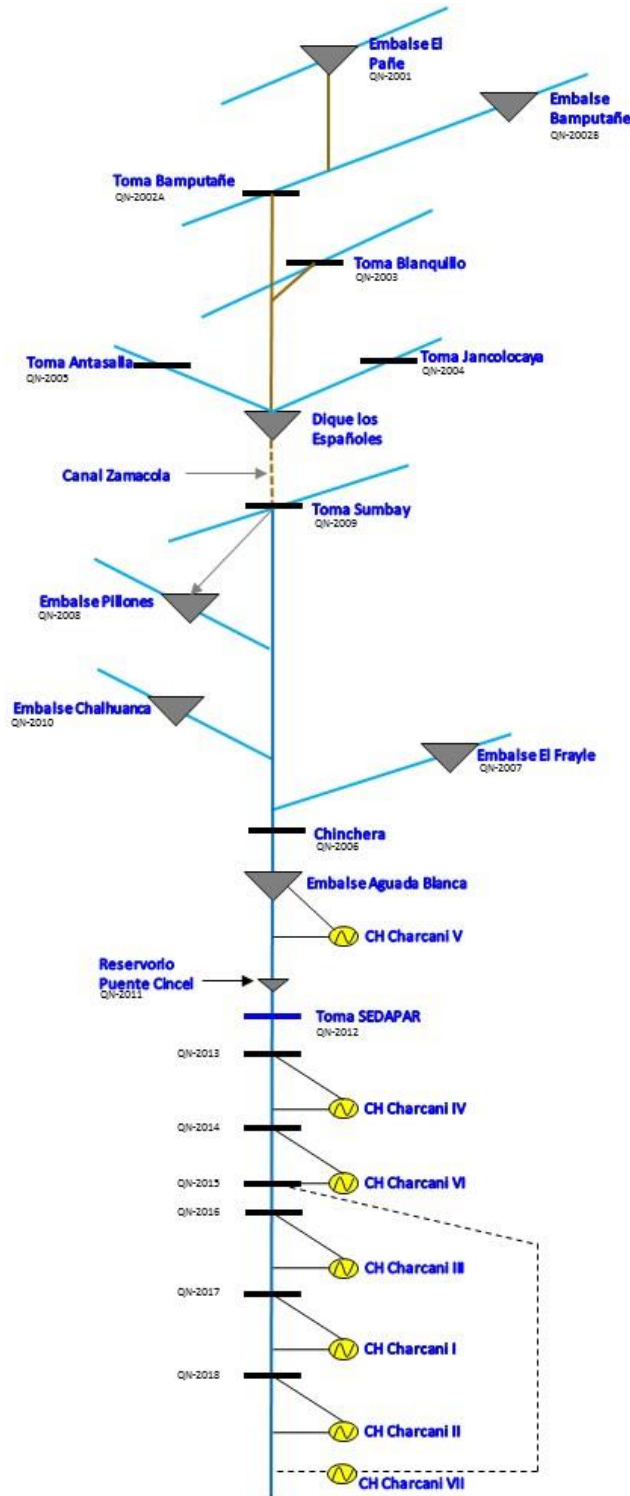
Unidad Operativa	Caída neta (m)	Caudal de Diseño (m <sup>3</sup> /s)	Potencia Instalada (MW)	Disposición General
C.H Charcani I	26.85	7.6	1.472	En cascada, después de la casa de máquinas de Charcani III.
C.H Charcani II	18.70	6.0	0.79	En cascada, después de la casa de máquinas de Charcani I.
C.H Charcani III	57.70	10.0	4.560	Toma directa en el río Chili.
C.H Charcani IV	117.35	15.0	14.4	Toma directa en el río Chili.
C.H Charcani V	706.40	24.9	135	Toma directa del embalse Aguada Blanca.
C.H Charcani VI	69.00	15.0	8.96	En cascada con la casa de máquinas de Charcani IV.

FUENTE: EGASA (2017)

### 3.2.3. Diagrama topológico

Para una mejor desarrollo y operatividad, se utilizó a modo de ayuda el uso de codificación para identificar los puntos de control de los aportes naturales (Ver Figura 6).

Figura 6: Diagrama topológico del sistema de regulación Chili y Charcani



FUENTE: Project International Development (2015)

### 3.3. Información básica

El presente trabajo, se utilizó la información de precipitación, evaporación, mediciones de caudales de descarga y la capacidad de almacenamiento de los embalses que regulan el sistema regulado Chili, toda la información fue recopilada y generada por el grupo de trabajo de Project International Development (PID), como consultor durante el año 2015- 2016.

#### 3.3.1. Precipitación y evaporación

La precipitación desde el punto de vista de hidrológica, es la principal fuente de agua que se deposita en la superficie terrestre, sus mediciones y análisis, forman el punto de partida para los estudios que conciernen al uso y control del agua (Villón Béjar, 2002) .

En la recopilación de información se identificaron varios registros, de las cuales se escogieron 14 estaciones pluviométricas ubicadas en la región del proyecto; la Tabla 3 se indican sus coordenadas de ubicación, elevación, promedios anuales y los años de registro.

**Tabla 3: Inventario de Estaciones con registros de Precipitación**

Estación Pluviométrica		Ubicación			Precipitación	
		Lat. (S)	Long (W)	Elevación	Anual	Periodo
Nombre	Cuenca	(gms)	(gms)	(msnm)	(mm)	
Condorama	Colca	152300	711600	4250	666	1974-2012
El Pañe	Colca	152518	710405	4610	763	1952-2013
Bamputañe	Colca	152527	710059	4655	858	2011-2013
Imata	Chili	155500	710500	4519	559	1936-2013
Sumbay	Chili	155900	712200	4294	436	1963-2013
El Fraile	Chili	160906	711119	4115	318	1975-2013
Aguada Blanca	Chili	161500	712000	3725	254	1975-2013
Pillones	Chili	155017	711048	4416	413	1964-2013
Chalhuanca	Chili	154758	712002	4310	661	2011-2013
Las Salinas	Chili	161905	710854	4322	346	1975-2013
Pampa de Arrieros	Chili	160400	713500	3715	274	1964-1998
Arequipa	Chili	162100	713400	2518	117	1948-1974
Vitor	Chili	162500	715000	1589	25.3	1940-1967
La Joya	Chili	164400	712900	1268	3.2	1966-1979

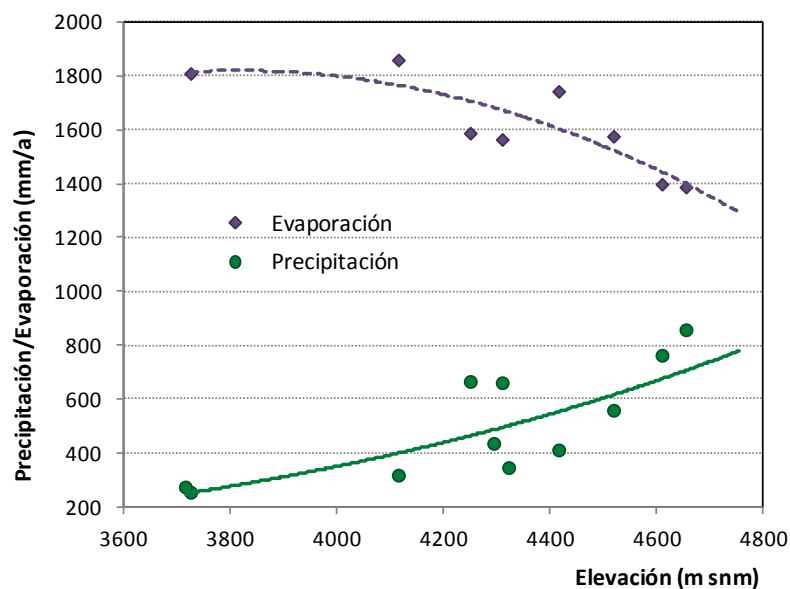
Los datos de evaporación provienen de las estaciones meteorológicas, ya que estas estaciones cuentan con el equipamiento para realizar las mediciones. Se encontraron 8 estaciones que cuentan con registro de evaporación; en la Tabla 4 se muestran sus coordenadas de ubicación, elevación, promedio anual y el periodo de registro.

**Tabla 4: Inventario de Estaciones con registros de Evaporación**

Estación Meteorológica		Ubicación		Evaporación		
Nombre	Cuenca	Lat. (S)	Long (W)	Elevación	Anual	Periodo
		(gms)	(gms)	(msnm)	(mm)	
Condorama	Colca	152300	711600	4250	1588	1993-2012
El Pañe	Colca	152518	710405	4610	1398	1970-2013
Bamputañe	Colca	152527	710059	4655	1379	2011-2013
Imata	Chili	155500	710500	4519	1576	1980-2013
El Frayle	Chili	160906	711119	4115	1884	1975-2013
Aguada Blanca	Chili	161500	712000	3725	1810	1975-2013
Pillones	Chili	155017	711048	4416	1740	2007-2013
Chalhuanca	Chili	154758	712002	4310	1573	2011-2013

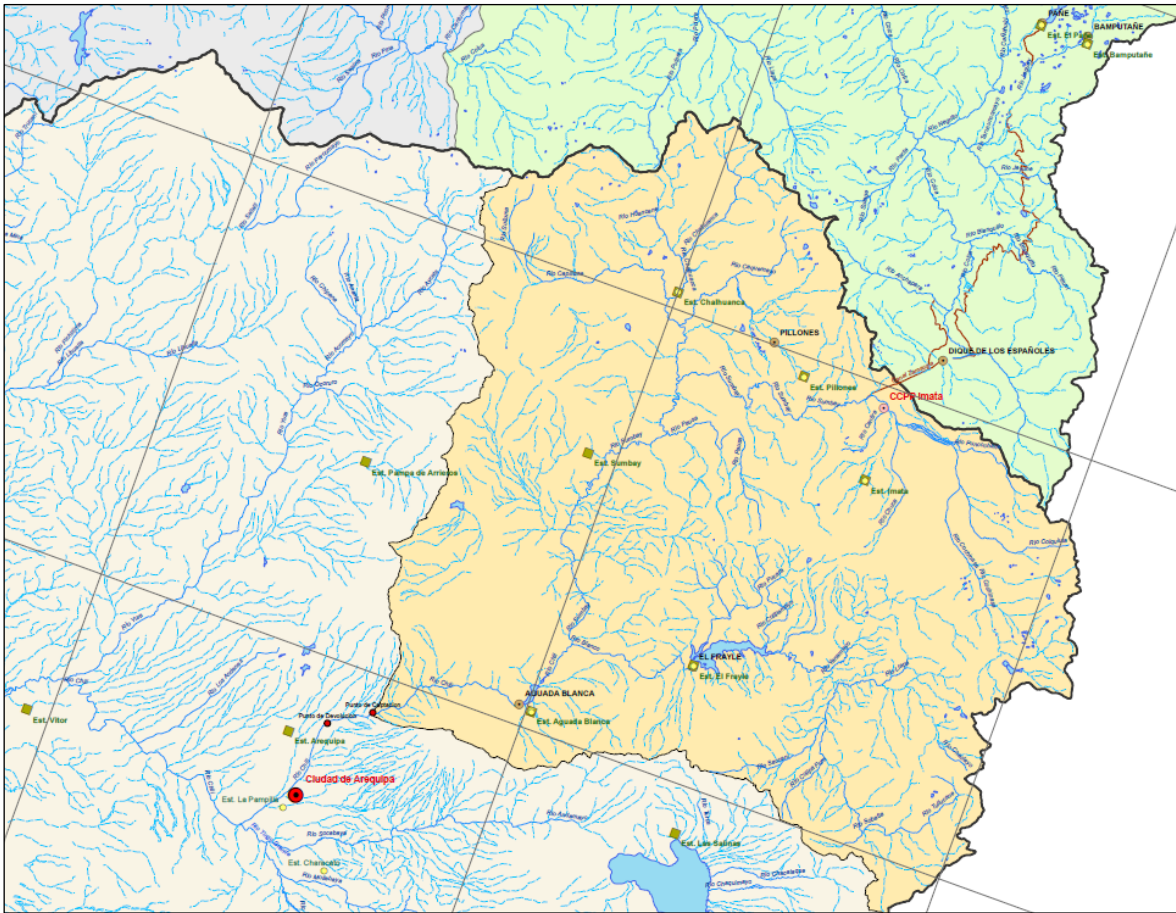
Se puede observar en la Figura 7, el comportamiento de la precipitación y la evaporación respecto a la variación por altura en la cual se puede apreciar que la precipitación aumenta desde las alturas de la cuenca baja hasta más de 800 mm anual en la cuenca alta del río Colca.

**Figura 7: Variación de la Precipitación y Evaporación con Altura**



En la Figura 8 y al igual que en el Anexo 9, se visualizan la ubicación de las estaciones pluviométricas y meteorológicas utilizadas.

**Figura 8: Ubicación de las estaciones pluviométricas y meteorológicas**



### 3.3.2. Caudales e Hidrometría

La definición de la hidrometría, es la parte de la hidráulica que tiene por objeto medir el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo a través de una sección transversal de un río, un canal o por una tubería (Programa Sub Sectorial de Irrigaciones, 2013).

La fuente de información es a través de los datos históricos registrado de la operación de obras de los embalses y/o captaciones ubicadas en la zona del estudio. En la Tabla 5 y Tabla 6, muestran coordenadas de ubicación, elevación, área de cuenca y los promedios anuales.



**Tabla 5: Inventario de registro de caudal histórico en las obras existentes**

Obra de Intervención		Ubicación		Elev.	Área	Caudal promedio		
Nombre	Rio	Lat. (S)	Lon (W)			[m <sup>3</sup> /s]	[Mm <sup>3</sup> /a]	[l/s- km <sup>2</sup> ]
		[gms]	[gms]	[msnm]	[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[Mm <sup>3</sup> /a]	[l/s- km <sup>2</sup> ]
Pañe Embalse	Negrillo	15251 8S	710405W	4610	198	2.44	76.90	12.30
Bamputañe Toma-Canal	Bamputañe	152810S	710347W	4545	318	2.74	86.40	8.40
Bamputañe Embalse	Bamputañe	152527S	710059W	4655	84	1.31	41.30	15.60
Blanquillo Toma-Canal	Blanquillo	153340S	710201W	4473	86	0.42	13.20	4.90
Jancolacaya Estación	Colca	154534S	710109W	4448	140	2.53	79.80	18.10
Antasalla Toma	Antasalla	154715S	710337W	4447	53	0.27	8.50	5.10
Dique los Españoles	Colca	154600S	710200W	4410	279	0.83	26.20	2.90
Canal Zamácola	Pañe-Sumbay	154900S	710600W	4550	0	3.47	-	-
Sumbay (Rio + Canal Zamacola)	Sumbay	155020S	710643W	4445	555	6.06	191.10	10.90
El Frayle Embalse	Blanco	160906S	711119W	4115	1048	2.99	94.30	2.90
Pillones Embalse	Pillones	155017S	711048W	4416	50	1.43	45.10	28.60
Chalhuanca Embalse	Chalhuanca	154758S	712002W	4310	287	1.29	40.70	4.50
Aguada Blanca	Chili	161500S	712000W	3725	3880	13.55	427.30	3.50

**Tabla 6: Inventario de los Registros de Caudal Natural en los Puntos de Control**

No.	Punto de Control		Ubicación		Elev.	Área	Caudal promedio		
	Nombre	Rio	Lat. (S)	Lon (W)			[m <sup>3</sup> /s]	[Mm <sup>3</sup> /a]	[l/s- km <sup>2</sup> ]
[-]	Nombre	Rio	[gms]	[gms]	[msnm]	[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[Mm <sup>3</sup> /a]	[l/s- km <sup>2</sup> ]
2001	Pañe Embalse	Negrillo	152518S	710405W	4610	198	2.62	82.60	13.20
2002	Bamputañe Presa y Toma	Bamputañe	152810S	710347W	4655	120	1.40	44.20	11.70
2002	Bamputañe Toma A	Bamputañe	152810S	710347W	4655	36	0.36	11.40	10.04
2002B	Bamputañe Presa	Bamputañe	152527S	710059W	4655	84	1.04	32.80	12.40
2003	Blanquillo Toma	Blanquillo	153340S	710201W	4473	86	0.98	30.90	11.40
2004	Dique los Españoles	Colca	154600S	710200W	4410	279	1.35	42.60	4.84
2005	Antasalla Toma	Antasalla	154715S	710337W	4447	53	0.38	12.00	7.20
2006	Chinchera	Chili	161449S	712045W	3754	1940	3.80	119.80	2.00
2007	El Frayle Embalse	Blanco	160906S	711119W	4115	1048	3.34	105.30	3.20
2008	Pillones Embalse	Pillones	155017S	711048W	4416	50	0.36	11.40	7.20
2009	Sumbay Rio	Sumbay	155020S	710643W	4445	555	1.91	60.20	3.40
2010	Chalhuanca Embalse	Chalhuanca	154758S	712002W	4310	287	0.54	17.00	1.90
	Aguada Blanca total	Chili	161500S	712000W	3725	3880	13.62	429.50	3.50

En la Tabla 6 se presentan datos de los 10 Puntos de Control del sistema Chili según COES, incluyendo la subdivisión de la cuenca correspondiente al punto QN-2002 en las cuencas QN-2002A (Inter-cuenca entre Presa Bamputañe y Toma Bamputañe) y QN-2002B (Cuenca de la presa Bamputañe). En la siguiente sección se describe el procedimiento de los cálculos de caudales naturalizados en estos puntos de control.

### 3.4. Análisis y cálculo de los caudales naturalizados en los puntos de control

De la información recopilados anteriormente como información básica, se procedió a realizar el cálculo de la serie de caudales naturales para los embalses que existen en la cuenca y de la serie para el punto de captación del proyecto.

#### 3.4.1. Naturalización de Caudales en Embalses

A partir de la información de operación de los embalses ha sido posible reconstruir las descargas naturales de los embalses Pañe, Dique Los Españoles, El Frayle, Pillones y Aguada Blanca. En los embalses mencionados podemos utilizar la ecuación 3, como se muestra a continuación:

$$Q_n = Q_{st} \pm \frac{\Delta V}{\Delta t} + \left[ \frac{(CE-P)A}{\Delta t} \right] \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Qn:	Caudal naturalizado (sin el efecto del embalse)	[m3/s]
Qst:	Caudales regulados (caudales en compuertas y aliviadero)	[m3/s]
$\Delta V$ :	Variación de volúmenes almacenados	[hm3]
C:	Coeficiente de tanque evaporímetro [-]	
E:	Evaporación total mensual	[mm]
P:	Precipitación sobre el espejo de agua	[mm]
A:	Área del espejo de agua	[m2]
$\Delta t$ :	Tiempo considerado	[s]

A continuación, se muestra a modo de ejemplo el cálculo de caudal naturalizado del embalse Pañe correspondiente al mes de abril 2000.

$$Q_{st}: 4.7 \quad [m3/s]$$

$\Delta V$ : 4.4 [hm<sup>3</sup>] (Volumen desde el nivel 4535.88 - 4535.53)  
 C: 0.96  
 E: 113.3 [mm]  
 P: 14.6 [mm]  
 A: 1,375,000.0 [m<sup>2</sup>]  
 $\Delta t$ : 2,595,000.0 [s] (Total de segundos en un mes)

Realizando los cálculos de acuerdo a las variables indicadas en la ecuación a mención para obtener el caudal naturalizado, resulta en 3.56 m<sup>3</sup>/s.

Asimismo, la evaporación medida en tanque ha sido corrigió con un factor de tanque de 0.80 para el embalse Aguada Blanca; sin embargo, para El Frayle, Pillones, Dique Los Españoles y Pañe por efecto de congelamiento se usó  $1.2 \times 0.8 = 0.96$ . Este factor 1.2 proviene de la investigación de INADE en evaporímetros ubicados a gran altitud. (Project International Development (PID), 2015).

En el caso del embalse Dique Los Españoles, el volumen almacenado fue calculado con los aportes del canal Antasalla, canal Pañe - Jancolacaya y río Alto Colca.

### 3.4.2. Naturalización de Caudales en los Ríos

En el caso particular del embalse Aguada Blanca, los caudales naturalizados fueron descontados los caudales descargados de los embalses El Frayle, Pillones a Sumbay y aporte neto del río Sumbay, obteniendo de esta manera los caudales naturales netos del embalse Aguada Blanca (lo que se denomina estación Chinchera), de acuerdo a la expresión siguiente:

$$Q_{Chinchera} = Q_{n.AguadaBlanca} - Q_{descargadoElFrayle} - Q_{Pillones\_a\_Sumbay} - Q_{Aporte\_neto\_Sumbay}$$

En la situación del río Bamputañe, se han controlado tanto lo que conduce el canal (estación Bamputañe) y las descargas vertidas en la bocatoma Bamputañe por lo que se procedió a naturalizar de la forma siguiente:

$$Q_{n.Bamp} = Q_{h.Bamp} + Q_{V.Bampu} - Q_{reg.Pañe}$$

Siendo:

$Q_{n.Bamp}$ :	Caudal natural en Bamputañe	[m <sup>3</sup> /s]
$Q_{h.Bamp}$ :	Caudal histórico en la estación Bamputañe	[m <sup>3</sup> /s]
$Q_{v.Bamp}$ :	Caudal vertido en la bocatoma Bamputañe	[m <sup>3</sup> /s]
$Q_{reg.Pañe}$ :	Caudal descargado neto en Bamputañe por embalse Pañe	[m <sup>3</sup> /s]

Para el cálculo de los aportes en el río Blanquillo, se determinó tanto el caudal conducido en el canal como los caudales vertidos en la bocatoma Blanquillo. Por lo tanto, los caudales naturalizados en la estación Blanquillo es la sumatoria de lo que viene por el canal y los caudales vertidos en la bocatoma Blanquillo (QN-2003).

En el caso de los aportes en el río Antasalla; mismo caso del río Blanquillo, se registró tanto los caudales captados en la bocatoma Antasalla y los caudales vertidos en ésta. Por lo tanto, los caudales naturalizados en la Bocatoma de Antasalla vendrían a ser la sumatoria de estos caudales.

Para estimar los aportes del río Colca se tuvo en cuenta los registros del canal Zamácola, estación Jancolacaya, así como la variación de niveles del embalse Dique Los Españoles y los caudales descargados y vertidos por este embalse. Para este caso, existen dos condiciones a considerar, siendo la primera expresada por la siguiente condición:

$$Q_{c.Zamacola} > Q_{h.Jancolacaya} + Q_{desc.Dique}$$

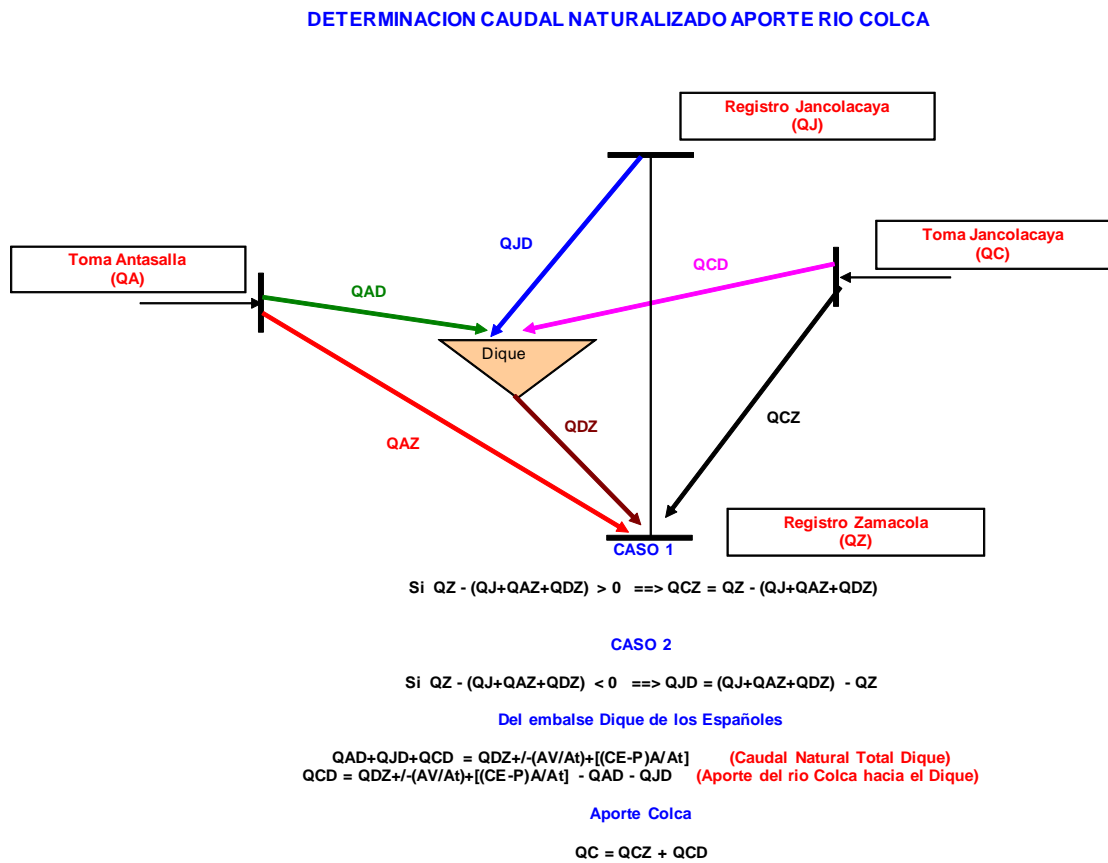
En este caso la diferencia sería el aporte del río Colca y Antasalla. La segunda condición está dada por:

$$Q_{c.Zamacola} < Q_{h.Jancolacaya} + Q_{desc.Dique}$$

En este caso la diferencia sería el aporte de Jancolacaya hacia el Dique Los Españoles. Al aporte del caudal de ingreso al embalse Dique Los Españoles hay que restarle la descarga de Jancolacaya al Dique (que proviene del canal Pañe - Jancolacaya), este vendría a ser el aporte del río Colca y Antasalla.

Para obtener los aportes totales del río Colca y Antasalla deben sumarse el aporte obtenido de la primera y segunda condición. Los caudales naturalizados del río Colca son los aportes totales del río Colca y Antasalla menos lo registrado en la bocatoma del río Antasalla. El esquema de cálculo de los respectivos caudales del río Colca y Dique Los Españoles se muestra en la Figura 9.

**Figura 9: Determinación Caudal Naturalizado Aporte río Colca**



### 3.4.3. Estimación de Caudales Naturales

El cálculo del caudal natural de las presas Bamputañe y Chalhuanca debido a que no se contó con información suficiente para la utilización del método de balance hídrico, se obtuvo mediante una relación de áreas de cuenca de los ríos intervenidos por las presas mencionadas, con las áreas de cuenca de los embalses involucrados.

Para el cálculo de las intercuencas entras las centrales hidroeléctrica se realizó, en base de las series históricas de los caudales de la cuenca del río Chili, que fueron obtenidos sumando

solo los Caudales naturales QN-2006 hasta QN-2010 (Cuenca del río Chili hasta el embalse Aguada Blanca); con ello se determinó los aportes de las demás intercuenas que existe entre cada una de las centrales hidroeléctricas; aplicando la ecuación de transferencia de caudales en base del área de cuenca y precipitación promedia; el mismo concepto de la estimación de escorrentía según Ordoñez Gálvez (2011).

$$QN - 201x = \frac{A_x}{A_{QN-2006-10}} \frac{P_x}{P_{QN-2006-10}} * \sum_{i=06}^{10} QN - 20i$$

Dónde:

$A_x$ :	Área de la Intercuenca QN-201x
$A_{QN-2006-10}$ :	Área de la Intercuenca QN-2010
$P_x$ :	Precipitación promedia de la Intercuenca QN-201x
$P_{QN-2006-10}$ :	Precipitación promedia de la Cuenca del rio Chili QN-2006 hasta 2010

En la Tabla 7, muestra el área de las intercuenas y la precipitación promedia anual de los puntos de captación de las centrales hidroeléctricas para estimar sus aportes aplicando la ecuación de transferencia.

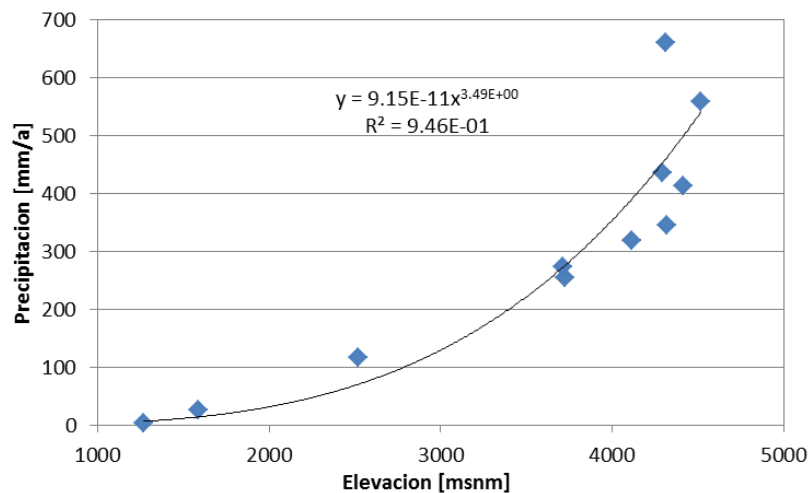
**Tabla 7: Área y precipitación de intercuenas**

Cuenca [-]	Área de Cuenca [km <sup>2</sup> ]	Precipitación promedia [mm/a]
QN 2006-2010	3,880.00	511.23
QN-2011	228.19	609.20
QN-2012	0.28	145.76
QN-2013	1.72	249.53
QN-2014	13.09	282.14
QN-2015	8.01	317.86
QN-2016	4.52	148.24
QN-2017	28.91	318.83
QN-2018	1.76	102.87

Las series históricas para el cálculo de transferencia de caudales naturales en los puntos de control según se encuentran desde el Anexo 1 al Anexo 9.

Cabe indicar, que las precipitaciones promedio anuales de las intercuenas de las centrales en cascada, se determinaron en base de la elevación promedio de ellas, aplicando la ecuación de regresión de precipitación vs elevación media de la Cuenca del río Chili; esto fue determinado con información de las estaciones pluviométricas, con los datos de precipitación anual y elevación de ellas mismas; el resultado se aprecia en la Figura 10.

**Figura 10: Ecuación de Regresión de precipitación & elevación de la Cuenca del río Chili**



### 3.5. Identificación del uso y demandas hídricas

#### 3.5.1. Consumo Actual de Agua

En la zona del proyecto, se identificó la existencia demanda agrícola de  $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$  que es conducido por el Canal Zamacola – La Campiña. Dicha demanda será reestablecida durante la operación del Proyecto, mediante la implementación de una estación de bombeo ubicada en la margen derecha del río Chili (incorporación de una presa de regulación) que abastecerá el canal principal de irrigación con aguas que han sido turbinada y descargadas desde la central Charcani VII; por lo tanto, esta demanda no forma parte sobre el recurso del río Chili desde el punto de captación.

Adicionalmente, se identificó la demanda de uso de agua potable por SEDAPAR de  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo cual ha sido considerado dentro del Balance Hídrico.

### **3.5.2. Caudal Ecológico**

La demanda del caudal ecológico no se ha considerado para el escenario con Proyecto, dado que el planteamiento por la operación se realizará mediante la captación de las aguas turbinadas de la CH Charcani VI; en otras palabras, no se hará uso directo de los recursos del río Chili entre los puntos de captación y devolución del Proyecto.

### **3.5.3. Demanda Futura de la CH Charcani VII**

La demanda estimada de acuerdo al planteamiento; de captar el agua turbinada por CH Charcani VI; corresponde de forma similar a la generación de energética de CH Charcani VI. Dicha demanda es igual a 15 m<sup>3</sup>/s; es decir, el caudal descargado por CH Charcani VI, será captados directamente por obras de empalme para la conducción de la CH Charcani VII.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de Caudales naturalizados

Aplicando la metodológica de balance hídrico para naturalización de caudales, ya que se desea identificar los aportes, descargas y pérdidas en las obras de intervención del sistema regulado Chili que comprenden los 7 embalses y 4 captaciones sobre los ríos identificados según la Tabla 6 mostrada. Se realizó el análisis respectivo de los registros sobre los periodos históricos de los caudales de descarga.

#### 4.1.1. Caudal Naturalizado Cuenca Alto Colca

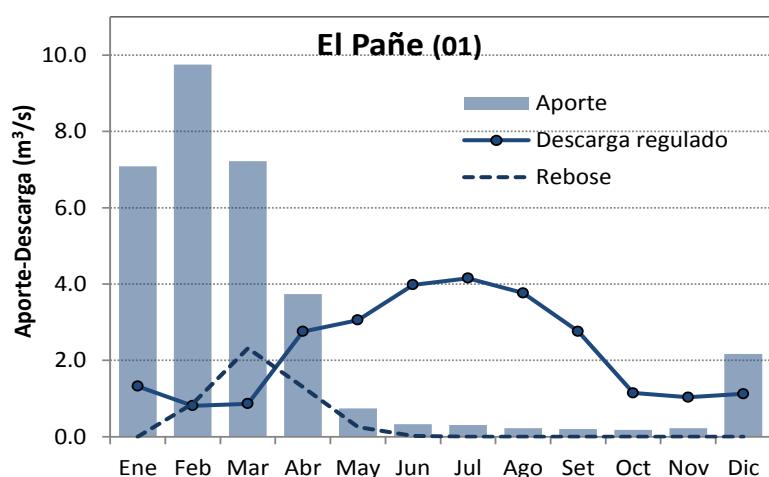
En Tabla 8 se muestran el resumen de caudales naturalizados de los embalses de El Pañe, Bamputañe, Dique los españoles y las Captaciones de Bamputañe, Blanquillo y Antasalla, en el periodo 2001 – 2013.

**Tabla 8: Caudales mensuales naturalizados – Cuenca Alto Colca**

Mes	Embalse			Bocatoma		
	El Pañe	Bamputañe	Dique los Españoles	Bamputañe	Blanquillo	Antasalla
Ene	7.085	2.816	1.618	4.434	1.126	0.603
Feb	9.756	4.172	2.660	6.831	2.324	1.283
Mar	7.225	2.543	1.770	4.313	2.062	0.927
Abr	3.736	0.966	0.625	1.591	1.122	0.510
May	0.743	0.072	0.408	0.480	0.305	0.121
Jun	0.331	0.026	0.233	0.260	0.245	0.071
Jul	0.305	0.032	0.207	0.238	0.106	0.055
Ago	0.224	0.030	0.297	0.326	0.088	0.060
Set	0.200	0.330	0.727	1.058	0.090	0.046
Oct	0.180	0.696	1.041	1.737	0.087	0.040
Nov	0.226	1.205	1.074	2.279	0.116	0.032
Dic	2.171	1.210	1.154	2.364	0.227	0.126

En la Figura 11 y Tabla 9, se muestra el balance promedio mensual del embalse el Pañe. La eficiencia de este embalse es de 85.1%, siendo la diferencia de 14.9% por rebose en la temporada de lluvias. Existe un 0.3% por pérdidas de evaporación del embalse.

**Figura 11: Balance promedio mensual (2001-2013) Embalse El Pañe**



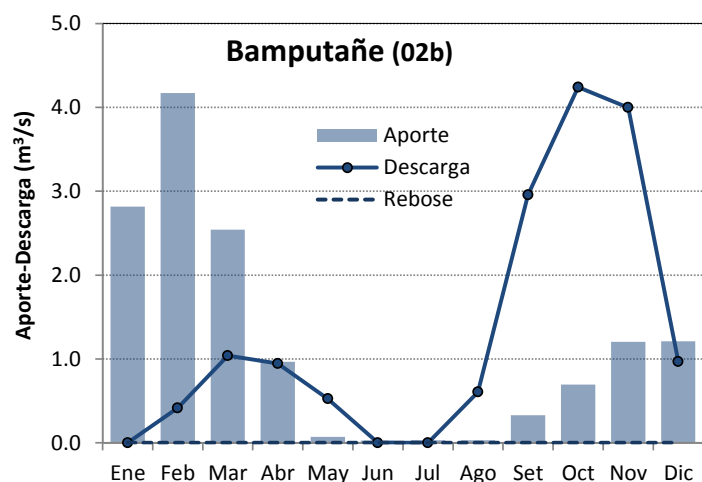
**Tabla 9: Balance promedio mensual (2001-2013) Embalse El Pañe**

Mes	Aporte Qnat	Descarga regulado	Rebose	Aporte - Descarga
Enero	7.085	1.320	0.000	5.765
Febrero	9.756	0.811	0.870	8.945
Marzo	7.225	0.864	2.318	6.360
Abril	3.736	2.756	1.302	0.980
Mayo	0.743	3.057	0.252	-2.314
Junio	0.331	3.979	0.024	-3.648
Julio	0.305	4.151	0.001	-3.847
Agosto	0.224	3.768	0.000	-3.544
Setiembre	0.200	2.760	0.000	-2.560
Octubre	0.180	1.144	0.000	-0.964
Noviembre	0.226	1.032	0.000	-0.805
Diciembre	2.171	1.122	0.000	1.049
<b>Promedio</b>	<b>2.641</b>	<b>2.238</b>	<b>0.394</b>	<b>0.403</b>
Rebose:	14.9%	Aporte	Pérdidas:	0.009
Eficiencia:	85.1%	Aporte		0.3%

En la Figura 12 y Tabla 10, se muestra el balance promedio mensual del embalse Bamputañe. La eficiencia de este embalse se estima en 100.0%, esto indica que tiene la capacidad suficiente de almacenar los recursos en la temporada de lluvia. Las pérdidas del -13.1% es un indicador que, al término de la temporada de sequía, entre octubre y noviembre el embalse se encuentra muy cerca de vacío.

**Figura 12: Balance promedio mensual (2010-2013)**

**Embalse Bامputañe**



**Tabla 10: Balance promedio mensual (2010-2013)**

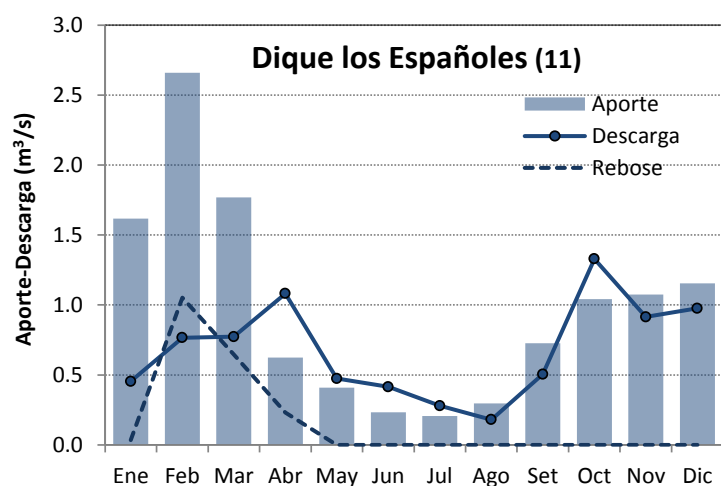
**Embalse Bامputañe**

Mes	Aporte Qnat	Descarga regulado	Rebose	Aporte -Descarga
Enero	2.816	0.000	0.000	2.816
Febrero	4.172	0.415	0.000	3.757
Marzo	2.543	1.039	0.000	1.504
Abril	0.966	0.945	0.000	0.021
Mayo	0.072	0.524	0.000	-0.452
Junio	0.026	0.000	0.000	0.026
Julio	0.032	0.000	0.000	0.032
Agosto	0.030	0.606	0.000	-0.576
Setiembre	0.330	2.957	0.000	-2.627
Octubre	0.696	4.241	0.000	-3.544
Noviembre	1.205	3.997	0.000	-2.793
Diciembre	1.210	0.968	0.000	0.242
<b>Promedio</b>	<b>1.156</b>	<b>1.308</b>	<b>0.000</b>	<b>-0.151</b>
Rebose:	0.0%	Aporte	Pérdidas:	-0.151
Eficiencia:	100.0%	Aporte		-13.1%

En la Figura 13 y Tabla 11, se muestra el balance promedio mensual del Dique los Españoles. La eficiencia es de 83.8%, siendo la diferencia de 16.2% por rebose en la temporada de lluvias. Existe un 14.3% por pérdidas de evaporación del embalse.

**Figura 13: Balance promedio mensual (2001-2013)**

**Dique los Españoles**



**Tabla 11: Balance promedio mensual (2001-2013)**

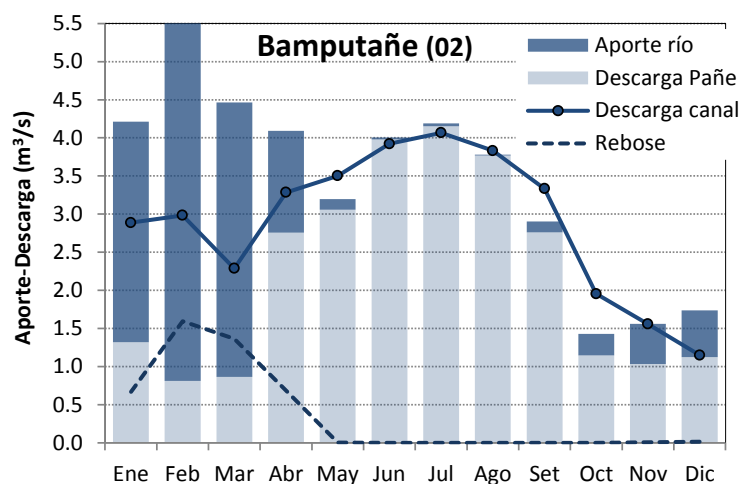
**Dique los Españoles**

Mes	Aporte Qnat	Descarga regulado	Rebose	Aporte -Descarga
Enero	1.618	0.453	0.034	1.165
Febrero	2.660	0.766	1.051	1.894
Marzo	1.770	0.774	0.648	0.996
Abril	0.625	1.082	0.230	-0.457
Mayo	0.408	0.474	0.000	-0.065
Junio	0.233	0.414	0.000	-0.181
Julio	0.207	0.280	0.000	-0.073
Agosto	0.297	0.180	0.000	0.116
Setiembre	0.727	0.504	0.000	0.223
Octubre	1.041	1.329	0.000	-0.288
Noviembre	1.074	0.914	0.000	0.160
Diciembre	1.154	0.976	0.000	0.178
<b>Promedio</b>	<b>0.974</b>	<b>0.678</b>	<b>0.157</b>	<b>0.297</b>
Rebose:	16.2%	Aporte	Pérdidas:	0.139
Eficiencia:	83.8%	Aporte		14.3%

En la Figura 14 y Tabla 12, se muestra el balance promedio mensual de la bocatoma Bamputañe. La eficiencia de captación es de 89.7%, siendo la diferencia de 110.3% por rebose en la temporada de lluvias. Existe un 6.1% por pérdidas, principalmente por infiltración.

**Figura 14: Balance promedio mensual (2001-2013)**

**Bocatoma Bamputañe**



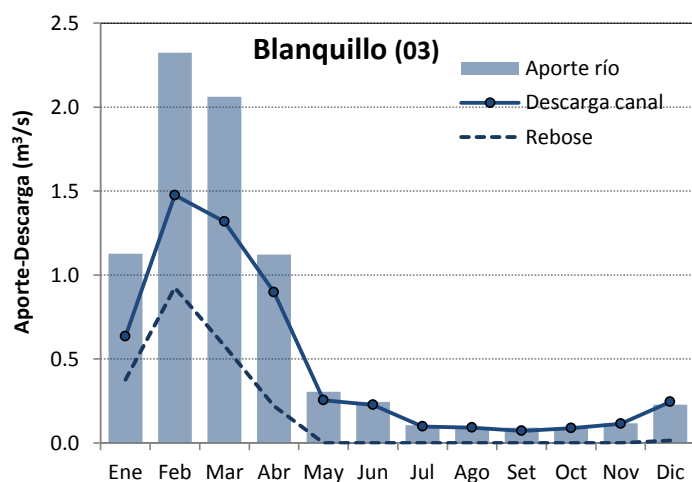
**Tabla 12: Balance promedio mensual (2001-2013) Bocatoma Bamputañe**

Mes	Pañe		Bamputañe			Aporte
	Descarga	Aporte Qnat	Σ Aporte	Descarga	Rebose	- Descarga
Enero	1.320	2.892	4.212	2.887	0.669	1.325
Febrero	0.811	4.876	5.687	2.983	1.595	2.705
Marzo	0.864	3.600	4.465	2.286	1.364	2.178
Abril	2.756	1.338	4.094	3.285	0.685	0.809
Mayo	3.057	0.140	3.197	3.503	0.000	-0.306
Junio	3.979	0.025	4.004	3.921	0.000	0.083
Julio	4.151	0.038	4.189	4.066	0.000	0.123
Agosto	3.768	0.013	3.781	3.831	0.000	-0.050
Setiembre	2.760	0.142	2.901	3.333	0.000	-0.432
Octubre	1.144	0.285	1.429	1.953	0.000	-0.524
Noviembre	1.032	0.528	1.560	1.557	0.007	0.003
Diciembre	1.122	0.614	1.736	1.149	0.013	0.587
<b>Promedio</b>	<b>2.238</b>	<b>1.185</b>	<b>3.423</b>	<b>2.894</b>	<b>0.353</b>	<b>0.529</b>
		Rebose:	10.3% Aporte		Pérdidas:	0.176
		Capturado:	89.7% Aporte			6.1%

En la Figura 15 y Tabla 13 se muestra el balance promedio mensual de la bocatoma Blanquillo. La eficiencia de captación es de 73.5%, siendo la diferencia de 26.5% por rebose en la temporada de lluvias. Existe un 5.2% por pérdidas, principalmente por infiltración.

**Figura 15: Balance promedio mensual (2001-2013)**

**Bocatoma Blanquillo**



**Tabla 13: Balance promedio mensual (2001-2013)**

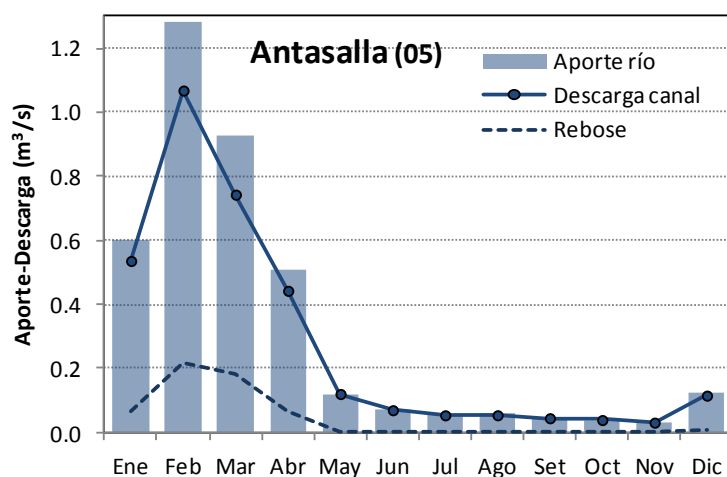
**Bocatoma Blanquillo**

Mes	Aporte Qnat	Descarga derivado	Rebose	Aporte -Descarga
Enero	1.126	0.635	0.377	0.492
Febrero	2.324	1.475	0.925	0.849
Marzo	2.062	1.318	0.579	0.744
Abril	1.122	0.898	0.220	0.224
Mayo	0.305	0.255	0.000	0.051
Junio	0.245	0.227	0.000	0.018
Julio	0.106	0.098	0.000	0.008
Agosto	0.088	0.091	0.000	-0.003
Setiembre	0.090	0.072	0.000	0.018
Octubre	0.087	0.088	0.000	0.000
Noviembre	0.116	0.114	0.000	0.002
Diciembre	0.227	0.245	0.015	-0.017
<b>Promedio</b>	<b>0.647</b>	<b>0.453</b>	<b>0.171</b>	<b>0.195</b>
Rebose:	26.5%	Aporte	Pérdidas:	0.023
Capturado:	73.5%	Aporte		5.2%

En la Figura 16 y Tabla 14, se muestra el balance promedio mensual de la bocatoma Antasalla. La eficiencia de captación es de 86.0%, siendo la diferencia de 14.0% por rebose en la temporada de lluvias.

**Figura 16: Balance promedio mensual (2002-2013)**

**Bocatoma Antasalla**



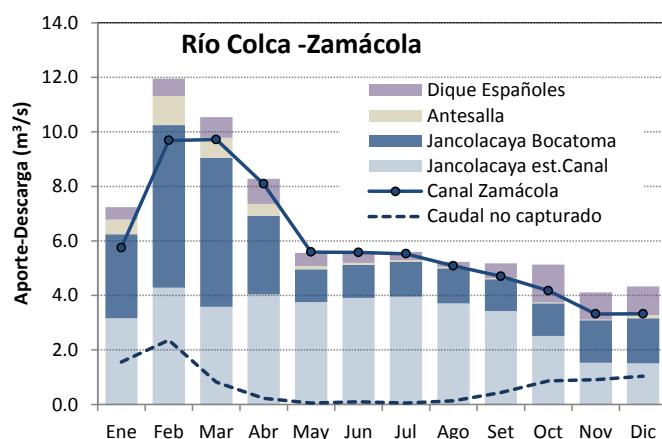
**Tabla 14: Balance promedio mensual (2002-2013)**

**Bocatoma Antasalla**

Mes	Aporte Qnat	Descarga derivado	Rebose	Aporte -Descarga
Enero	0.603	0.537	0.067	0.067
Febrero	1.283	1.068	0.215	0.215
Marzo	0.927	0.743	0.183	0.183
Abril	0.510	0.443	0.066	0.066
Mayo	0.121	0.121	0.000	0.000
Junio	0.071	0.071	0.000	0.000
Julio	0.055	0.055	0.000	0.000
Agosto	0.060	0.055	0.005	0.005
Setiembre	0.046	0.046	0.000	0.000
Octubre	0.040	0.040	0.000	0.000
Noviembre	0.032	0.032	0.000	0.000
Diciembre	0.126	0.116	0.010	0.010
<b>Promedio</b>	<b>0.317</b>	<b>0.272</b>	<b>0.044</b>	<b>0.044</b>
Rebose:	14.0%	Aporte	Pérdidas:	0.000
Capturado:	86.0%	Aporte		0.0%

Se muestra en la Figura 17 y Tabla 15 el balance promedio mensual del canal Zamacola. Realizando la sumatoria de los derivados de la captación, Jancolacaya, Antasalla y del Dique los españoles hacia el canal de derivación de Canal Zamacola; de ello se obtuvo un resultado de 10.7% entre pérdidas y/o caudales no capturados.

**Figura 17: Balance promedio mensual (2001-2013)–Río Colca – Canal Zamácola**



**Tabla 15. Balance promedio mensual (2001-2013) Estación/Bocatoma Jancolacaya – Río Colca – Canal Zamácola**

Mes	Jancolacaya		Antasalla	Dique Esp	Río Colca	Zamácola	Σ derivado
	Est. canal	Bocatoma	derivado	descarga	Σ derivado	canal	-Zamácola
Enero	3.166	3.082	0.537	0.453	7.309	5.749	1.560
Febrero	4.282	5.967	1.068	0.638	12.040	9.685	2.356
Marzo	3.581	5.461	0.743	0.756	10.538	9.715	0.822
Abril	4.042	2.873	0.443	0.924	8.311	8.088	0.223
Mayo	3.755	1.201	0.121	0.482	5.643	5.590	0.053
Junio	3.914	1.212	0.071	0.417	5.676	5.578	0.098
Julio	3.956	1.289	0.055	0.297	5.576	5.526	0.050
Agosto	3.705	1.289	0.055	0.187	5.223	5.086	0.137
Setiembre	3.427	1.170	0.046	0.533	5.136	4.703	0.433
Octubre	2.518	1.190	0.040	1.389	5.035	4.170	0.864
Noviembre	1.532	1.554	0.032	0.990	4.227	3.321	0.906
Diciembre	1.511	1.653	0.116	1.047	4.362	3.324	1.038
<b>Promedio</b>	<b>3.275</b>	<b>2.305</b>	<b>0.272</b>	<b>0.676</b>	<b>6.553</b>	<b>5.851</b>	<b>0.702</b>
Caudal no capturado/ perdidas:							10.7%



#### 4.1.2. Caudal Naturalizado Cuenca Río Chili

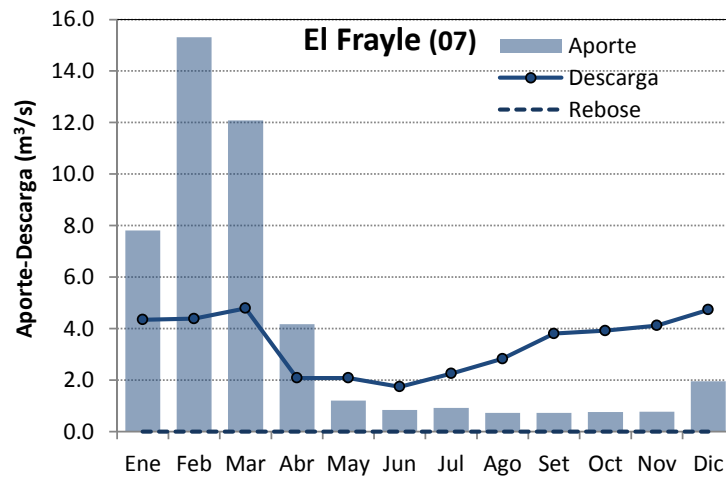
La cuenca del río Chili está conformado por los embalses de Pillones, Chalhuanca, el Frayle y Aguada Blanca; siendo este último el embalse que hace la regulación final del río Chili.

**Tabla 16: Caudales naturalizados – Embalses de la Cuenca río Chili**

Mes	Pillones	Chalhuanca	Frayle	Aguada Blanca
Ene	0.850	3.787	7.811	16.986
Feb	0.896	7.801	15.312	35.457
Mar	1.245	3.479	12.079	29.684
Abr	0.336	1.888	4.168	19.283
May	0.100	0.844	1.200	10.732
Jun	0.091	0.703	0.835	11.045
Jul	0.130	0.695	0.919	11.447
Ago	0.177	0.556	0.722	11.067
Set	0.210	0.343	0.730	11.254
Oct	0.164	0.262	0.756	11.938
Nov	0.220	0.255	0.771	11.514
Dic	0.619	1.037	1.951	12.130

En la Figura 18 y Tabla 17, se muestra el balance promedio mensual del embalse El Frayle. La eficiencia es del 100%; se puede señalar que el embalse tiene capacidad suficiente de almacenamiento de los caudales en tiempo de lluvia. Existe un 11.6% por pérdidas de evaporación del embalse.

**Figura 18: Balance promedio mensual (2001-2013)  
Embalse El Frayle**



**Tabla 17: Balance promedio mensual (2001-2013)**

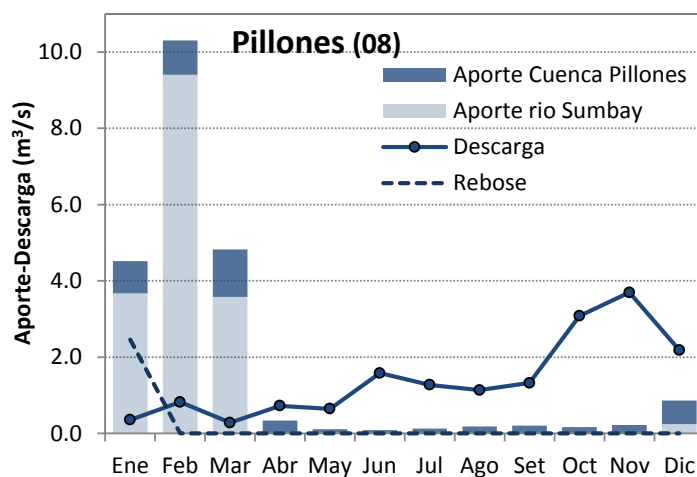
**Embalse El Frayle**

Mes	Aporte Qnat	Descarga regulado	Rebose	Aporte -Descarga
Enero	7.811	4.343	0.000	3.468
Febrero	15.312	4.385	0.000	10.927
Marzo	12.079	4.787	0.000	7.291
Abril	4.168	2.081	0.000	2.087
Mayo	1.200	2.083	0.000	-0.882
Junio	0.835	1.741	0.000	-0.906
Julio	0.919	2.253	0.000	-1.334
Agosto	0.722	2.827	0.000	-2.105
Setiembre	0.730	3.807	0.000	-3.077
Octubre	0.756	3.921	0.000	-3.164
Noviembre	0.771	4.120	0.000	-3.349
Diciembre	1.951	4.731	0.000	-2.780
<b>Promedio</b>	<b>3.870</b>	<b>3.421</b>	<b>0.000</b>	<b>0.449</b>
Rebose:	0.0%	Aporte	Pérdidas:	0.449
Eficiencia:	100.0%	Aporte		11.6%

En la Figura 19 y Tabla 18, se muestra el balance promedio mensual del embalse Pillones. El aporte de este embalse proviene de la misma cuenca y del aporte del río Sumbay; la eficiencia es del 88.3% y por rebose de 11.7%. Existe un 8.1% por perdidas de evaporación del embalse.

**Figura 19: Balance promedio mensual (2008-2013)**

**Embalse Pillones**

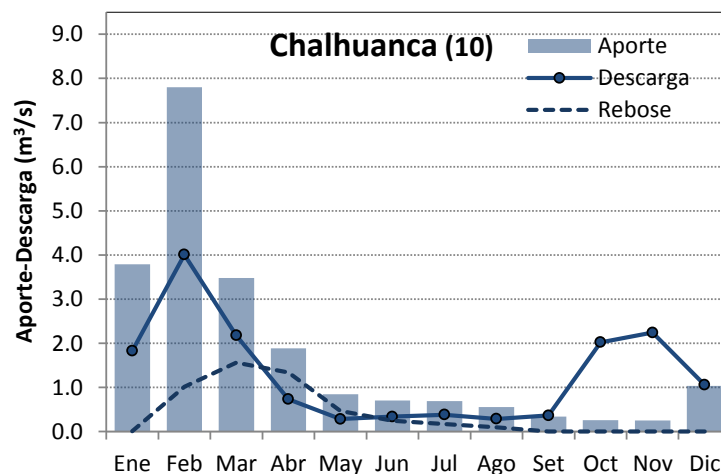


**Tabla 18. Balance promedio mensual (2008-2013) Embalse Pillones**

Mes	Aporte		$\Sigma$ Aporte	Descarga regulado	Rebose	Aporte -Descarga
	Sumbay*	Qnat				
Enero	3.673	0.850	4.522	0.358	2.458	4.164
Febrero	9.407	0.896	10.303	0.821	0.000	9.482
Marzo	3.583	1.245	4.828	0.284	0.000	4.544
Abril	0.000	0.336	0.336	0.724	0.000	-0.388
Mayo	0.015	0.100	0.115	0.646	0.000	-0.531
Junio	0.000	0.091	0.091	1.580	0.000	-1.489
Julio	0.000	0.130	0.130	1.272	0.000	-1.142
Agosto	0.010	0.177	0.186	1.135	0.000	-0.949
Setiembre	0.000	0.210	0.210	1.324	0.000	-1.114
Octubre	0.000	0.164	0.164	3.080	0.000	-2.916
Noviembre	0.000	0.220	0.220	3.697	0.000	-3.477
Diciembre	0.243	0.619	0.862	2.184	0.000	-1.322
<b>Promedio</b>	<b>1.361</b>	<b>0.418</b>	<b>1.779</b>	<b>1.426</b>	<b>0.209</b>	<b>0.353</b>
* derivado del rio Sumbay		Rebose:	11.7%	Aporte	Pérdidas:	0.144
		Eficiencia:	88.3%	Aporte	`	8.1%

En la Figura 20 y Tabla 19, se muestra el balance promedio mensual del embalse Chalhuanca, cuya eficiencia de almacenamiento del 77.1% y por rebose de 22.9%; además, existe perdidas por evaporación de 3.9%.

**Figura 20: Balance promedio mensual (2011-2013) Embalse Chalhuanca**



**Tabla 19: Balance promedio mensual (2011-2013)**

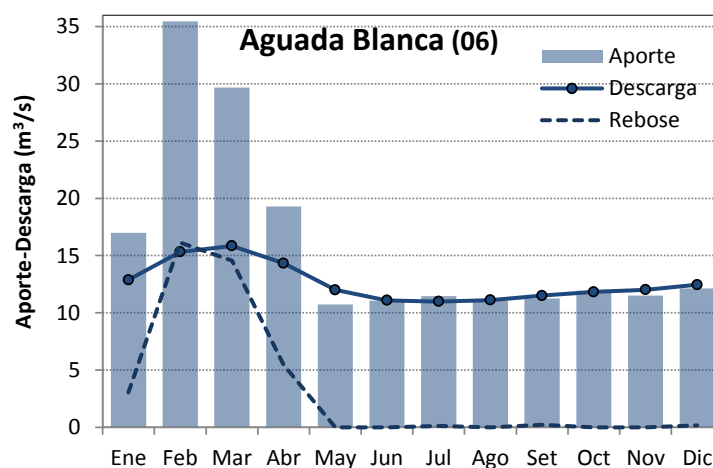
**Embalse Chalhuanca**

Mes	Aporte Qnat	Descarga regulado	Rebose	Aporte -Descarga
Enero	3.787	1.828	0.011	1.960
Febrero	7.801	4.008	1.017	3.793
Marzo	3.479	2.178	1.561	1.302
Abril	1.888	0.733	1.338	1.156
Mayo	0.844	0.284	0.469	0.560
Junio	0.703	0.340	0.245	0.364
Julio	0.695	0.382	0.171	0.313
Agosto	0.556	0.288	0.097	0.268
Setiembre	0.343	0.365	0.000	-0.022
Octubre	0.262	2.022	0.000	-1.760
Noviembre	0.255	2.241	0.000	-1.987
Diciembre	1.037	1.057	0.000	-0.021
<b>Promedio</b>	<b>1.766</b>	<b>1.293</b>	<b>0.404</b>	<b>0.473</b>
Rebose:	22.9%	Aporte	Pérdidas:	0.069
Eficiencia:	77.1%	Aporte		3.9%

En la Figura 21 y Tabla 22, se muestra el balance promedio mensual del embalse Aguada Blanca, cuya eficiencia de almacenamiento es de 79.7% y por rebose de 20.3%; además, existe perdidas por evaporación de 0.6%.

**Figura 21: Balance promedio mensual (2001-2013)**

**Embalse Aguada Blanca**



**Tabla 20: Balance promedio mensual (2001-2013)****Embalse Aguada Blanca**

Mes	Aporte Qnat	Descarga regulado	Rebose	Aporte -Descarga
Enero	16.986	12.879	3.044	4.106
Febrero	35.457	15.322	16.142	20.135
Marzo	29.684	15.842	14.549	13.843
Abril	19.283	14.325	5.445	4.958
Mayo	10.732	12.000	0.000	-1.267
Junio	11.045	11.083	0.006	-0.038
Julio	11.447	10.982	0.108	0.466
Agosto	11.067	11.111	0.000	-0.044
Setiembre	11.254	11.495	0.232	-0.241
Octubre	11.938	11.819	0.003	0.119
Noviembre	11.514	12.017	0.000	-0.502
Diciembre	12.130	12.453	0.173	-0.323
<b>Promedio</b>	<b>15.916</b>	<b>12.592</b>	<b>3.224</b>	<b>3.323</b>
Rebose:	20.3%	Aporte	Pérdidas:	0.100
Eficiencia:	79.7%	Aporte		0.6%

En cada embalse presenta un índice de eficiencia determinado por el aporte de caudales naturales y la descarga de caudal regulados; las pérdidas principales son ocasionado por la evaporación. En el caso de las captaciones se presentan un índice de captación y la pérdida que se realiza principalmente por infiltración y rebose. En la Tabla 21, se presenta el resumen del porcentaje de pérdida por infiltración o evaporación (dependiendo del caso de embalse o captación), rebose y eficiencia de cada punto de control.

**Tabla 21: Resumen de pérdida, eficiencia de puntos de control**

N°	Punto Control	Pérdida	Rebose	Eficiencia
2001	Pañe Embalse	0.3%	14.9%	85.1%
2002A	Bamputañe Toma	6.1%	10.3%	89.7%
2002B	Bamputañe Presa	-13.1%	0.0%	100.0%
2003	Blanquillo Toma	5.2%	26.5%	73.5%
2004	Dique los Españoles	14.3%	16.2%	83.8%
2005	Antasalla Toma	0.0%	14.0%	86.0%
2006	Chinchera			
2007	El Frayle Embalse	11.6%	0.0%	100.0%
2008	Pillones Embalse	8.1%	11.7%	88.3%
2009	Sumbay Rio			
2010	Chalhuanca Embalse	3.9%	22.9%	77.1%
	Aguada Blanca total	0.6%	20.3%	79.7%

De la tabla podemos indicar que los embalses de Dique de españoles y el Frayle tienen una pérdida de 14.3% y 11.6% por evaporación; los mayores porcentajes de rebose son: la bocatoma de Blanquillo con 26.5%, seguido del embalse Challhuanca con 22.9% y aguada blanca con 20.3%. Los embalses con mayor eficiencia son la Presa Bamputañe y El Frayle con el 100%, es decir pose un mayor capacidad de almacenamiento.

De los resultados, es inevitable evitar los eventos de evaporación o infiltración; sin embargo, es resaltante el porcentaje de pérdida por rebose tanto para los embalses como las captaciones, ya que no tienen la suficiente capacidad de almacenamiento, captación o conducción.

#### **4.2. Evaluación de disponibilidad hídrica**

Para realizar la evaluación de la disponibilidad hídrica, se procedió a realizar el balance hídrico en el punto de captación del proyecto Charcani VII, para evaluar en los escenarios sin y con proyecto.

Los recursos hídricos del río Chili abastecen como uso de agua potable y demanda agrícola a la Ciudad de Arequipa, lo cual se determinará la disponibilidad hídrica al 75% de persistencia en el escenario con proyecto.

##### **4.2.1. Balance hídrico con Caudales naturales**

Del resultado de los caudales naturalizados en los diversos puntos de control en la cuenca del río Chili, se determinó estos caudales naturales en el punto de captación del proyecto CH Charcani VII. El resultado de ello se visualiza en la Tabla 22.

**Tabla 22: Caudales naturales del río chili hasta captación de la CH Charcani VII**

Año	Caudales medio mensuales [m3/s]											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1965	7.64	6.26	8.96	3.91	5.23	6.32	4.54	3.56	3.56	3.95	6.25	4.89
1966	4.58	12.62	13.14	13.69	3.61	2.67	4.85	2.38	2.68	3.57	4.27	3.26
1967	3.83	27.80	45.85	6.88	3.79	3.10	4.37	4.21	3.32	3.89	3.42	3.78
1968	11.58	7.16	36.46	10.30	8.35	4.28	4.82	3.77	3.54	4.93	4.67	5.09
1969	7.51	30.32	14.00	7.80	5.62	5.74	6.42	5.99	6.77	7.90	5.20	7.57
1970	23.23	21.44	20.29	6.66	5.40	6.11	7.50	4.59	3.28	3.73	3.03	6.96
1971	2.53	28.64	23.32	5.77	5.05	8.04	4.77	3.11	3.22	2.66	2.45	7.19
1972	18.13	52.37	90.59	27.47	5.26	4.00	6.26	5.02	5.57	6.08	3.62	9.36
1973	58.84	76.94	46.54	21.12	20.20	4.17	7.52	15.67	12.52	12.90	6.07	10.67
1974	62.43	51.94	36.60	11.55	15.40	8.75	5.21	9.98	9.38	11.45	10.62	9.57
1975	14.82	56.82	36.85	12.82	6.51	9.16	7.43	8.41	4.97	4.12	3.86	10.64
1976	32.90	21.89	19.97	6.66	3.31	5.66	5.94	2.32	5.95	6.05	8.54	10.12
1977	6.48	35.83	47.33	6.64	3.89	5.73	5.32	2.95	3.30	2.90	5.76	8.98
1978	21.34	20.30	7.70	8.01	3.47	4.92	4.62	3.43	3.94	2.87	5.30	4.05
1979	6.19	7.33	17.66	3.02	4.24	5.09	5.60	4.13	3.23	4.45	3.96	4.47
1980	6.19	5.13	10.71	4.89	4.15	3.54	3.16	2.82	2.71	5.88	2.78	2.60
1981	9.18	55.49	26.15	14.01	3.97	4.19	5.32	6.10	5.29	4.14	3.52	7.95
1982	16.12	7.39	10.31	9.07	3.23	3.05	4.49	3.80	4.09	4.44	6.08	5.99
1983	4.02	2.88	4.63	4.68	3.56	3.95	3.85	3.60	3.54	3.69	3.62	4.38
1984	14.59	71.60	42.92	13.84	4.81	4.95	4.83	4.99	4.43	7.23	9.35	12.76
1985	9.69	53.95	36.15	34.63	8.02	7.74	5.08	3.91	4.20	4.54	4.88	12.07
1986	39.75	60.29	56.75	25.60	6.52	5.45	5.31	6.73	5.23	5.60	4.88	11.13
1987	51.93	15.90	6.72	14.65	6.06	4.20	4.99	6.09	5.11	3.65	2.66	3.97
1988	26.10	18.09	11.28	20.01	5.42	3.93	3.46	4.00	4.26	1.82	2.52	3.81
1989	8.63	19.82	15.50	21.69	4.19	4.40	4.10	4.05	2.71	3.16	2.59	3.22
1990	4.06	20.13	5.62	2.60	2.98	4.95	3.12	2.23	1.78	2.30	2.66	5.64
1991	15.08	19.31	27.89	5.00	2.40	2.87	6.49	2.66	2.67	3.23	2.82	3.28
1992	10.67	20.04	3.33	1.88	4.63	3.94	3.46	2.82	2.06	1.76	1.56	4.61
1993	23.80	21.16	19.46	8.05	2.41	5.09	7.41	7.95	8.87	6.14	4.17	6.98
1994	37.85	97.61	7.05	5.76	3.14	3.85	4.73	2.79	2.71	2.41	2.76	9.19
1995	3.50	20.51	21.05	2.79	2.33	2.97	5.65	2.00	1.88	1.70	8.65	3.57
1996	4.13	21.73	9.48	10.18	5.87	4.11	2.35	3.65	2.49	1.88	3.51	4.42
1997	11.63	62.16	28.97	5.62	9.32	2.31	3.68	2.65	2.16	2.91	3.89	3.92
1998	18.41	21.47	5.42	4.47	4.43	3.13	4.94	2.12	2.16	2.17	2.16	3.49
1999	9.29	76.46	50.07	31.94	26.55	7.66	3.64	4.84	2.29	4.36	2.51	7.30
2000	22.07	61.35	41.33	6.56	4.53	3.83	8.86	4.34	3.35	3.37	2.79	8.21
2001	27.28	84.65	91.22	32.73	8.27	6.66	5.85	5.13	4.44	5.34	3.99	3.49
2002	5.77	49.93	89.97	34.57	8.83	5.46	8.22	6.44	5.08	4.60	6.44	6.40
2003	9.14	11.36	13.55	13.07	4.44	4.00	4.43	3.72	3.51	3.43	3.23	5.27
2004	14.38	39.55	10.97	11.90	4.12	3.85	4.39	3.67	3.76	2.45	3.12	3.57
2005	4.85	31.29	10.44	6.82	3.08	3.10	3.29	3.01	3.88	3.00	2.57	4.39
2006	39.31	43.32	51.09	33.90	8.17	7.76	6.24	6.53	5.73	5.22	5.57	5.55
2007	21.08	17.92	40.18	14.93	4.77	3.41	3.23	3.49	3.74	3.43	3.19	2.79
2008	28.85	15.50	9.46	3.83	2.88	2.95	2.70	2.71	2.08	2.80	2.57	3.60
2009	7.14	19.11	41.73	8.67	2.17	2.31	2.94	2.07	2.62	2.49	2.84	2.88
2010	9.29	25.55	14.06	4.43	2.61	2.88	3.14	3.49	2.89	2.39	2.37	7.63
2011	14.64	93.26	33.63	24.98	5.18	3.88	3.98	3.62	2.96	1.36	2.94	16.72
2012	58.93	126.58	35.94	35.72	9.28	6.25	6.05	5.01	4.48	3.74	2.80	22.13
2013	55.21	36.68	44.73	4.61	5.66	6.84	5.96	4.25	3.14	3.34	2.58	5.00
<b>Promedio</b>	<b>18.87</b>	<b>36.83</b>	<b>28.43</b>	<b>12.86</b>	<b>5.86</b>	<b>4.76</b>	<b>4.99</b>	<b>4.42</b>	<b>4.03</b>	<b>4.11</b>	<b>4.11</b>	<b>6.62</b>

De la serie media mensuales disponibles en el punto de captación; fueron utilizados los promedios mensuales para realizar el balance hídrico.

**Tabla 23: Caudal medio mensual en el punto de Captación (m<sup>3</sup>/s)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Promedio	18.87	36.83	28.43	12.86	5.86	4.76	4.99	4.42	4.03	4.11	4.11	6.62

La disponibilidad media mensuales que se presentan en Tabla 23 y con las consideraciones de las demandas indicadas en el ítem 3.5, se efectuó el balance hídrico en situación del escenario sin proyecto. El resultado se presenta en la Tabla 24.

**Tabla 24: Balance Hídrico Mensualizado (m<sup>3</sup>/s) - Sin Proyecto**

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
Escenario sin Proyecto													
En caudal (m <sup>3</sup> /s)													
Caudales Mensuales	18.87	36.83	28.43	12.86	5.86	4.76	4.99	4.42	4.03	4.11	4.11	6.62	11.33
Dem. SEDAPAR	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Dem. Irrigación	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Superávit (+) /Déficit (-)	14.37	32.33	23.93	8.36	1.36	0.26	0.49	-0.08	-0.47	-0.39	-0.39	2.12	6.83
En volumen (Hm <sup>3</sup> )													
Volumen medio mensual	50.54	89.90	76.15	33.34	15.71	12.34	13.36	11.85	10.45	11.01	10.66	17.74	353.1
Dem. SEDAPAR	4.02	3.66	4.02	3.89	4.02	3.89	4.02	4.02	3.89	4.02	3.89	4.02	47.3
Dem. Irrigación	8.04	7.32	8.04	7.78	8.04	7.78	8.04	8.04	7.78	8.04	7.78	8.04	94.7
Superávit (+) /Déficit (-)	38.48	78.92	64.09	21.67	3.65	0.67	1.3	-0.21	-1.22	-1.05	-1.01	5.68	211.0
													Total Anual

El balance hídrico para el escenario con proyecto, es decir tomando en cuenta las demandas hídricas del Proyecto CH Charcani VII y las demandas indicadas en el ítem 3.5, se presenta en la Tabla 25.

Los caudales naturales disponibles en este escenario se presentan al 75 % de persistencia, ya que se convierte en derechos no consuntivos.



**Tabla 25: Balance Hídrico Mensualizado (m<sup>3</sup>/s) - Con Proyecto**

DESCRIPCIÓN	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Escenario con Proyecto													
	En caudal (m <sup>3</sup> /s)												
Disponibilidad 75%	6.81	18.60	10.58	5.31	3.51	3.48	3.77	2.89	2.71	2.73	2.71	3.80	5.57
Dem. SEDAPAR	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Dem. Charcani VII	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Superávit (+) /déficit (-)	-9.70	2.10	-5.92	-11.19	-12.99	-13.02	-12.73	-13.61	-13.79	-13.77	-13.79	-12.7	-10.93
	En volumen (Hm <sup>3</sup> )												Total Anual
Disponibilidad 75%	18.24	45.41	28.33	13.76	9.41	9.01	10.09	7.73	7.02	7.32	7.02	10.17	173.5
Dem. SEDAPAR	4.02	3.66	4.02	3.89	4.02	3.89	4.02	4.02	3.89	4.02	3.89	4.02	47.3
Dem. Charcani VII	40.18	36.61	40.18	38.88	40.18	38.88	40.18	40.18	38.88	40.18	38.88	40.18	473.4
Superávit (+) /déficit (-)	-25.96	5.14	-15.87	-29.01	-34.79	-33.76	-34.11	-36.47	-35.75	-36.88	-35.75	-34.03	-28.94

Evaluando los resultados del Balance Hídrico del río Chili con caudales naturalizados, resulta evidente que los recursos disponibles son insuficientes para la operación del Proyecto, con una demanda estimada de 15 m<sup>3</sup>/s.

Sin embargo, el Proyecto CH Charcani VII al formar parte del Sistema Hidroeléctrico Charcani cuenta con una regulación por los embalses operados por AUTODEMA en el sistema regulado Chili. Además, se debe señalar que EGASA cuenta con las autorizaciones del uso de agua; es decir, sobre los recursos trasvasados con los cuales operan las Centrales del Sistema Charcani.

#### 4.2.2. Balance hídrico con Caudales regulados

En el ítem anterior se demostró que no existe disponibilidad hídrica suficiente en el río Chili si se cuenta solamente con los caudales naturales. Es por ello, que se planteó el balance hídrico del sistema considerando la regulación que AUTODEMA llevan a cabo por medio de la operación de los siete embalses.

**Tabla 26: Caudales medios reguladas en el punto de captación de la CH Charcani VII**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1965	14.45	19.10	22.29	11.88	12.11	12.30	11.99	11.82	11.82	11.88	12.29	12.05
1966	11.50	12.05	12.09	13.59	11.83	0.47	12.04	0.42	0.47	11.81	11.93	13.05
1967	13.20	18.32	32.50	12.67	12.13	12.01	12.23	12.21	0.59	12.15	12.07	12.14
1968	12.25	11.95	23.92	13.30	12.97	12.25	12.36	12.18	12.18	11.91	11.84	11.90
1969	11.48	13.03	14.04	14.46	12.19	14.10	14.24	14.19	19.61	13.41	19.31	23.52
1970	13.42	13.29	13.21	14.83	14.62	14.75	12.55	14.53	0.68	14.30	14.21	12.70
1971	13.85	17.34	16.66	20.77	20.72	12.97	20.73	20.57	20.81	2.81	2.33	30.75
1972	16.71	43.63	51.65	26.93	28.73	28.64	12.92	29.06	17.74	17.88	18.81	20.66
1973	45.72	46.94	39.35	20.62	33.65	18.66	23.73	14.63	15.83	17.04	61.00	13.64
1974	44.88	40.19	34.18	14.46	20.69	14.27	60.81	13.56	14.52	16.58	16.34	12.96
1975	16.17	39.33	31.59	13.54	15.00	16.13	15.85	16.05	19.29	19.25	19.29	21.35
1976	21.69	17.51	15.42	14.83	14.27	14.72	14.79	14.20	14.88	14.93	15.40	15.07
1977	22.57	18.61	19.39	12.55	12.06	12.40	12.34	0.63	11.98	11.93	12.43	17.58
1978	12.65	12.58	11.72	12.60	11.80	12.06	12.00	11.79	11.88	0.51	12.12	11.90
1979	11.61	11.69	12.40	11.72	11.94	12.09	12.18	11.92	11.76	11.97	11.89	11.98
1980	11.61	11.54	11.92	12.05	11.92	11.81	0.56	11.69	11.67	12.23	11.68	11.65
1981	11.82	22.19	20.20	14.68	11.99	12.03	12.23	12.37	12.23	12.03	11.92	12.70
1982	12.40	11.80	12.01	12.90	11.87	11.84	12.10	11.98	12.03	12.10	12.39	12.36
1983	11.58	11.50	11.62	12.13	11.95	12.02	12.00	11.96	11.95	11.99	11.98	12.11
1984	19.59	38.68	33.76	17.60	12.17	12.35	12.41	12.55	12.08	14.92	13.77	16.42
1985	14.02	37.47	30.10	32.09	13.78	13.57	28.12	28.09	18.73	28.52	17.55	13.51
1986	32.12	37.90	34.97	25.46	23.33	16.34	16.34	12.91	16.42	16.55	16.47	13.60
1987	22.55	16.81	22.72	14.98	13.46	13.12	13.27	13.46	13.30	13.04	0.94	13.08
1988	14.13	13.58	11.96	17.63	12.14	11.88	11.80	11.89	11.94	11.51	11.63	11.86
1989	11.78	12.55	12.25	16.30	11.93	11.96	11.91	11.90	11.67	11.75	11.65	11.76
1990	11.47	17.54	11.57	11.65	11.71	12.06	11.74	0.39	0.31	0.40	11.66	12.18
1991	12.21	15.49	15.13	12.88	12.43	12.52	13.15	12.49	12.50	12.62	12.56	12.65
1992	12.01	12.64	12.36	12.46	12.95	12.83	12.76	0.53	0.40	0.36	0.32	12.99
1993	13.96	13.77	13.64	14.61	13.61	13.71	14.50	14.62	14.82	21.53	21.13	23.37
1994	33.44	43.99	12.22	12.88	12.42	12.56	12.71	12.38	12.37	12.33	12.41	13.54
1995	12.13	13.47	13.51	11.71	11.63	11.74	12.21	11.57	11.55	0.30	12.74	11.85
1996	11.50	12.68	11.87	12.98	12.22	13.36	13.06	13.30	13.11	0.37	13.31	28.10
1997	13.46	23.88	21.61	13.20	14.62	12.63	12.87	12.70	12.62	12.77	12.96	12.97
1998	14.37	14.81	14.32	14.79	14.81	14.57	14.91	14.47	14.56	14.66	14.75	29.16
1999	12.82	49.19	22.58	36.48	23.69	13.44	22.73	23.05	22.77	15.08	2.20	30.82
2000	24.20	48.15	38.60	23.54	15.84	15.67	23.82	21.72	21.74	24.96	2.50	13.09
2001	32.94	56.09	56.53	38.02	14.20	12.97	17.58	17.49	21.84	21.97	21.70	21.60
2002	22.53	32.98	48.55	33.43	13.31	13.06	23.14	12.40	12.15	12.07	12.35	12.33
2003	17.34	17.50	12.19	13.58	12.05	11.96	12.03	11.90	11.86	11.83	11.80	23.05
2004	12.55	14.25	12.28	13.79	12.42	12.37	12.46	12.35	12.36	12.14	12.26	12.35
2005	12.03	21.45	12.43	12.96	14.69	14.72	14.77	14.77	14.99	14.92	14.92	14.68
2006	31.16	32.73	31.95	31.04	13.20	13.14	23.11	16.74	16.60	16.50	16.55	16.52
2007	16.96	16.74	18.26	14.29	12.95	12.71	12.69	12.74	12.80	12.75	12.72	12.66
2008	13.16	12.25	12.43	12.45	12.30	12.31	12.26	12.28	12.18	12.31	12.28	12.46
2009	12.29	14.70	17.31	13.41	12.27	12.30	12.41	12.26	12.37	12.36	12.43	12.44
2010	12.55	13.20	12.42	12.25	11.93	11.97	12.01	12.06	11.96	11.69	11.87	23.49
2011	13.67	59.62	30.71	29.75	22.92	21.05	21.15	21.21	21.28	2.53	21.49	22.41
2012	58.34	76.59	46.51	47.41	16.95	20.63	20.66	20.57	12.10	21.02	21.59	21.19
2013	41.33	29.07	37.43	12.00	12.19	12.39	12.24	11.94	11.74	11.78	11.64	12.07
Promedio	18.62	24.74	22.21	17.68	14.62	13.50	15.56	13.52	13.00	12.70	13.91	16.09

Igualmente, al análisis anterior haciendo uso de los caudales regulados se usó el promedio mensual de la serie en el punto de captación; en la Tabla 27 se muestra los resultados del balance hídrico sin proyecto.

**Tabla 27: Balance Hídrico Mensualizado (m<sup>3</sup>/s) - Sin Proyecto**

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Escenario SIN Proyecto													
En caudal (m <sup>3</sup> /s)													
Caudal Medio Mensual	18.62	24.74	22.21	17.68	14.62	13.50	15.56	13.52	13.00	12.70	13.91	16.09	16.35
Dem. SEDAPAR	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Dem. Irrigación	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Superávit(+)/déficit (-)	14.12	20.24	17.71	13.18	10.12	9.00	11.06	9.02	8.50	8.20	9.41	11.59	11.85
En volumen (Hm <sup>3</sup> )													
Total Anual													
Volumen Medio Mensual	49.86	60.39	59.49	45.82	39.17	34.99	41.68	36.21	33.70	34.01	36.04	43.09	514.4
Dem. SEDAPAR	4.02	3.66	4.02	3.89	4.02	3.89	4.02	4.02	3.89	4.02	3.89	4.02	47.3
Dem. Irrigación	8.04	7.32	8.04	7.78	8.04	7.78	8.04	8.04	7.78	8.04	7.78	8.04	94.7
Superávit(+)/déficit (-)	37.81	49.41	47.44	34.15	27.12	23.32	29.63	24.16	22.03	21.96	24.38	31.03	372.4

Anteriormente se determinó la demanda por riego agrícola de 3 m<sup>3</sup>/s. Esta demanda será reestablecida por la operación de la estación de bombeo que plantea el proyecto, que abastecerá al canal Zamacola – la campiña; por el cual, este último no forma parte del análisis con proyecto. Además, como se planteó utilizar las aguas turbinadas de Charcani VI, no se consideró la demanda por caudal ecológico.

**Tabla 28: Balance Hídrico Mensualizado (m<sup>3</sup>/s) - Con Proyecto**

DESCRIPCIÓN	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Escenario CON Proyecto													
En caudal (m <sup>3</sup> /s)													
Disponibilidad 75%	12.1 7	13.1 2	12.3 2	12.6 4	12.0 6	12.0 6	12.2 0	11.9 3	11.8 7	11.8 2	11.8 6	12.2 5	12.19
Dem. SEDAPAR	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Dem. Charcani VII	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.0 0	15.00
Disponibilidad para el Proyecto	10.67	11.62	10.82	11.14	10.56	10.56	10.70	10.43	10.37	10.32	10.36	10.75	10.69
En volumen (Hm <sup>3</sup> )													
Total Anual													
Disponibilidad 75%	32.6 0	32.0 2	33.0 0	32.7 5	32.3 0	31.2 6	32.6 6	31.9 5	30.7 7	31.6 6	30.7 3	32.8 2	384.5
Dem. SEDAPAR	4.02	3.66	4.02	3.89	4.02	3.89	4.02	4.02	3.89	4.02	3.89	4.02	47.3
Dem. Charcani VII	40.1 8	36.6 1	40.1 8	38.8 8	40.1 8	38.8 8	40.1 8	40.1 8	38.8 8	40.1 8	38.8 8	40.1 8	473.4
Disponibilidad para el Proyecto	28.58	28.35	28.98	28.86	28.28	27.37	28.65	27.93	26.88	27.65	26.84	28.80	337.2

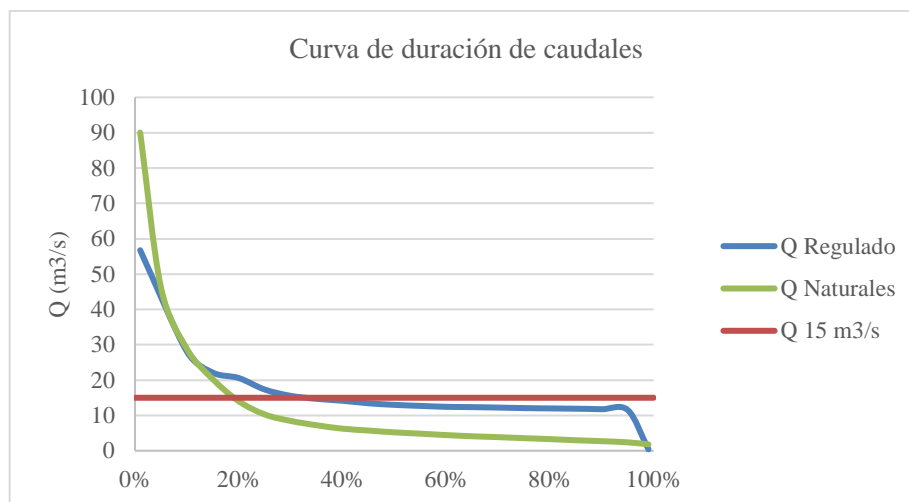
Del balance hídrico con el escenario con proyecto, resulta un caudal disponible promedio al 75% de persistencia de 10.69 m<sup>3</sup>/s.

### 4.3. Estimación Curva de duración de caudales

Del resultado obtenido de los caudales naturalizados en los puntos de control, se determinó los caudales en el punto de captación del proyecto Charcani VII (Ver Tabla 22); de ello se generó la curva de duración de caudales utilizando los porcentajes de persistencia. De igual forma, se determinó la curva de duración utilizando los caudales regulados.

En la Figura 22 se muestra la comparación de curva de duración de los caudales naturales, caudales regulados y el caudal de demandado por el proyecto CH Charcani VII.

**Figura 22: Comparación de la curva de duración de Q naturales y regulado**



De esta curva se deduce el aumento del factor de planta, utilizando los caudales regulados que van de acompañamiento del manejo y operación de los embalses que conforma el sistema regulado.

### 4.4. Disponibilidad hídrica - Balance hídrico

En el desarrollo de la evaluación de la disponibilidad hídrica, como primer caso se planteó utilizar los caudales naturales; como punto de partida o línea base, considerando sin la interferencia de los embalses, lo que resultó insuficiente para el funcionamiento del proyecto CH Charcani VII, haciendo el proyecto no factible sobre el caudal demandado de 15 m<sup>3</sup>/s.

Sin embargo, realizando la estimación de curva de duración (Figura 22) el proyecto puede darse utilizando una caudal de 5 m<sup>3</sup>/s; sin embargo, no haría uso óptimo de los recursos como proyecto RER. Si fuera el caso, entraría en una etapa de evaluación económica – financiera de producción de energía.

Asimismo, se planteó como segundo caso utilizando caudales regulados; con el apoyo de la operación de los embalses operados por AUTODEMA y EGASA. De este análisis resulto la siguiente Tabla 29 que señala la disponibilidad hídrica al 75% de persistencia para el proyecto.

**Tabla 29: Disponibilidad hídrica para el proyecto Charcani VII**

Río Chili	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom/Sum
Caudal (m3/s)	10.67	11.62	10.82	11.14	10.56	10.56	10.70	10.43	10.37	10.32	10.36	10.75	10.7
Volumen (Hm3)	28.58	28.35	28.98	28.86	28.28	27.37	28.65	27.93	26.88	27.65	26.84	28.80	337.2

## V. CONCLUSIONES

- La serie de caudales descargados por los embalses, los registros de precipitación, fueron recopilados y tratados por el grupo de trabajo de Project International Development (PID), en el periodo desde 1965 al 2013.
- Los mayores porcentajes por pérdidas; ya sea por evaporación o infiltración, se encuentran en los embalses Dique los Españoles (14.3%) y el Frayle (11.6%). Asimismo, las mayores pérdidas por rebose se encontraron en: la toma de Blanquillo (Bocatoma) con 26.5%, seguido del embalse Challhuanca con 22.9% y Aguada blanca con 20.3%.
- Los embalses con mayor eficiencia son: la Presa Bamputañe y el Frayle con el 100%, captando todo el caudal disponible, sin generar rebose.
- De estos resultados, se concluye que el porcentaje de pérdida por rebose de los embalses el Pañe, Dique los Españoles, Pillones, Challhuanca, Aguada Blanca y de las captaciones de Bamputañe, Blanquillo, Antasalla son muy altas, llegando alrededor del 17%. Esto nos indica que el sistema regulado, puede aumentar su capacidad de capturar mayor caudal disponible, creando o mejorando el almacenamiento, captación.
- Del resultado del balance hídrico con caudales naturales en el punto de captación, presenta déficit entre los meses de agosto a noviembre.

Descripción	Superávit (+) /Déficit (-)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
En caudal (m <sup>3</sup> /s)	14.37	32.33	23.93	8.36	1.36	0.26	0.49	-0.08	-0.47	-0.39	-0.39	2.12
En volumen (Hm <sup>3</sup> )	38.48	78.92	64.09	21.67	3.65	0.67	1.3	-0.21	-1.22	-1.05	-1.01	5.68

- La evaluación de la disponibilidad hídrica superficial con caudales naturalizados resultó que los recursos disponibles eran insuficientes para realizar la operación del proyecto con demanda del 15 m<sup>3</sup>/s, resultando no factible.
- De los resultados de curva de duración con caudales naturalizados y la demanda del proyecto Charcani VII, tiene un factor de planta de 0.54.
- Sin embargo, utilizando los caudales regulados en el balance hídrico en el escenario con proyecto, resultó un caudal promedio disponible de 10.69 m<sup>3</sup>/s al 75% de persistencia.
- Se determinó la disponibilidad hídrica en el punto de captación del proyecto Central hidroeléctrica Charcani VII con caudales regulados, se tiene el siguiente resultado.

Rio Chili	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom/Sum
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	10.67	11.62	10.82	11.14	10.56	10.56	10.70	10.43	10.37	10.32	10.36	10.75	10.7
Volumen (Hm <sup>3</sup> )	28.58	28.35	28.98	28.86	28.28	27.37	28.65	27.93	26.88	27.65	26.84	28.80	337.2

- La evaluación de disponibilidad hídrica con caudales regulados resultó que los recursos que dispone el río Chili son viables para el proyecto hidroeléctrico, abasteciendo la demanda de 15.0 m<sup>3</sup>/s.
- El análisis de la curva de duración de caudales para el escenario con proyecto utilizando caudales regulados, posee un gran beneficio ya que tienes mejor aprovechamiento de los caudales disponibles. Esto ocasiona, que el proyecto hidroeléctrico tenga un mejor factor de planta de 0.93.

Se resalta que los datos fueron obtenidos hasta el año 2013; este trabajo de suficiencia profesional formo parte del estudio hidrológico para el proyecto Charcani VII, por la empresa Project International Development (PID).

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar una actualización de la base de datos de la información de caudales regulados y de las estaciones que cuenten con información pluviométricas.
- Realizar una evaluación actualizada de las pérdidas de los embalses y captaciones.
- Evaluar la posibilidad de formular un nuevo embalse para el aprovechamiento del caudal disponible proveniente de las pérdidas por rebose.
- Solo en el embalse de Aguada Blanca existe un rebose promedio de 3.22 m<sup>3</sup>/s, correspondiendo un volumen de 101 MMC por año que no son almacenados. Se recomienda realizar alternativas de almacenamiento en aumentar las alturas de presa de los embalses, aumentar la capacidad de captación y conducción, o generar la construcción de un nuevo embalse que podría aportar un caudal adicional entre 3 a 4 m<sup>3</sup>/s, esto podría permitir el aumento de caudal de descarga y mantener en flujo estable, beneficiando tanto al sector agrícola e hidroenergetico. Este último permitiría una generación adicional de las centrales en cascada de Charcani, aumentando su energía firme.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Evaluación de la eficiencia del uso del agua en la Cuenca del Río Chili*.
- Carpio, J., Quispe, B., Peña, F., & Sulca, P. (Mayo de 2022). Hidrogeología de la cuenca del río Quilca-Vitor-Chili (132). *15, Primera*, 381. Lima, Perú: INGEMMET.
- COES-SINAC. (Febrero de 2019). informe de diagnostico de las condiciones operativas del SEIN, Periodo 2021-2030. Perú.
- EGASA. (2017). Capitulo IV: Linea Base ambiental en Proyecto Instalación de la Central Hidroelectrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN. Perú.
- Hubbart, J. A. (Octubre de 2011). Hydrologic cycle.  
[https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Hydrologic\\_cycle](https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Hydrologic_cycle)
- Ochoa Acuña, R. (Diciembre de 2010). Estudio de máximas avenidas en las cuencas de la vertiente del Pacifico - Cuenca de la costa Sur. 166. (ANA, Ed.)
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Cartilla técnica: Balance Hídrico Superficial. *Primera*, 44. Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Cartilla técnica: Ciclo hidrológico. *Primera*, 44. Lima, Perú: Sociedad Geográfica del Lima.
- Programa Sub Sectorial de Irrigaciones. (Agosto de 2013). Guia de capacitación y entrenamiento a las OUAs : Hidrometria. Perú: PSI.
- Project International Development (PID). (2015). Informe de Hidrología y Despacho Hidrologico. Perú.
- Sokolov, A. A., & Chapman, T. G. (1981). *Métodos de Cálculo del Balance Hídrico. Guía Internacional de investigación y métodos*. Instituto de Hidrología de España - UNESCO.
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## **VIII. ANEXOS**

## Anexo 1: Serie de Caudales Naturalizados Embalse Pañe

QN-2001 Caudales naturales en el punto de control Embalse el Pañe													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
1965	3.00	11.30	1.83	3.52	0.70	0.39	0.08	0.01	0.04	0.00	0.01	0.28	1.70
1966	2.29	9.69	3.40	1.20	0.81	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.41
1967	3.16	13.11	9.03	3.12	0.89	0.70	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	2.44
1968	3.00	6.89	9.69	2.81	0.77	0.27	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	2.36	2.13
1969	3.20	15.10	3.89	2.81	0.75	0.26	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	2.11
1970	6.44	12.39	5.95	2.95	0.40	0.19	0.08	0.20	0.01	0.00	1.58	2.81	2.69
1971	5.52	19.35	5.75	2.42	0.86	0.16	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	2.79
1972	5.22	5.20	21.93	5.50	0.86	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.56	4.66	3.68
1973	6.39	13.96	10.55	2.61	0.80	0.14	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.83
1974	12.16	12.82	9.12	5.49	2.17	1.16	0.22	0.57	1.65	0.45	5.97	3.16	4.53
1975	2.92	15.42	9.19	2.87	4.67	0.65	0.08	0.21	0.16	0.11	3.69	0.59	3.31
1976	8.66	6.74	6.77	2.91	0.16	0.37	0.46	0.68	1.08	0.21	0.12	0.74	2.39
1977	2.11	5.86	9.15	1.17	0.05	0.00	0.05	0.07	0.09	0.76	1.56	1.31	1.83
1978	6.91	5.47	1.30	1.86	0.13	0.02	0.12	0.05	0.06	0.04	1.19	3.91	1.74
1979	7.15	5.64	7.63	1.58	0.17	0.08	0.12	0.17	0.18	0.76	0.49	1.85	2.14
1980	3.41	3.51	6.05	2.25	0.09	0.02	0.00	0.30	0.48	2.05	1.47	1.04	1.72
1981	6.51	9.03	11.77	3.27	0.46	0.53	0.47	0.84	0.78	0.98	0.57	1.60	3.04
1982	11.44	2.24	5.32	3.73	0.37	0.02	0.07	0.60	0.98	2.07	4.15	2.27	2.78
1983	1.23	1.07	1.45	1.32	0.37	0.15	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.47
1984	11.94	20.45	6.40	2.88	1.29	1.03	0.53	0.55	0.75	0.50	4.11	7.97	4.78
1985	4.21	10.75	0.14	0.46	0.47	0.73	1.13	0.61	0.78	0.48	3.78	0.89	1.98
1986	7.09	11.99	5.26	1.87	1.31	0.81	0.84	0.48	0.85	0.28	0.02	2.58	2.73
1987	11.34	2.21	2.06	1.19	0.03	0.30	0.57	0.10	0.12	0.09	0.02	0.71	1.57
1988	8.57	8.90	7.94	2.35	1.72	0.19	1.02	0.58	0.79	1.02	1.38	0.17	2.86
1989	4.85	5.52	7.56	5.03	0.91	0.59	1.00	1.17	1.16	0.93	0.63	1.41	2.55
1990	3.02	1.54	2.36	0.62	0.35	1.48	0.71	0.02	0.06	0.10	2.96	2.88	1.34
1991	6.61	6.59	8.25	1.59	1.30	1.34	0.80	1.03	0.85	0.94	0.66	0.48	2.52
1992	3.39	3.64	1.63	0.17	1.02	0.38	0.06	0.07	0.07	0.02	0.01	2.79	1.10
1993	8.04	3.23	6.51	1.39	0.60	0.29	0.94	1.18	1.21	1.65	2.73	7.20	2.93
1994	12.85	14.81	7.12	1.85	1.90	0.99	1.05	0.72	1.02	0.89	0.92	1.91	3.78
1995	2.61	5.22	7.70	2.09	0.84	0.97	0.60	1.01	1.01	0.75	0.63	0.24	1.96
1996	5.80	9.18	3.22	3.94	0.54	0.85	0.53	0.97	0.63	0.85	0.41	3.04	2.46
1997	9.90	13.12	5.31	2.15	5.73	0.90	1.30	1.12	0.91	0.71	1.44	2.52	3.71
1998	7.49	9.20	3.26	2.06	0.76	0.02	0.21	0.90	0.73	0.99	1.26	1.97	2.37
1999	3.31	13.46	15.51	8.74	1.48	0.16	0.18	0.24	4.30	2.25	0.42	0.26	4.13
2000	8.32	10.72	12.52	3.56	0.64	0.37	0.75	0.11	2.35	0.95	0.20	1.03	3.43
2001	11.15	14.70	11.60	5.38	0.99	0.15	0.18	0.15	0.19	0.60	0.26	0.77	3.79
2002	1.55	11.42	9.92	4.99	1.79	0.32	0.33	0.32	0.50	0.68	0.98	2.91	2.93
2003	4.83	8.30	11.61	2.64	0.67	0.44	0.66	0.42	0.53	0.35	0.20	1.91	2.69
2004	12.11	10.32	3.89	3.96	0.61	0.63	0.38	0.46	0.47	0.00	0.00	0.00	2.69
2005	2.71	11.86	2.62	2.38	0.44	0.36	0.46	0.41	0.11	0.00	0.00	0.73	1.78
2006	7.27	9.73	10.32	5.04	0.46	0.25	0.40	0.05	0.05	0.02	0.10	1.03	2.86
2007	7.14	6.56	12.56	4.76	0.91	0.30	0.37	0.06	0.00	0.00	0.23	1.40	2.85
2008	10.20	7.28	4.80	0.88	0.24	0.29	0.18	0.21	0.11	0.13	0.05	1.71	2.16
2009	4.00	5.54	6.23	2.27	0.24	0.19	0.06	0.10	0.11	0.00	0.57	2.56	1.81
2010	12.63	9.08	6.08	1.48	0.55	0.28	0.13	0.27	0.16	0.00	0.00	2.37	2.73
2011	5.17	14.79	7.91	5.67	0.99	0.52	0.15	0.04	0.10	0.06	0.00	2.79	3.11
2012	12.99	18.27	8.48	8.44	1.43	0.33	0.35	0.35	0.18	0.26	0.41	7.13	4.81
2013	7.63	8.71	8.21	0.66	0.32	0.26	0.31	0.08	0.10	0.24	0.15	2.91	2.44
Min.	1.23	1.07	0.14	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47
Prom.	6.52	9.43	7.08	2.94	0.94	0.43	0.38	0.36	0.53	0.47	0.94	1.91	2.62
Max.	12.99	20.45	21.93	8.74	5.73	1.48	1.30	1.18	4.30	2.25	5.97	7.97	4.81

## Anexo 2: Serie de Caudales Naturalizados Embalse Bamputañe

QN-2002b Caudales naturales en el punto de control Embalse Bamputañe													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
1965	0.38	1.75	0.67	0.35	0.16	0.16	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.54	0.33
1966	0.31	1.30	0.98	0.17	0.13	0.08	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.30	0.27
1967	0.53	1.58	1.46	0.18	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.37
1968	0.57	1.10	1.22	0.19	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.31
1969	0.69	1.99	0.94	0.38	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.36
1970	1.18	1.85	1.05	0.26	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.08	0.37
1971	0.57	2.49	0.86	0.15	0.16	0.09	0.06	0.17	0.06	0.09	0.00	0.38	0.41
1972	1.97	0.66	1.35	0.50	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.10	0.39
1973	0.81	1.44	1.31	0.69	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.37
1974	0.65	2.16	1.34	0.48	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.38
1975	0.50	2.66	2.42	0.08	0.18	0.02	0.08	0.01	0.06	0.06	0.00	0.36	0.52
1976	0.77	1.62	2.11	0.44	0.06	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41
1977	0.22	1.88	2.72	0.21	0.01	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.42
1978	0.88	2.09	0.34	0.12	0.08	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.32
1979	0.71	1.77	1.40	0.08	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.37	0.36
1980	0.48	0.92	0.75	0.34	0.18	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.24
1981	0.43	2.10	1.45	0.60	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.39
1982	0.75	1.74	0.75	0.53	0.13	0.27	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.35
1983	0.48	2.00	0.25	0.33	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.25
1984	0.86	2.10	1.90	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.43
1985	0.64	1.40	0.44	0.07	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.23
1986	0.85	2.25	1.28	0.18	0.18	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.40
1987	1.30	1.34	0.80	0.15	0.14	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.33
1988	0.65	1.82	0.74	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.31
1989	0.46	1.35	0.81	0.23	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.26
1990	0.38	0.99	0.50	0.14	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.19
1991	0.73	1.75	1.10	0.32	0.06	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.32	0.36
1992	0.46	1.19	0.44	0.16	0.02	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.33	0.22
1993	0.71	0.94	1.26	0.30	0.04	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.51	0.32
1994	1.08	2.26	1.15	0.29	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.39
1995	0.27	1.71	0.80	0.21	0.09	1.16	0.11	0.06	0.00	0.00	0.00	0.55	0.41
1996	0.63	1.66	0.78	0.27	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.31
1997	0.87	2.02	1.05	0.17	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.38
1998	0.64	1.35	0.56	0.31	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.25
1999	0.45	1.94	2.00	3.09	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.64
2000	0.75	1.94	1.81	0.52	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.43
2001	1.12	1.56	0.89	0.72	0.20	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
2002	0.13	1.55	1.26	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.38	0.32
2003	0.62	1.37	1.31	0.19	0.04	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.30
2004	1.14	1.40	0.56	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
2005	0.18	1.11	0.26	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.16
2006	0.87	0.96	1.09	0.53	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
2007	0.55	0.75	1.26	0.10	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
2008	1.04	0.73	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
2009	0.02	0.40	0.82	0.11	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.12
2010	0.23	0.39	0.48	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.32	0.82	1.34	0.19	0.32
2011	0.51	1.44	0.95	0.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.12	0.25	0.31
2012	1.74	2.37	1.12	0.66	0.07	0.02	0.00	0.01	0.06	0.04	0.06	0.78	0.57
2013	0.88	1.19	0.73	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.26	0.26
Min.	0.02	0.39	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
Prom.	0.69	1.56	1.06	0.35	0.09	0.06	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.20	0.34
Max.	1.97	2.66	2.72	3.09	0.38	1.16	0.11	0.17	0.32	0.82	1.34	0.78	0.64

### Anexo 3: Serie de Caudales Naturalizados Captación Bamputañe

QN-2002a Caudales naturales en el punto de control Captación Bamputañe													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
1965	1.22	5.55	2.14	1.12	0.49	0.50	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	1.71	1.04
1966	0.99	4.12	3.12	0.53	0.42	0.24	0.15	0.11	0.00	0.00	0.00	0.97	0.87
1967	1.69	5.00	4.63	0.57	1.14	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	1.18
1968	1.80	3.50	3.86	0.59	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.69	0.99
1969	2.17	6.29	2.97	1.20	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	1.15
1970	3.72	5.86	3.31	0.82	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.26	1.17
1971	1.82	7.90	2.72	0.46	0.52	0.30	0.21	0.55	0.20	0.29	0.00	1.22	1.31
1972	6.25	2.08	4.27	1.58	0.15	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.22	0.33	1.25
1973	2.58	4.58	4.15	2.19	0.49	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	1.16
1974	2.07	6.85	4.24	1.52	0.11	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.21
1975	1.58	8.42	7.65	0.27	0.57	0.05	0.24	0.02	0.19	0.19	0.00	1.16	1.66
1976	2.45	5.11	6.69	1.38	0.20	0.03	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	1.31
1977	0.69	5.95	8.63	0.65	0.05	0.14	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.05	1.33
1978	2.79	6.60	1.07	0.38	0.26	0.53	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.77	1.00
1979	2.24	5.62	4.43	0.26	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	1.19	1.15
1980	1.54	2.92	2.37	1.09	0.58	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.78
1981	1.36	6.63	4.59	1.90	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	1.24
1982	2.37	5.51	2.37	1.67	0.42	0.85	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.46	1.11
1983	1.52	6.33	0.81	1.04	0.18	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.80
1984	2.72	6.65	6.03	0.84	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.29	1.35
1985	2.03	4.44	1.39	0.24	0.33	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.73
1986	2.69	7.13	4.05	0.56	0.57	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	1.26
1987	4.12	4.26	2.54	0.46	0.46	0.33	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.53	1.05
1988	2.06	5.76	2.33	0.65	0.40	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.99
1989	1.47	4.28	2.56	0.71	0.46	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.52	0.82
1990	1.21	3.15	1.59	0.43	0.30	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.72	0.61
1991	2.32	5.53	3.50	1.02	0.20	0.19	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	1.01	1.13
1992	1.45	3.77	1.40	0.50	0.07	0.15	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	1.06	0.69
1993	2.24	2.97	3.99	0.96	0.11	0.21	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	1.61	1.01
1994	3.42	7.15	3.65	0.92	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.14	1.25
1995	0.86	5.41	2.54	0.68	0.29	3.66	0.36	0.19	0.01	0.00	0.00	1.73	1.28
1996	2.01	5.27	2.46	0.87	0.24	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.06	0.97
1997	2.76	6.38	3.31	0.53	0.89	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	1.21
1998	2.04	4.28	1.77	0.97	0.35	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.48	0.81
1999	1.42	6.14	6.35	9.77	0.49	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.63	2.03
2000	2.38	6.14	5.75	1.64	0.38	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.36	1.37
2001	3.54	4.93	2.82	2.28	0.65	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17
2002	0.41	4.90	3.99	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	1.21	1.01
2003	1.96	4.34	4.15	0.61	0.12	0.00	0.19	0.03	0.00	0.00	0.00	0.12	0.94
2004	3.60	4.43	1.77	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91
2005	0.58	3.50	0.83	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.50
2006	2.74	3.05	3.46	1.67	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91
2007	1.74	2.37	3.99	0.31	0.19	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71
2008	3.30	2.32	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59
2009	0.05	1.27	2.59	0.35	0.05	0.03	0.06	0.02	0.06	0.00	0.00	0.00	0.37
2010	0.73	1.23	1.52	0.15	0.00	0.00	0.05	0.00	1.00	2.59	4.25	0.60	1.00
2011	1.62	4.55	2.99	1.59	0.03	0.03	0.03	0.04	0.10	0.00	0.37	0.78	0.99
2012	5.51	7.52	3.56	2.09	0.23	0.06	0.01	0.04	0.19	0.12	0.18	2.47	1.80
2013	2.78	3.78	2.33	0.10	0.03	0.07	0.03	0.00	0.05	0.11	0.10	0.82	0.84
Min.	0.05	1.23	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
Prom.	2.18	4.93	3.36	1.11	0.30	0.19	0.03	0.03	0.04	0.07	0.12	0.63	1.06
Max.	6.25	8.42	8.63	9.77	1.20	3.66	0.36	0.55	1.00	2.59	4.25	2.47	2.03

## Anexo 4: Serie de Caudales Naturalizados Captación Blanquillo

QN-2003 Caudales naturales en el punto de captación Blanquillo													
Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
1965	1.30	4.91	0.79	1.53	0.30	0.17	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.12	0.74
1966	0.99	4.21	1.48	0.52	0.35	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.61
1967	1.37	5.69	3.92	1.36	0.39	0.30	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.06
1968	1.30	2.99	4.21	1.22	0.33	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.93
1969	1.39	6.56	1.69	1.22	0.33	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.91
1970	2.80	5.38	2.58	1.28	0.17	0.08	0.03	0.09	0.00	0.00	0.69	1.22	1.17
1971	2.40	8.40	2.50	1.05	0.37	0.07	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	1.21
1972	2.27	2.26	9.53	2.39	0.37	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.24	2.02	1.60
1973	2.78	6.06	4.58	1.13	0.35	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23
1974	5.28	5.57	3.96	2.41	0.92	0.50	0.10	0.25	0.72	0.20	2.59	1.37	1.97
1975	1.27	6.70	3.86	1.04	0.67	0.20	0.04	0.09	0.07	0.08	0.03	1.41	1.26
1976	4.30	2.84	3.02	1.26	0.07	0.16	0.20	0.30	0.40	0.16	0.05	0.29	1.08
1977	0.92	2.55	3.97	0.51	0.02	0.00	0.02	0.03	0.04	0.33	0.68	0.57	0.80
1978	3.00	2.38	0.56	0.81	0.06	0.04	0.05	0.02	0.03	0.02	0.52	1.70	0.76
1979	3.11	2.45	3.31	0.69	0.07	0.03	0.05	0.07	0.08	0.33	0.21	0.80	0.93
1980	1.48	1.52	2.63	0.98	0.04	0.01	0.00	0.13	0.21	0.89	0.64	0.45	0.75
1981	2.83	3.92	5.11	1.42	0.20	0.23	0.20	0.36	0.34	0.43	0.25	0.69	1.32
1982	4.81	1.15	2.31	1.62	0.16	0.01	0.03	0.26	0.43	0.90	1.80	0.99	1.21
1983	0.53	0.46	0.63	0.57	0.16	0.11	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.21
1984	5.19	8.88	3.38	0.60	0.56	0.45	0.23	0.24	0.33	0.23	1.77	3.46	2.07
1985	1.83	4.68	0.05	0.20	0.20	0.32	0.49	0.26	0.34	0.21	0.65	1.39	0.86
1986	3.08	5.21	2.28	0.81	0.57	0.35	0.33	0.25	0.37	0.12	0.01	1.12	1.19
1987	4.93	0.96	0.89	0.52	0.01	0.13	0.25	0.04	0.05	0.04	0.01	0.31	0.68
1988	3.39	3.87	3.45	1.05	0.72	0.08	0.44	0.25	0.34	0.44	0.60	0.07	1.21
1989	2.11	2.40	3.28	2.18	0.38	0.27	0.43	0.51	0.51	0.40	0.27	0.61	1.11
1990	1.31	0.89	0.83	0.27	0.05	0.75	0.31	0.02	0.02	0.04	1.28	1.26	0.58
1991	2.87	2.86	3.58	0.69	0.56	0.58	0.35	0.45	0.40	0.38	0.29	0.21	1.10
1992	1.47	1.58	0.71	0.07	0.44	0.12	0.03	0.03	0.03	0.04	0.00	0.37	0.40
1993	4.31	1.40	2.83	0.60	0.26	0.13	0.41	0.51	0.53	0.72	1.19	3.13	1.34
1994	5.58	6.43	3.10	0.80	0.83	0.43	0.46	0.31	0.44	0.39	0.40	0.83	1.64
1995	1.12	2.28	3.34	0.91	0.36	0.35	0.32	0.44	0.44	0.33	0.26	0.11	0.85
1996	2.52	3.98	1.40	1.71	0.23	0.37	0.23	0.42	0.27	0.37	0.18	1.32	1.07
1997	4.30	5.70	2.31	0.93	2.49	0.39	0.56	0.49	0.40	0.31	0.62	1.09	1.61
1998	3.19	4.10	1.39	0.89	0.33	0.01	0.09	0.39	0.32	0.43	0.55	0.86	1.03
1999	1.44	5.85	6.74	3.80	0.64	0.07	0.08	0.10	1.87	0.98	0.18	0.11	1.79
2000	3.61	4.66	5.44	1.55	0.28	0.16	0.32	0.05	1.02	0.41	0.09	0.45	1.49
2001	1.49	3.99	3.49	1.44	0.55	0.80	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.97
2002	0.07	2.28	3.86	1.89	0.84	0.53	0.00	0.00	0.05	0.00	0.08	0.19	0.81
2003	0.48	1.76	1.76	0.71	0.18	0.14	0.00	0.02	0.06	0.02	0.00	0.00	0.42
2004	0.35	1.83	0.47	0.40	0.08	0.07	0.00	0.07	0.06	0.02	0.00	0.00	0.27
2005	0.06	0.48	0.56	0.38	0.08	0.06	0.06	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.15
2006	3.74	2.67	2.21	2.05	0.31	0.14	0.08	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93
2007	0.67	0.40	3.22	0.39	0.17	0.09	0.06	0.07	0.05	0.11	0.06	0.02	0.45
2008	0.71	0.20	0.14	0.11	0.04	0.12	0.11	0.12	0.00	0.09	0.00	0.00	0.14
2009	0.16	1.18	2.21	1.36	0.11	0.20	0.09	0.08	0.20	0.00	0.00	0.00	0.46
2010	0.89	2.25	1.31	0.45	0.04	0.18	0.15	0.06	0.05	0.08	0.05	0.64	0.50
2011	0.20	2.31	2.33	3.11	0.17	0.13	0.09	0.06	0.00	0.08	0.37	0.97	0.81
2012	3.57	9.56	3.08	1.90	0.81	0.37	0.49	0.48	0.25	0.60	0.87	0.89	1.86
2013	2.26	1.33	2.17	0.39	0.60	0.35	0.25	0.07	0.42	0.07	0.08	0.24	0.68
Min.	0.06	0.20	0.05	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
Prom.	2.27	3.51	2.70	1.13	0.37	0.21	0.16	0.15	0.23	0.21	0.36	0.66	0.98
Max.	5.58	9.56	9.53	3.80	2.49	0.80	0.56	0.51	1.87	0.98	2.59	3.46	2.07

## Anexo 5: Serie de Caudales Naturalizados Captación Antasalla

QN-2005 Caudales Naturales en el punto de control Captación Antasalla													
Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
1965	0.36	0.97	2.32	0.28	0.60	0.59	0.61	0.02	0.01	0.04	0.03	0.11	0.49
1966	0.20	0.87	1.50	0.09	0.07	0.08	0.07	0.03	0.03	0.03	0.02	0.08	0.25
1967	0.49	0.77	0.97	0.31	0.08	0.11	0.12	0.02	0.01	0.04	0.34	0.07	0.27
1968	0.36	0.45	0.46	0.23	0.10	0.10	0.10	0.01	0.00	0.09	0.38	0.65	0.24
1969	0.67	1.56	1.76	0.34	0.14	0.07	0.07	0.04	0.05	0.03	0.03	0.12	0.40
1970	1.86	1.88	0.97	0.28	0.10	0.06	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.14	0.45
1971	0.83	1.46	0.95	0.17	0.06	0.06	0.08	0.06	0.03	0.04	0.03	0.11	0.32
1972	1.43	1.59	2.48	0.60	0.16	0.12	0.04	0.02	0.04	0.03	0.07	0.10	0.55
1973	1.11	2.23	1.35	0.35	0.11	0.07	0.05	0.06	0.04	0.03	0.01	0.02	0.44
1974	3.20	1.66	1.11	0.44	0.22	0.17	0.07	0.04	0.04	0.04	0.05	0.12	0.59
1975	1.29	2.82	1.20	0.43	0.10	0.06	0.06	0.03	0.05	0.04	0.05	0.19	0.51
1976	1.35	1.60	2.16	0.22	0.06	0.06	0.07	0.07	0.03	0.04	0.02	0.05	0.47
1977	0.38	1.11	0.83	0.20	0.08	0.08	0.20	0.08	0.02	0.04	0.03	0.06	0.25
1978	1.45	1.20	0.64	0.35	0.43	0.30	0.10	0.06	0.03	0.03	0.03	0.15	0.39
1979	0.43	0.65	0.96	0.65	0.19	0.26	0.10	0.07	0.05	0.03	0.03	0.17	0.30
1980	0.12	0.38	1.18	0.36	0.12	0.11	0.06	0.06	0.06	0.03	0.02	0.02	0.21
1981	0.89	2.29	1.14	0.22	0.08	0.08	0.08	0.06	0.01	0.07	0.05	0.07	0.41
1982	1.82	1.16	1.33	0.41	0.10	0.07	0.12	0.08	0.02	0.03	0.17	0.32	0.47
1983	0.55	1.45	2.22	0.52	0.19	0.15	0.08	0.06	0.04	0.03	0.01	0.10	0.45
1984	1.64	1.76	1.03	0.50	0.20	0.25	0.13	0.05	0.04	0.03	0.35	1.21	0.59
1985	0.57	1.28	0.82	0.19	0.15	0.09	0.06	0.06	0.16	0.06	0.09	0.11	0.30
1986	1.18	1.97	1.17	0.25	0.13	0.10	0.07	0.06	0.16	0.02	0.02	0.05	0.42
1987	2.75	1.60	1.50	0.28	0.23	0.14	0.14	0.06	0.05	0.03	0.03	0.08	0.57
1988	0.57	1.23	1.41	0.34	0.09	0.09	0.07	0.06	0.15	0.04	0.02	0.09	0.34
1989	0.30	0.76	1.12	0.38	0.15	0.12	0.12	0.07	0.11	0.03	0.02	0.10	0.27
1990	0.30	0.71	1.64	0.35	0.26	0.12	0.09	0.04	0.13	0.03	0.03	0.13	0.32
1991	0.59	0.80	1.25	0.25	0.07	0.07	0.07	0.05	0.15	0.04	0.07	0.33	0.31
1992	0.33	0.50	1.39	0.27	0.33	0.26	0.14	0.06	0.05	0.04	0.01	0.03	0.28
1993	0.59	0.49	1.48	0.54	0.16	0.10	0.10	0.05	0.19	0.03	0.16	0.30	0.35
1994	1.34	2.12	1.40	0.30	0.08	0.08	0.09	0.05	0.04	0.04	0.03	0.19	0.47
1995	0.25	0.55	1.54	0.42	0.74	0.39	0.11	0.04	0.07	0.03	0.11	0.27	0.38
1996	0.45	1.11	1.53	0.38	0.17	0.12	0.13	0.06	0.09	0.03	0.02	0.19	0.35
1997	0.80	1.61	0.97	0.37	0.06	0.11	0.08	0.05	0.16	0.04	0.04	0.21	0.37
1998	0.67	1.34	1.30	0.42	0.14	0.12	0.14	0.03	0.13	0.04	0.04	0.08	0.36
1999	0.21	1.14	1.52	0.71	0.06	0.05	0.09	0.08	0.18	0.03	0.05	0.07	0.34
2000	0.90	1.91	1.45	0.48	0.14	0.12	0.07	0.07	0.09	0.03	0.02	0.18	0.45
2001	1.94	2.78	2.07	1.10	0.29	0.25	0.38	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76
2002	0.05	1.40	1.47	0.49	0.21	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.11	0.32
2003	0.26	1.24	1.06	0.49	0.13	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.00	0.00	0.29
2004	0.89	1.42	0.37	0.43	0.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
2005	0.10	1.29	0.45	0.30	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.14	0.21
2006	1.35	1.29	2.00	0.69	0.14	0.10	0.09	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.48
2007	0.64	0.62	0.99	0.45	0.12	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.28
2008	0.65	0.58	0.32	0.10	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.16
2009	0.29	0.81	0.83	0.46	0.10	0.06	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06	0.07	0.24
2010	0.47	1.23	1.12	0.27	0.09	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.20	0.30
2011	0.26	1.53	0.71	0.59	0.11	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.05	0.55	0.33
2012	1.68	2.72	0.88	1.35	0.19	0.11	0.08	0.07	0.06	0.06	0.09	0.24	0.61
2013	0.68	0.78	0.79	0.37	0.31	0.09	0.16	0.32	0.24	0.34	0.30	0.18	0.38
Min.	0.05	0.38	0.32	0.09	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
Prom.	0.85	1.32	1.25	0.41	0.16	0.12	0.10	0.07	0.07	0.04	0.06	0.16	0.38
Max.	3.20	2.82	2.48	1.35	0.74	0.59	0.61	0.48	0.24	0.34	0.38	1.21	0.76

## Anexo 6: Serie de Caudales Naturalizados Embalse el Frayle

QN-2007 Caudales Naturales en el punto de control Embalse el Frayle													
Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
1965	2.25	1.82	2.32	1.37	1.13	1.36	1.13	1.29	1.33	1.29	1.22	1.54	1.50
1966	1.54	4.37	4.55	2.82	0.98	0.94	1.31	0.83	1.25	1.20	1.70	1.12	1.87
1967	1.11	10.73	11.75	2.08	1.03	0.88	1.02	1.06	1.11	1.06	1.31	1.47	2.84
1968	4.74	2.41	10.83	3.11	2.02	1.01	1.12	0.96	0.91	1.37	2.37	1.76	2.73
1969	2.77	8.99	5.34	1.91	1.60	1.38	2.20	2.45	2.32	1.64	1.86	1.95	2.83
1970	6.32	6.51	7.13	2.08	2.56	3.20	2.25	1.72	0.80	0.91	0.58	1.51	2.95
1971	0.59	9.22	7.25	1.58	1.56	3.89	1.30	1.06	0.67	0.78	0.83	3.51	2.65
1972	7.22	9.71	24.41	5.99	1.29	1.08	1.63	1.71	2.51	2.29	1.26	4.58	5.30
1973	8.10	18.01	12.84	5.27	1.07	1.29	2.02	6.73	2.30	1.38	0.22	1.22	4.97
1974	21.28	15.71	11.31	2.57	0.74	0.84	1.71	2.78	2.98	2.64	2.98	1.89	5.58
1975	7.62	21.25	15.83	3.40	3.09	3.91	2.12	6.03	2.60	1.96	1.55	3.11	5.96
1976	9.82	8.58	9.32	2.81	1.28	2.85	1.30	0.51	1.77	1.54	0.76	1.29	3.46
1977	2.32	16.23	18.59	1.85	1.78	2.24	1.48	0.93	1.07	1.30	1.88	1.54	4.20
1978	8.02	4.95	1.75	2.38	1.10	0.86	1.13	1.40	1.45	0.79	2.55	1.42	2.30
1979	3.18	1.69	5.59	1.49	1.04	1.09	1.52	1.58	1.19	1.23	1.14	1.68	1.88
1980	1.57	1.43	4.26	1.30	0.78	1.06	1.00	0.63	0.85	2.54	0.80	0.76	1.42
1981	4.96	15.83	7.91	3.23	0.91	0.78	1.47	1.57	1.04	1.00	0.95	2.31	3.43
1982	5.87	2.06	2.46	2.20	0.65	1.20	1.07	0.85	1.13	1.30	1.62	0.72	1.76
1983	1.30	0.91	1.68	1.44	1.08	0.95	0.94	0.86	0.86	0.86	0.85	0.97	1.06
1984	6.73	26.36	14.91	3.75	0.76	0.90	0.89	0.76	1.23	2.53	3.41	2.07	5.23
1985	2.35	14.16	8.60	6.14	1.62	1.93	1.14	1.31	1.74	2.59	2.88	2.85	3.87
1986	11.62	14.92	20.06	4.89	1.28	1.47	1.45	3.57	2.26	1.48	0.73	3.47	5.57
1987	13.98	3.53	1.34	3.53	1.06	1.66	1.47	0.92	0.87	1.09	0.94	1.19	2.63
1988	8.18	5.88	3.34	5.06	1.94	0.57	1.51	0.98	1.80	0.40	0.67	1.27	2.62
1989	2.28	6.79	6.92	7.10	0.96	0.89	0.94	1.16	0.46	0.80	1.03	0.86	2.49
1990	2.90	0.42	2.42	1.10	0.77	1.66	0.66	0.54	0.57	0.74	0.75	1.49	1.18
1991	4.01	7.75	13.38	1.42	0.72	1.03	1.53	1.12	1.27	1.38	1.27	0.89	2.96
1992	0.68	0.86	0.85	0.61	0.59	0.68	0.91	0.92	0.31	0.45	0.14	2.13	0.76
1993	10.78	2.05	6.85	1.22	0.69	1.49	1.86	4.65	5.48	3.56	2.63	2.78	3.69
1994	9.58	32.28	2.67	1.64	0.88	1.19	1.18	0.97	0.54	0.58	0.79	1.42	4.31
1995	2.19	1.20	6.91	1.27	0.58	0.90	1.61	0.72	0.29	0.19	6.29	1.60	1.98
1996	2.08	8.12	3.92	3.82	1.11	0.75	0.72	0.58	0.30	0.54	0.75	1.27	1.96
1997	3.16	23.05	7.96	2.13	0.81	0.35	0.82	1.12	0.81	1.35	1.37	1.04	3.55
1998	7.49	8.69	1.69	1.23	0.98	0.73	1.10	0.62	0.62	0.66	0.79	0.74	2.08
1999	3.21	21.82	22.97	6.08	8.63	3.89	0.56	0.62	0.54	1.06	0.87	3.40	6.06
2000	6.34	18.44	11.77	2.17	0.85	0.66	3.02	0.53	0.44	0.37	0.48	2.07	3.85
2001	8.47	25.88	34.11	5.26	2.80	1.41	1.46	0.98	0.18	0.82	0.79	0.79	6.82
2002	2.24	21.90	23.82	6.99	1.83	0.99	1.80	0.93	1.36	1.14	1.05	1.43	5.37
2003	2.84	3.81	3.39	2.88	1.07	0.73	0.91	0.47	0.69	0.70	1.15	0.80	1.60
2004	4.41	11.59	3.42	3.60	0.77	0.79	0.99	0.83	0.70	0.82	0.75	0.83	2.40
2005	2.35	10.40	3.84	2.17	0.78	0.66	0.83	0.75	0.80	0.61	0.49	1.16	2.02
2006	9.59	19.51	18.29	10.82	1.69	0.93	0.81	0.52	0.90	0.72	0.98	0.46	5.35
2007	6.93	4.14	15.00	4.35	0.93	0.63	0.79	0.79	0.82	0.85	0.56	0.39	3.02
2008	10.07	5.05	3.60	0.82	0.66	0.73	0.71	0.64	0.59	0.77	0.81	1.46	2.15
2009	5.68	8.14	10.85	2.26	0.71	0.65	0.86	0.71	0.93	0.95	0.91	1.02	2.78
2010	3.61	9.11	3.13	1.04	0.72	0.66	0.61	0.80	0.74	0.49	0.54	3.25	2.02
2011	5.96	24.65	13.56	4.75	1.06	0.77	0.68	0.71	0.68	0.52	0.80	4.54	4.77
2012	20.47	43.32	12.78	7.77	1.72	1.14	0.89	0.76	0.71	0.66	0.45	7.52	7.98
2013	18.92	11.56	11.24	1.47	0.88	0.79	0.60	0.49	0.39	0.79	0.75	1.70	4.11
Min.	0.59	0.42	0.85	0.61	0.58	0.35	0.56	0.47	0.18	0.19	0.14	0.39	0.76
Prom.	6.12	11.34	9.36	3.19	1.34	1.27	1.25	1.34	1.17	1.16	1.27	1.84	3.34
Max.	21.28	43.32	34.11	10.82	8.63	3.91	3.02	6.73	5.48	3.56	6.29	7.52	7.98

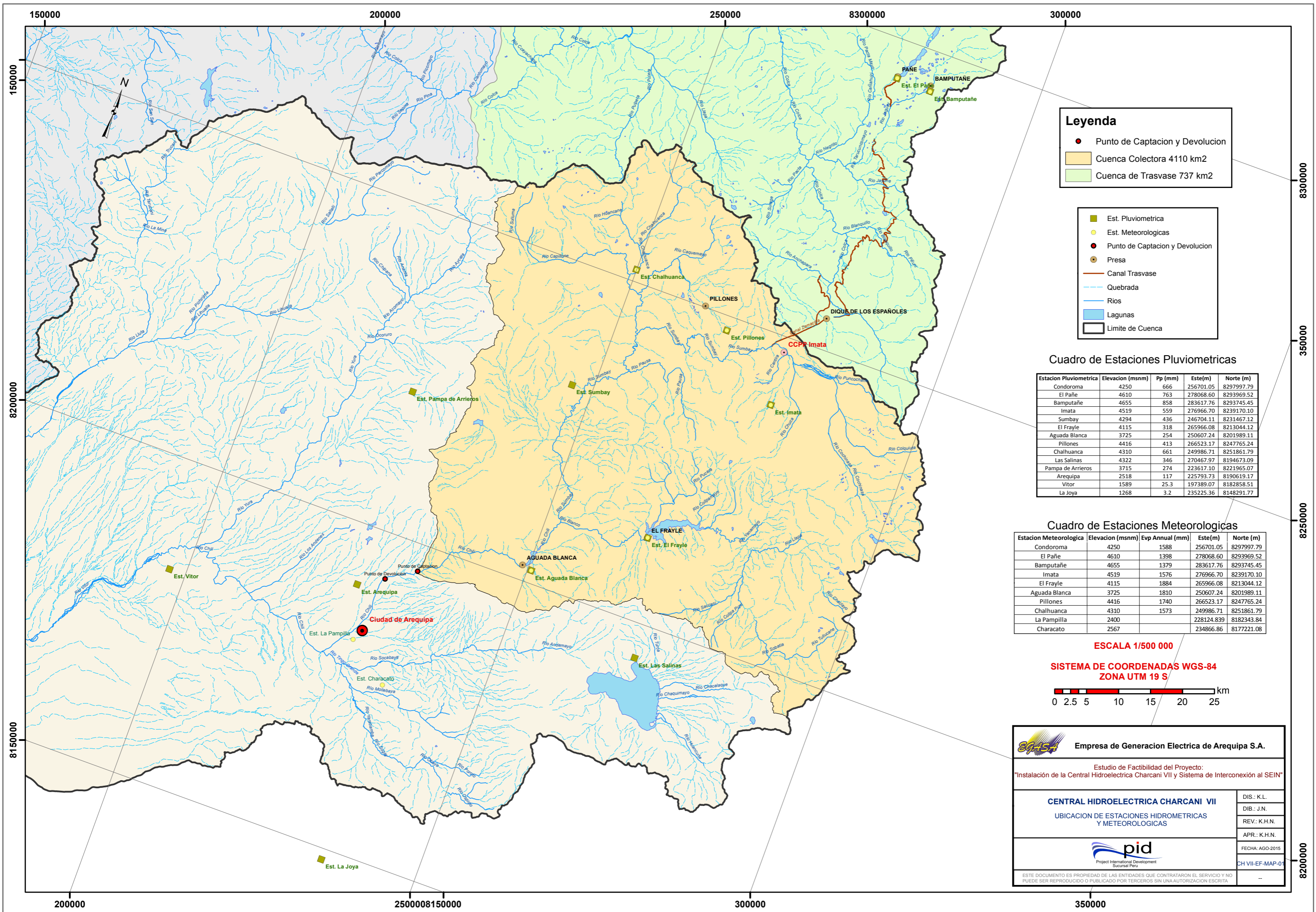


## Anexo 7: Serie de Caudales Naturalizados Embalse Pillones

QN-2008 Caudales Naturales en el punto de control Embalse Pillones													
Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
1965	0.34	0.92	2.19	0.26	0.57	0.56	0.58	0.02	0.01	0.04	0.03	0.10	0.47
1966	0.19	0.82	1.42	0.08	0.07	0.08	0.07	0.03	0.03	0.03	0.02	0.08	0.24
1967	0.46	0.73	0.92	0.29	0.08	0.10	0.11	0.02	0.01	0.04	0.32	0.07	0.26
1968	0.34	0.42	0.43	0.22	0.09	0.09	0.09	0.01	0.00	0.08	0.36	0.61	0.23
1969	0.63	1.47	1.66	0.32	0.13	0.07	0.07	0.04	0.05	0.03	0.03	0.11	0.38
1970	1.75	1.77	0.92	0.26	0.09	0.06	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.13	0.42
1971	0.33	1.38	0.90	0.16	0.06	0.06	0.08	0.06	0.03	0.04	0.03	0.10	0.26
1972	1.35	1.50	2.34	0.57	0.15	0.11	0.04	0.02	0.04	0.03	0.07	0.09	0.52
1973	1.05	2.10	1.27	0.33	0.10	0.07	0.05	0.06	0.04	0.03	0.01	0.02	0.42
1974	3.02	1.57	1.05	0.42	0.21	0.16	0.07	0.04	0.04	0.04	0.05	0.11	0.56
1975	1.22	2.66	1.13	0.41	0.09	0.06	0.06	0.03	0.05	0.04	0.05	0.18	0.48
1976	1.27	1.51	2.04	0.21	0.06	0.06	0.07	0.07	0.03	0.04	0.02	0.05	0.45
1977	0.36	1.05	0.78	0.19	0.08	0.08	0.19	0.08	0.02	0.04	0.03	0.06	0.24
1978	1.37	1.13	0.60	0.33	0.41	0.28	0.09	0.06	0.03	0.03	0.03	0.14	0.37
1979	0.41	0.61	0.91	0.12	0.18	0.25	0.09	0.07	0.05	0.03	0.03	0.16	0.24
1980	0.11	0.36	1.11	0.34	0.11	0.10	0.06	0.06	0.06	0.03	0.02	0.02	0.20
1981	0.84	2.16	1.08	0.21	0.08	0.08	0.08	0.06	0.01	0.07	0.05	0.07	0.39
1982	1.72	1.09	1.25	0.39	0.09	0.07	0.11	0.08	0.02	0.03	0.16	0.30	0.44
1983	0.52	0.83	1.65	0.49	0.18	0.14	0.08	0.06	0.04	0.03	0.01	0.09	0.34
1984	1.55	1.66	0.97	0.47	0.19	0.24	0.12	0.05	0.04	0.03	0.33	1.14	0.56
1985	0.54	1.20	0.77	0.18	0.14	0.09	0.06	0.06	0.15	0.05	0.09	0.10	0.28
1986	1.12	1.86	1.10	0.24	0.12	0.09	0.06	0.06	0.15	0.02	0.02	0.04	0.40
1987	2.60	1.51	1.42	0.26	0.21	0.13	0.13	0.06	0.05	0.03	0.03	0.07	0.54
1988	0.54	1.16	1.33	0.32	0.09	0.08	0.07	0.06	0.14	0.00	0.02	0.08	0.32
1989	0.29	0.71	1.05	0.36	0.14	0.11	0.11	0.06	0.10	0.02	0.02	0.09	0.25
1990	0.00	0.67	1.50	0.20	0.25	0.12	0.08	0.04	0.10	0.03	0.03	0.13	0.26
1991	0.56	0.75	1.18	0.23	0.06	0.07	0.07	0.04	0.10	0.03	0.06	0.31	0.29
1992	0.31	0.47	1.17	0.07	0.31	0.25	0.14	0.05	0.05	0.04	0.01	0.03	0.24
1993	0.56	0.46	1.40	0.50	0.15	0.10	0.10	0.05	0.17	0.03	0.01	0.28	0.32
1994	1.27	2.00	0.41	0.29	0.07	0.08	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03	0.18	0.37
1995	0.04	0.51	1.45	0.21	0.31	0.37	0.10	0.03	0.06	0.03	0.07	0.25	0.29
1996	0.43	1.05	1.44	0.36	0.16	0.11	0.12	0.06	0.08	0.03	0.02	0.18	0.33
1997	0.75	1.52	0.92	0.35	0.05	0.10	0.08	0.05	0.13	0.03	0.04	0.19	0.34
1998	0.63	1.26	1.22	0.40	0.13	0.03	0.13	0.03	0.12	0.04	0.04	0.07	0.34
1999	0.19	1.08	1.44	0.67	0.05	0.05	0.08	0.07	0.17	0.02	0.04	0.07	0.32
2000	0.85	1.80	1.37	0.46	0.13	0.11	0.07	0.07	0.08	0.02	0.02	0.17	0.42
2001	1.83	2.62	1.95	1.03	0.27	0.23	0.36	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72
2002	0.05	1.32	1.38	0.46	0.20	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.11	0.30
2003	0.24	1.17	1.00	0.46	0.13	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.00	0.00	0.28
2004	0.84	1.34	0.35	0.41	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
2005	0.09	1.22	0.42	0.28	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.13	0.20
2006	1.28	1.21	1.88	0.65	0.13	0.09	0.08	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.45
2007	0.49	0.26	0.80	0.25	0.00	0.11	0.16	0.16	0.12	0.03	0.03	0.13	0.21
2008	0.13	0.64	0.89	0.51	0.05	0.07	0.12	0.10	0.00	0.05	0.05	0.09	0.22
2009	0.11	0.00	1.10	0.35	0.21	0.17	0.25	0.06	0.12	0.14	0.14	0.81	0.29
2010	0.62	0.01	1.48	0.15	0.09	0.14	0.14	0.19	0.31	0.33	0.28	0.00	0.32
2011	0.00	1.76	2.37	0.51	0.08	0.06	0.10	0.07	0.12	0.12	0.33	2.50	0.66
2012	2.42	0.48	0.63	0.38	0.03	0.06	0.08	0.14	0.44	0.00	0.22	0.27	0.43
2013	1.82	2.48	1.01	0.10	0.14	0.05	0.10	0.51	0.27	0.35	0.30	0.04	0.59
Min.	0.00	0.00	0.35	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
Prom.	0.80	1.19	1.20	0.34	0.14	0.12	0.10	0.08	0.08	0.05	0.07	0.20	0.36
Max.	3.02	2.66	2.37	1.03	0.57	0.56	0.58	0.51	0.44	0.35	0.36	2.50	0.72

## Anexo 8: Serie de Caudales Naturalizados Embalse Challuanca

QN-2010 Caudales Naturales en el punto de control Presa Chalhuanca													
Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
1965	0.32	0.04	0.23	0.09	0.17	0.25	0.10	0.06	0.06	0.09	0.30	0.12	0.15
1966	0.17	0.49	0.50	0.77	0.06	0.01	0.19	0.03	0.02	0.10	0.10	0.06	0.20
1967	0.09	1.25	2.92	0.28	0.14	0.08	0.18	0.17	0.08	0.14	0.05	0.06	0.45
1968	0.51	0.07	1.90	0.48	0.37	0.14	0.20	0.15	0.11	0.19	0.04	0.05	0.35
1969	0.16	1.51	0.49	0.36	0.24	0.27	0.24	0.18	0.16	0.42	0.17	0.34	0.37
1970	1.25	0.75	0.79	0.21	0.10	0.10	0.34	0.13	0.10	0.13	0.08	0.32	0.36
1971	0.00	1.11	1.07	0.22	0.15	0.19	0.16	0.04	0.11	0.06	0.03	0.15	0.27
1972	0.55	3.74	5.77	1.51	0.19	0.11	0.28	0.15	0.11	0.19	0.06	0.25	1.06
1973	4.31	4.76	3.06	1.07	1.59	0.10	0.34	0.58	0.65	0.81	0.19	0.29	1.47
1974	3.16	2.67	2.18	0.63	0.85	0.29	0.05	0.52	0.21	0.14	0.05	0.08	0.90
1975	0.29	2.48	1.67	0.55	0.14	0.30	0.32	0.02	0.05	0.05	0.07	0.48	0.52
1976	1.66	0.94	0.69	0.14	0.03	0.06	0.22	0.02	0.17	0.22	0.47	0.62	0.44
1977	0.24	1.67	2.25	0.19	0.04	0.11	0.15	0.02	0.07	0.02	0.20	0.49	0.45
1978	0.85	0.98	0.40	0.31	0.06	0.20	0.17	0.03	0.09	0.08	0.09	0.11	0.28
1979	0.05	0.18	0.68	0.00	0.15	0.21	0.23	0.09	0.04	0.07	0.11	0.10	0.16
1980	0.33	0.19	0.27	0.14	0.17	0.08	0.07	0.07	0.04	0.14	0.04	0.04	0.13
1981	0.08	2.55	1.07	0.51	0.12	0.17	0.21	0.27	0.25	0.15	0.09	0.36	0.47
1982	0.32	0.28	0.40	0.37	0.09	0.03	0.16	0.13	0.14	0.14	0.24	0.34	0.22
1983	0.11	0.00	0.00	0.10	0.08	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	0.20	0.11
1984	0.30	2.98	1.84	0.60	0.21	0.21	0.22	0.25	0.15	0.28	0.30	0.62	0.65
1985	0.46	3.10	2.13	1.92	0.46	0.39	0.23	0.09	0.05	0.02	0.03	0.41	0.76
1986	2.43	3.65	2.66	1.67	0.31	0.19	0.22	0.10	0.04	0.24	0.26	0.47	1.01
1987	2.75	0.88	0.25	0.83	0.33	0.04	0.16	0.36	0.27	0.11	0.04	0.10	0.51
1988	1.59	0.93	0.46	1.02	0.16	0.20	0.04	0.14	0.08	0.00	0.04	0.08	0.39
1989	0.50	1.05	0.48	0.92	0.14	0.17	0.15	0.12	0.07	0.08	0.00	0.08	0.31
1990	0.00	1.80	0.00	0.00	0.06	0.08	0.06	0.02	0.00	0.03	0.02	0.20	0.18
1991	0.94	0.98	0.85	0.08	0.01	0.04	0.31	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03	0.27
1992	0.88	1.83	0.00	0.00	0.21	0.09	0.06	0.02	0.06	0.01	0.02	0.09	0.26
1993	1.08	1.83	0.82	0.42	0.02	0.11	0.31	0.11	0.08	0.06	0.00	0.16	0.41
1994	2.45	4.90	0.00	0.17	0.05	0.09	0.17	0.04	0.08	0.03	0.05	0.51	0.69
1995	0.00	1.82	1.12	0.00	0.00	0.02	0.22	0.00	0.04	0.01	0.00	0.03	0.26
1996	0.02	1.05	0.16	0.36	0.23	0.12	0.01	0.13	0.08	0.00	0.09	0.13	0.19
1997	0.47	2.93	1.72	0.07	0.61	0.02	0.14	0.02	0.00	0.02	0.09	0.13	0.50
1998	0.82	0.85	0.09	0.10	0.14	0.00	0.12	0.03	0.00	0.01	0.01	0.08	0.18
1999	0.50	4.89	0.25	1.81	1.30	0.05	0.04	0.21	0.00	0.18	0.03	0.18	0.76
2000	1.21	3.33	2.31	0.12	0.12	0.15	0.37	0.20	0.15	0.14	0.08	0.42	0.70
2001	0.97	3.98	4.21	1.85	0.19	0.24	0.13	0.17	0.26	0.14	0.13	0.10	1.01
2002	0.21	1.96	5.06	1.68	0.34	0.19	0.34	0.26	0.10	0.09	0.24	0.24	0.89
2003	0.38	0.47	0.76	0.63	0.17	0.10	0.18	0.15	0.13	0.11	0.06	0.29	0.29
2004	0.66	2.10	0.60	0.49	0.16	0.16	0.18	0.15	0.21	0.06	0.14	0.10	0.41
2005	0.09	1.62	0.46	0.26	0.04	0.09	0.13	0.11	0.16	0.11	0.07	0.20	0.27
2006	0.30	0.59	1.25	0.73	0.17	0.20	0.10	0.22	0.08	0.07	0.07	0.16	0.33
2007	1.17	1.27	1.87	0.64	0.28	0.16	0.13	0.14	0.14	0.07	0.15	0.16	0.51
2008	1.70	0.89	0.36	0.14	0.07	0.06	0.04	0.05	0.00	0.07	0.01	0.03	0.28
2009	0.00	0.86	2.45	0.37	0.00	0.02	0.05	0.04	0.06	0.02	0.09	0.00	0.33
2010	0.41	1.29	0.87	0.17	0.08	0.12	0.15	0.15	0.07	0.07	0.07	0.24	0.30
2011	1.02	8.36	0.71	0.16	0.21	0.19	0.21	0.25	0.11	0.19	0.00	1.34	1.02
2012	5.94	10.26	4.48	4.64	1.47	0.90	0.73	0.56	0.52	0.26	0.48	1.63	2.61
2013	4.41	4.78	5.24	0.87	0.85	1.02	1.14	0.86	0.40	0.33	0.29	0.14	1.68
Min.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
Prom.	0.98	2.10	1.42	0.63	0.27	0.17	0.21	0.16	0.12	0.12	0.11	0.26	0.54
Max.	5.94	10.26	5.77	4.64	1.59	1.02	1.14	0.86	0.65	0.81	0.48	1.63	2.61



**Leyenda**

- Punto de Captacion y Devolucion
- Cuenca Colectora 4110 km2
- Cuenca de Traslase 737 km2

- Est. Pluviometrica
- Est. Meteorologicas
- Punto de Captacion y Devolucion
- Presa
- Canal Traslase
- Quebrada
- Rios
- Lagunas
- Limite de Cuenca

**Cuadro de Estaciones Pluviometricas**

Estacion Pluviometrica	Elevacion (msnm)	Pp (mm)	Este(m)	Norte (m)
Condorama	4250	666	256701.05	8297997.79
El Pañe	4610	763	278068.60	8293969.52
Bamputañe	4655	858	283617.76	8293745.45
Imata	4519	559	276966.70	8239170.10
Sumbay	4294	436	246704.11	8231467.12
El Frayle	4115	318	265966.08	8213044.12
Aguada Blanca	3725	254	250607.24	8201989.11
Pillones	4416	413	266523.17	8247765.24
Chalhuanca	4310	661	249986.71	8251861.79
Las Salinas	4322	346	270467.97	8194673.09
Pampa de Arrieros	3715	274	223617.10	8221965.07
Arequipa	2518	117	225793.73	8190619.17
Vitor	1589	25.3	197389.07	8182858.51
La Joya	1268	3.2	235225.36	8148291.77

**Cuadro de Estaciones Meteorologicas**

Estacion Meteorologica	Elevacion (msnm)	Evp Annual (mm)	Este(m)	Norte (m)
Condorama	4250	1588	256701.05	8297997.79
El Pañe	4610	1398	278068.60	8293969.52
Bamputañe	4655	1379	283617.76	8293745.45
Imata	4519	1576	276966.70	8239170.10
El Frayle	4115	1884	265966.08	8213044.12
Aguada Blanca	3725	1810	250607.24	8201989.11
Pillones	4416	1740	266523.17	8247765.24
Chalhuanca	4310	1573	249986.71	8251861.79
La Pampilla	2400		228124.839	8182343.84
Characato	2567		234866.86	8177221.08

**ESCALA 1/500 000**  
**SISTEMA DE COORDENADAS WGS-84**  
**ZONA UTM 19 S**

**EGASA** Empresa de Generacion Electrica de Arequipa S.A.

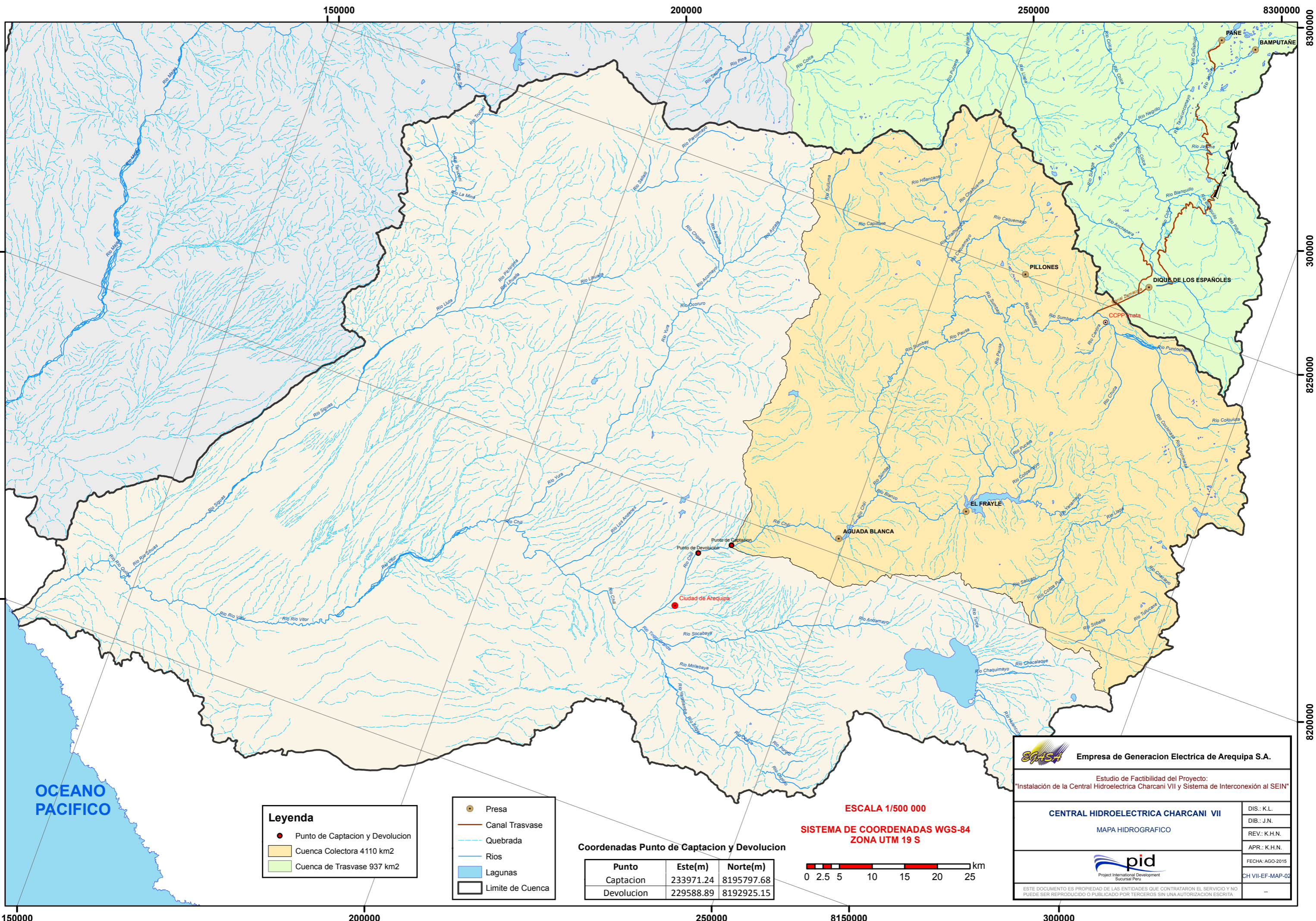
Estudio de Factibilidad del Proyecto:  
 "Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"

**CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII**  
 UBICACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS Y METEOROLOGICAS

DIS.: K.L.  
 DIB.: J.N.  
 REV.: K.H.N.  
 APR.: K.H.N.  
 FECHA: AGO-2015  
 CH VII-EF-MAP-01

**pid**  
 Project International Development  
 Sucursal Peru

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA



OCEANO PACIFICO

**Leyenda**

- Punto de Captacion y Devolucion
- Cuenca Colectora 4110 km<sup>2</sup>
- Cuenca de Traslase 937 km<sup>2</sup>

- Presa
- Canal Traslase
- Quebrada
- Rios
- Lagunas
- Limite de Cuenca

Coordenadas Punto de Captacion y Devolucion

Punto	Este(m)	Norte(m)
Captacion	233971.24	8195797.68
Devolucion	229588.89	8192925.15

**ESCALA 1/500 000**

**SISTEMA DE COORDENADAS WGS-84 ZONA UTM 19 S**

**EGE S.A. Empresa de Generacion Electrica de Arequipa S.A.**

Estudio de Factibilidad del Proyecto:  
"Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"

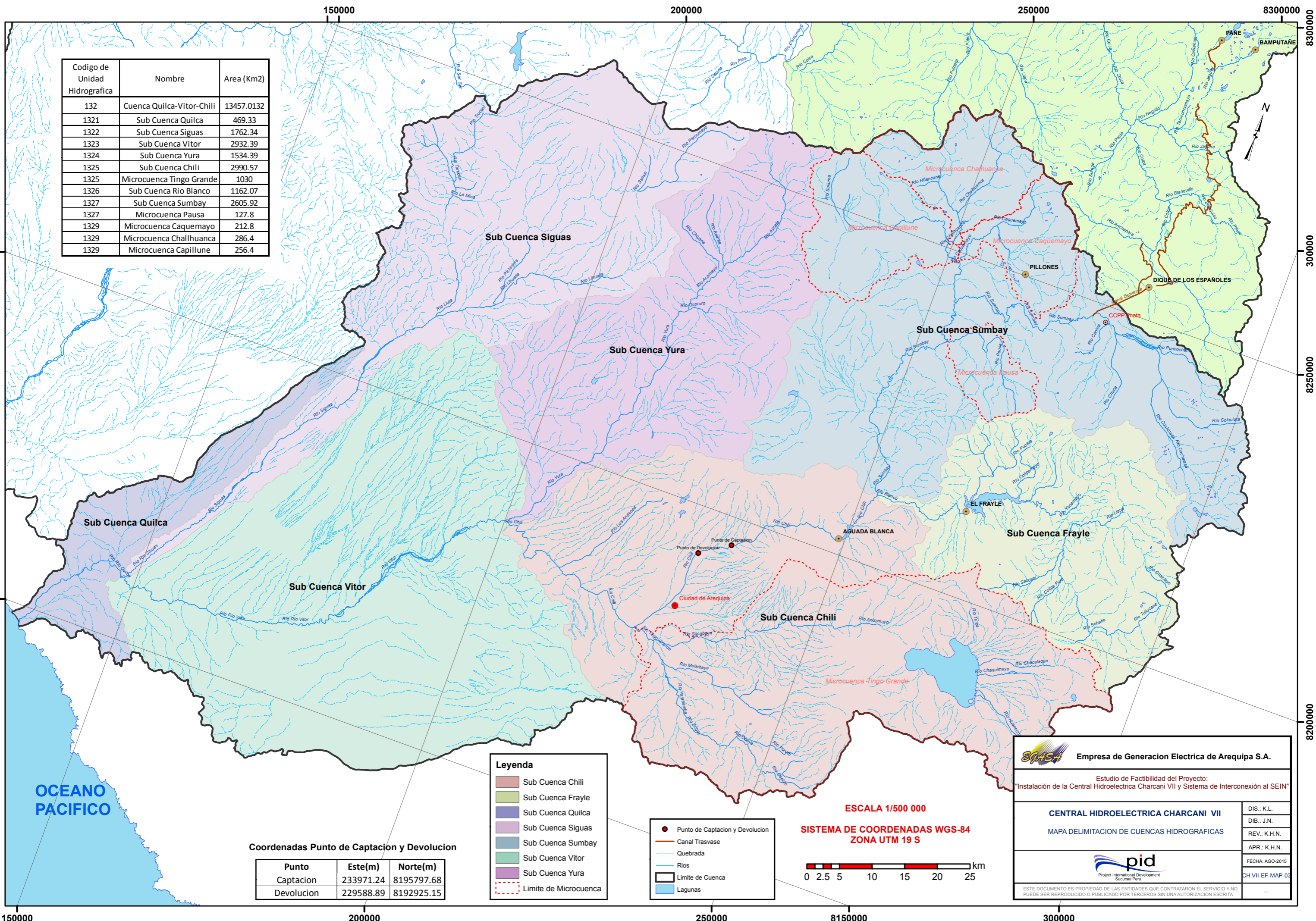
**CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII**  
MAPA HIDROGRAFICO

**pid**  
Project International Development  
Succursal Perú

DIS.: K.L.
DIB.: J.N.
REV.: K.H.N.
APR.: K.H.N.
FECHA: AGO-2015
CH VII-EF-MAP-02
--

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA

Codigo de Unidad Hidrografica	Nombre	Area (Km2)
132	Cuenca Quilca-Vitor-Chili	13457.0132
1321	Sub Cuenca Quilca	469.33
1322	Sub Cuenca Sigwas	1762.34
1323	Sub Cuenca Vitor	2932.39
1324	Sub Cuenca Yura	1534.39
1325	Sub Cuenca Chili	2990.57
1325	Microcuenca Tingo Grande	1030
1326	Sub Cuenca Rio Blanco	1162.07
1327	Sub Cuenca Sumbay	2605.92
1327	Microcuenca Pausa	127.8
1329	Microcuenca Caquemayo	212.8
1329	Microcuenca Chalhuanca	286.4
1329	Microcuenca Capillune	256.4



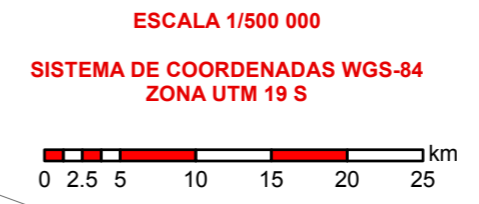
**Coordenadas Punto de Captacion y Devolucion**

Punto	Este(m)	Norte(m)
Captacion	233971.24	8195797.68
Devolucion	229588.89	8192925.15

**Leyenda**

- Sub Cuenca Chili
- Sub Cuenca Frayle
- Sub Cuenca Quilca
- Sub Cuenca Sigwas
- Sub Cuenca Sumbay
- Sub Cuenca Vitor
- Sub Cuenca Yura
- Limite de Microcuenca

- Punto de Captacion y Devolucion
- Canal Trasvase
- Quebrada
- Rios
- Limite de Cuenca
- Lagunas



**EGE S.A. Empresa de Generacion Electrica de Arequipa S.A.**

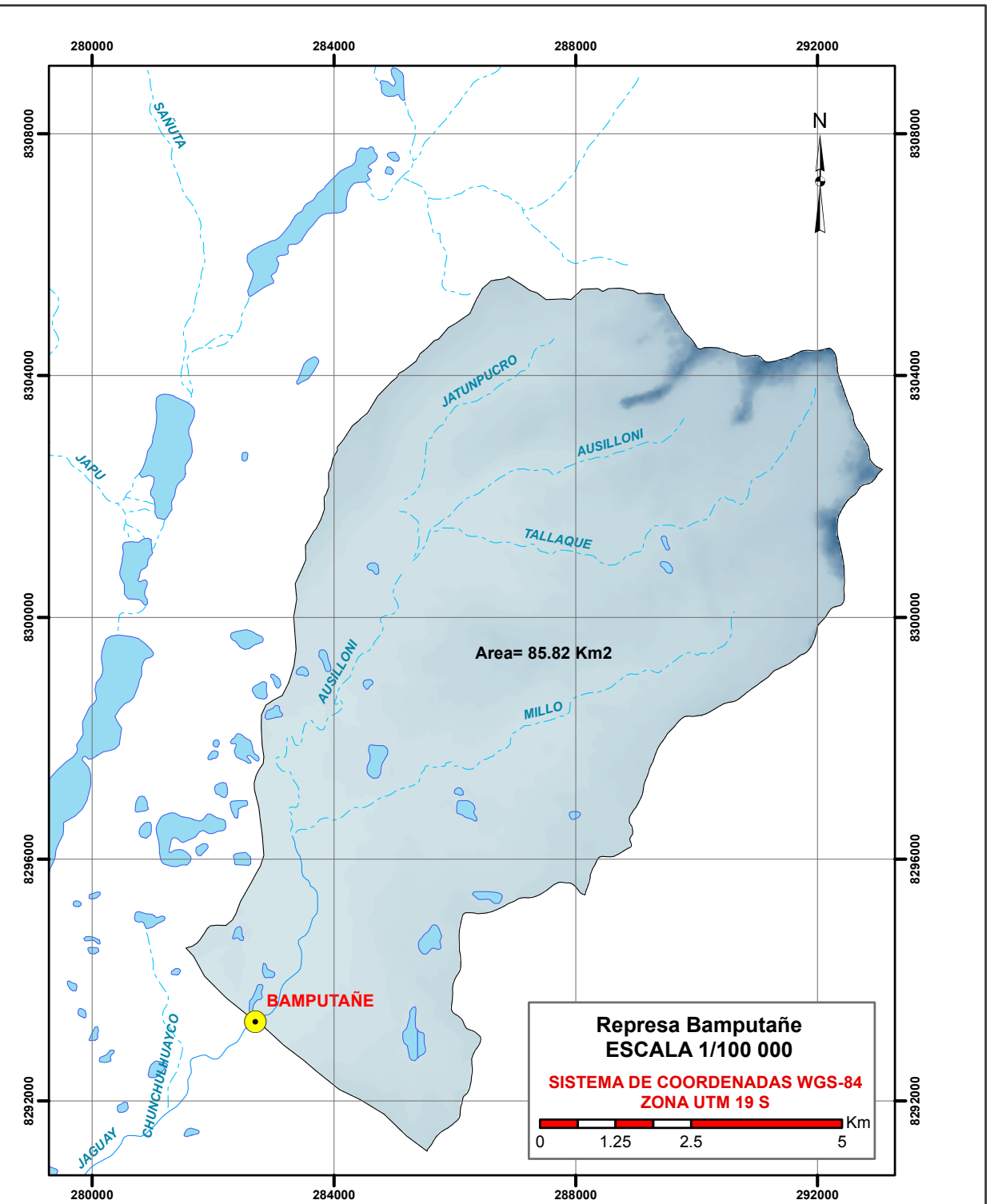
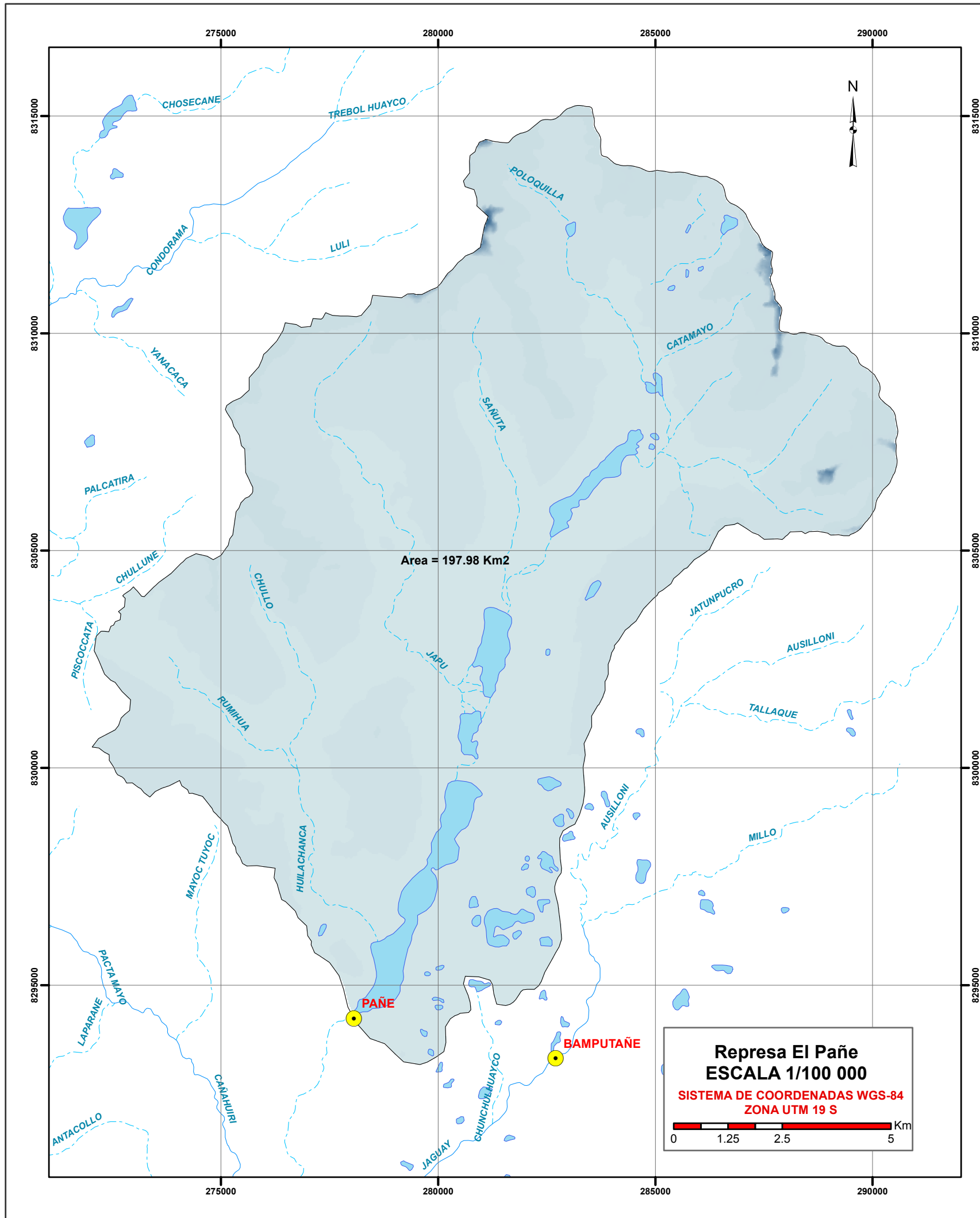
Estudio de Factibilidad del Proyecto:  
"Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"





**CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII**  
MAPA DELIMITACION DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

**pid**  
Project International Development  
Sucursal Perú

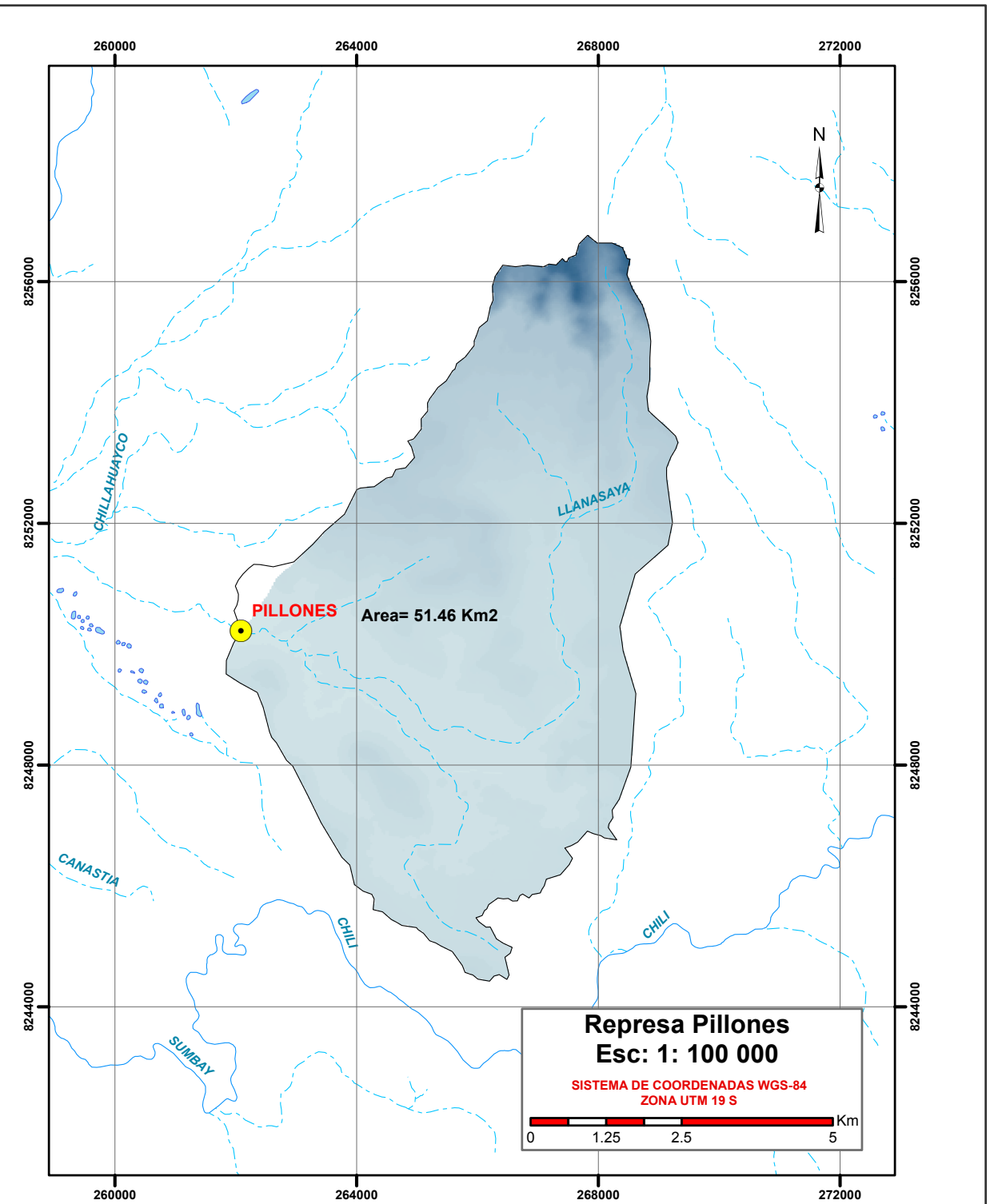
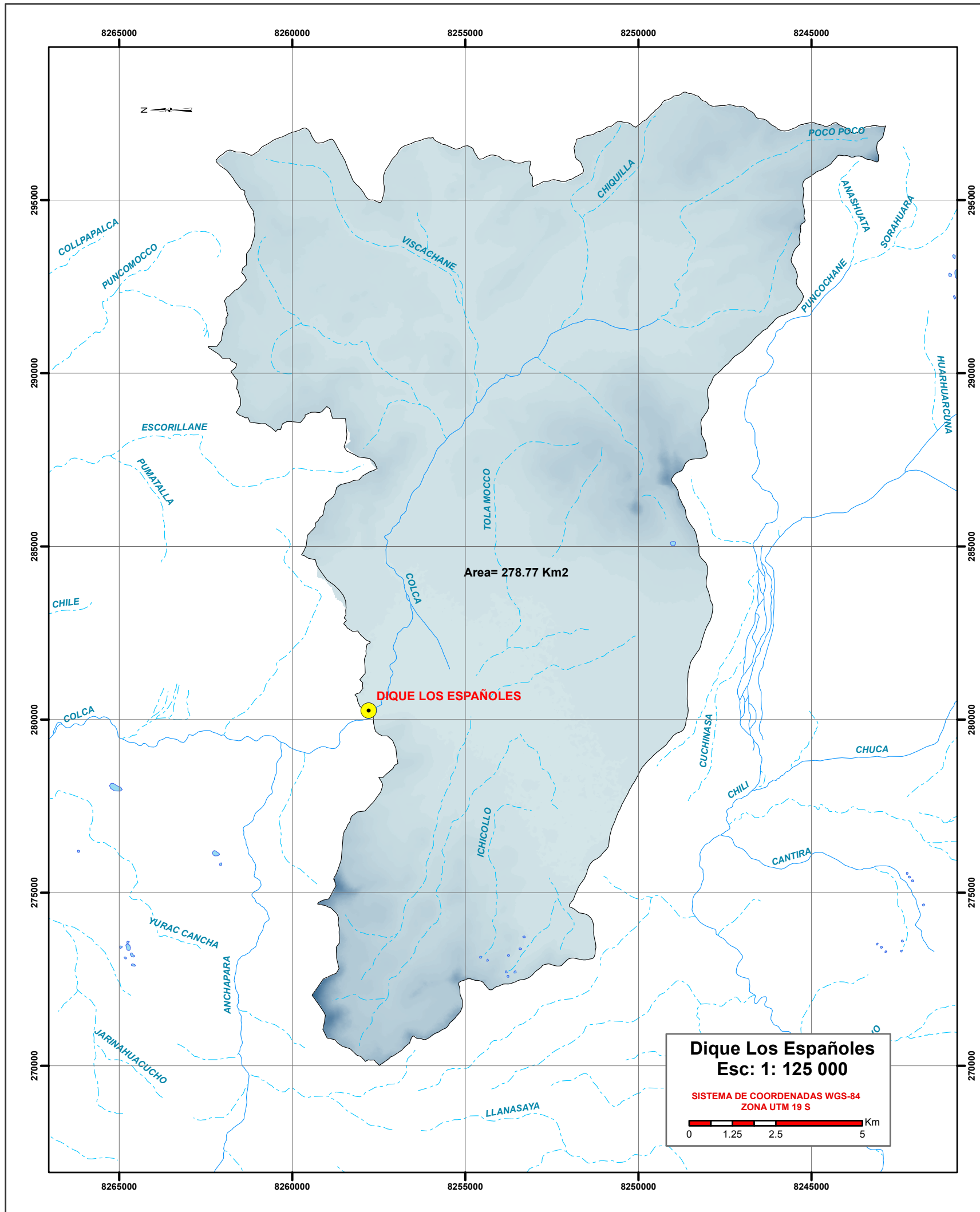
DIS.: K.L.
DIB.: J.N.
REV.: K.H.N.
APR.: K.H.N.
FECHA: AGO-2015
CH VII-EF-MAP-03

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA



- Leyenda**
-  Ubic. Represa
  -  Quebradas
  -  Rios
  -  Lagunas

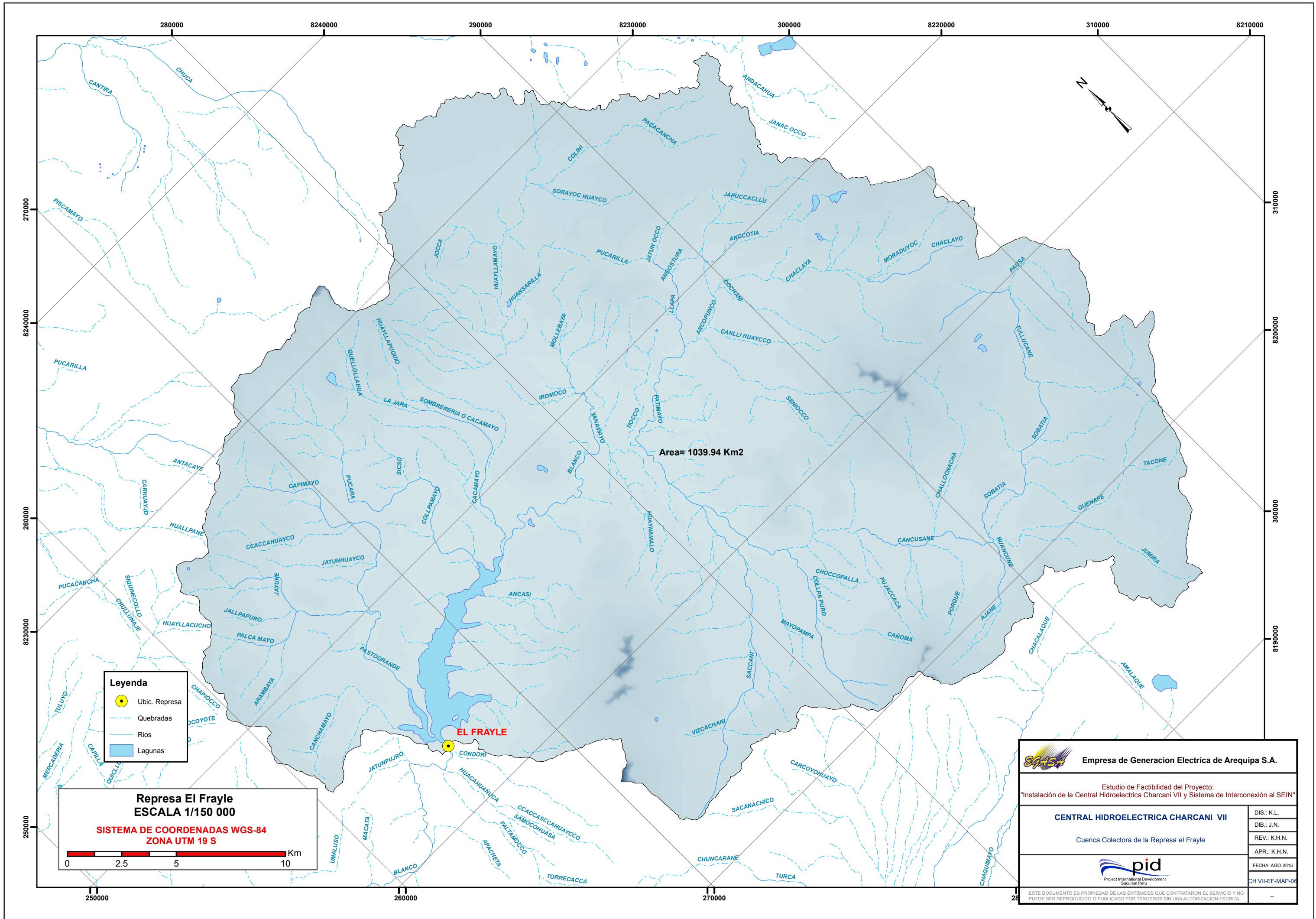
 <b>Empresa de Generacion Electrica de Arequipa S.A.</b>	
Estudio de Factibilidad del Proyecto "Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"	
<b>CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII</b> Cuencas Colectoras de las Represas el Pañe y Bamputañe	
 <b>pid</b> Project International Development Sucursal Perú	
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA	
DIS.: K.L.	
DIB.: J.N.	
REV.: K.H.N.	
APR.: K.H.N.	
FECHA: AGO-2015	
CH VII-EF-MAP-04	



**Leyenda**

- Ubic. Represa
- Quebradas
- Rios
- Lagunas

<b>Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A.</b>	
Estudio de Factibilidad del Proyecto: "Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"	
<b>CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII</b> Cuenca Colectora de la Represa de Pillones y el Dique Los Españoles	DIS.: K.L. DIB.: J.N. REV.: K.H.N. APR.: K.H.N. FECHA: AGO-2015 CH VII-EF-MAP-05
<b>pid</b> Project International Development Sucursal Perú	
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACIÓN ESCRITA	



**Leyenda**

- Ubic. Represa
- Quebradas
- Rios
- Lagunas

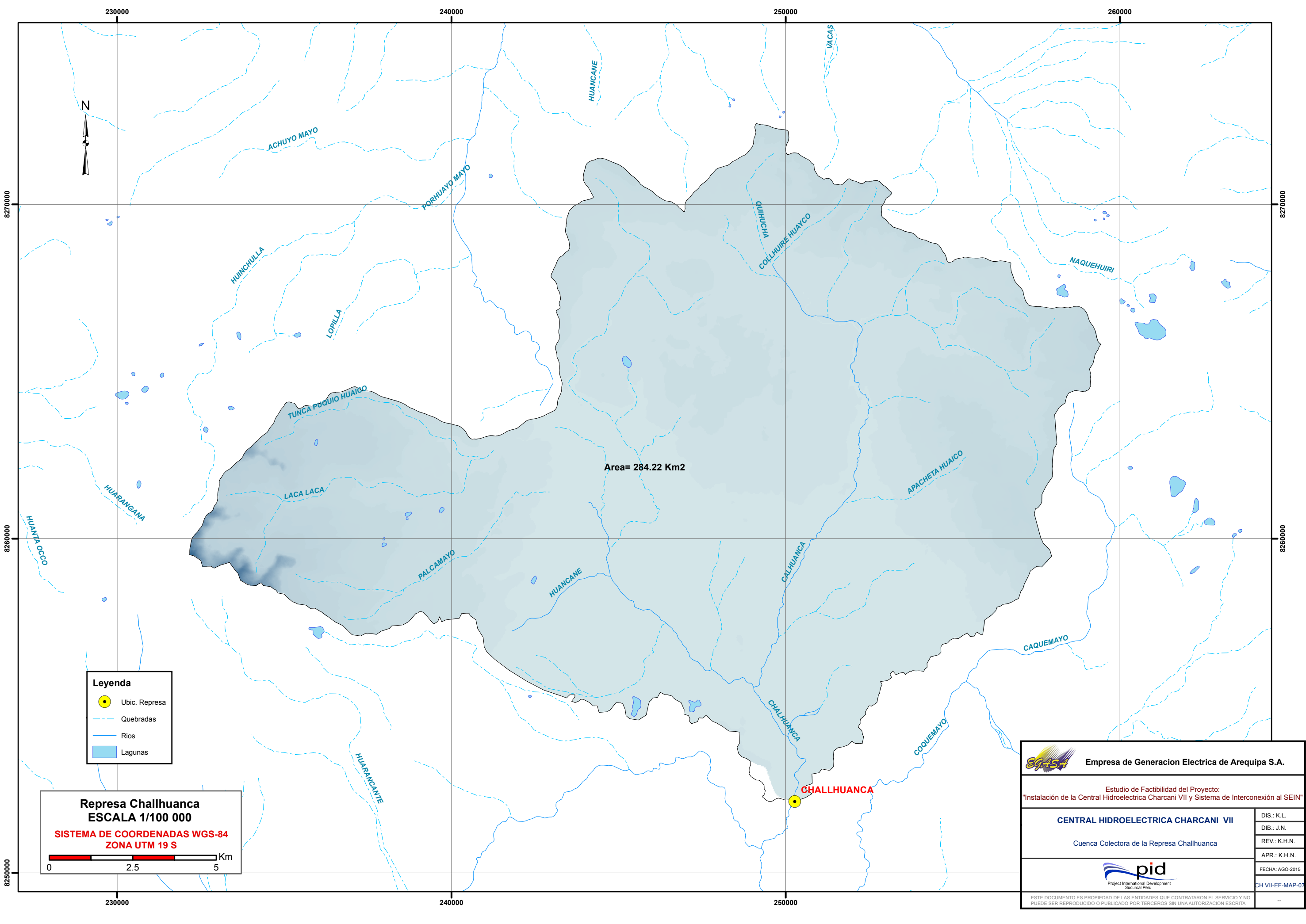
**Represa El Frayle**  
**ESCALA 1/150 000**

**SISTEMA DE COORDENADAS WGS-84**  
**ZONA UTM 19 S**

0    2.5    5    10 Km

<b>Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A.</b>	
Estudio de Factibilidad del Proyecto: "Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"	
<b>CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII</b> Cuenca Colectora de la Represa el Frayle	
Project International Development Sucursal Perú	
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACIÓN ESCRITA	
DIS.: K.L. DIB.: J.N. REV.: K.H.N. APR.: K.H.N. FECHA: AGO-2015 CH VII-EF-MAP-06	



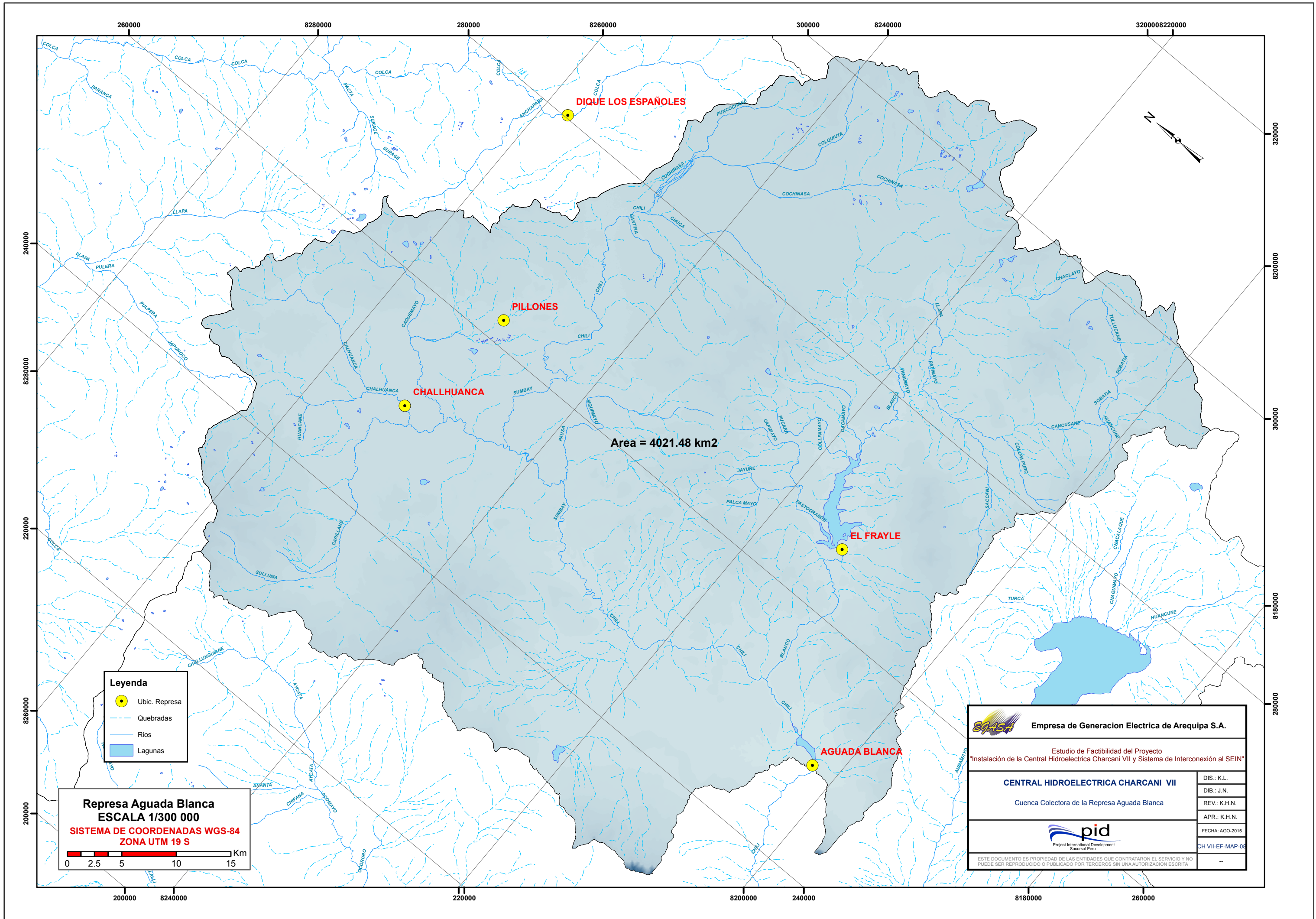


**Leyenda**

- Ubic. Represa
- Quebradas
- Rios
- Lagunas

**Represa Challhuanca**  
**ESCALA 1/100 000**  
**SISTEMA DE COORDENADAS WGS-84**  
**ZONA UTM 19 S**

<b>Empresa de Generacion Electrica de Arequipa S.A.</b>	
Estudio de Factibilidad del Proyecto: "Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"	
<b>CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII</b> Cuenca Colectora de la Represa Challhuanca	
Project International Development Sucreal Perú	
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA</small>	
DIS.: K.L. DIB.: J.N. REV.: K.H.N. APR.: K.H.N. FECHA: AGO-2015 CH VII-EF-MAP-07	-



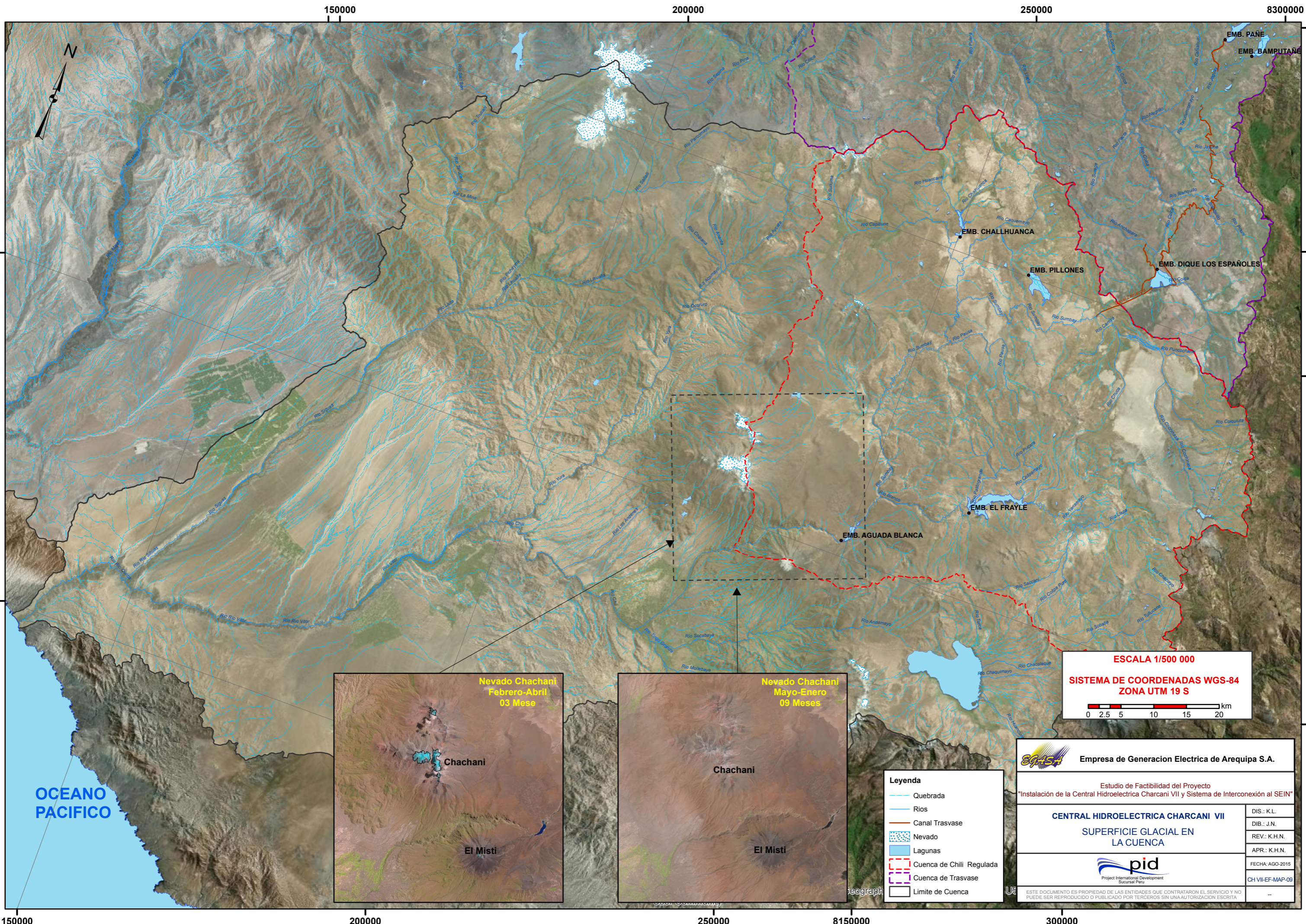
**Leyenda**

- Ubic. Represa
- Quebradas
- Rios
- Lagunas

**Represa Aguada Blanca**  
**ESCALA 1/300 000**  
**SISTEMA DE COORDENADAS WGS-84**  
**ZONA UTM 19 S**

0 2.5 5 10 15 Km

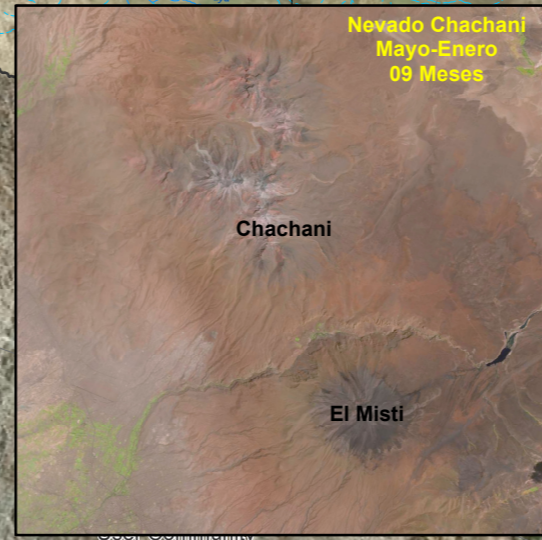
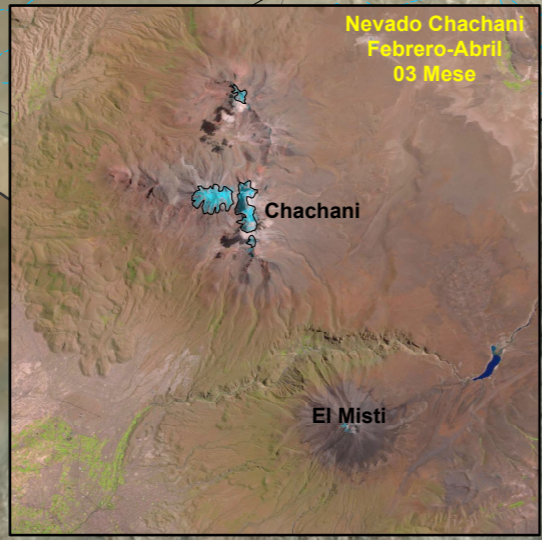
<b>Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A.</b>	
Estudio de Factibilidad del Proyecto "Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"	
<b>CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII</b> Cuenca Colectora de la Represa Aguada Blanca	
Project International Development Sucursal Perú	DIS.: K.L. DIB.: J.N. REV.: K.H.N. APR.: K.H.N. FECHA: AGO-2015 CH VII-EF-MAP-08
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACIÓN ESCRITA.	



8200000  
8150000  
150000  
200000  
250000  
300000  
8300000



OCEANO PACIFICO



**ESCALA 1/500 000**  
**SISTEMA DE COORDENADAS WGS-84**  
**ZONA UTM 19 S**

- Leyenda**
- Quebrada
  - Rios
  - Canal Trasvase
  - Nevado
  - Lagunas
  - Cuenca de Chilli Regulada
  - Cuenca de Trasvase
  - Limite de Cuenca

**EGASA** Empresa de Generacion Electrica de Arequipa S.A.

Estudio de Factibilidad del Proyecto  
"Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"

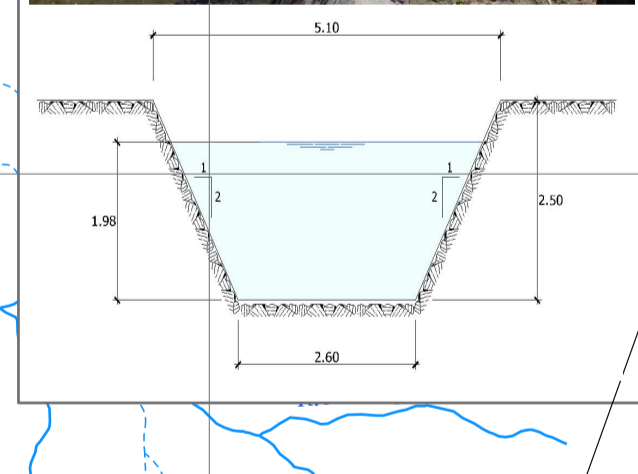
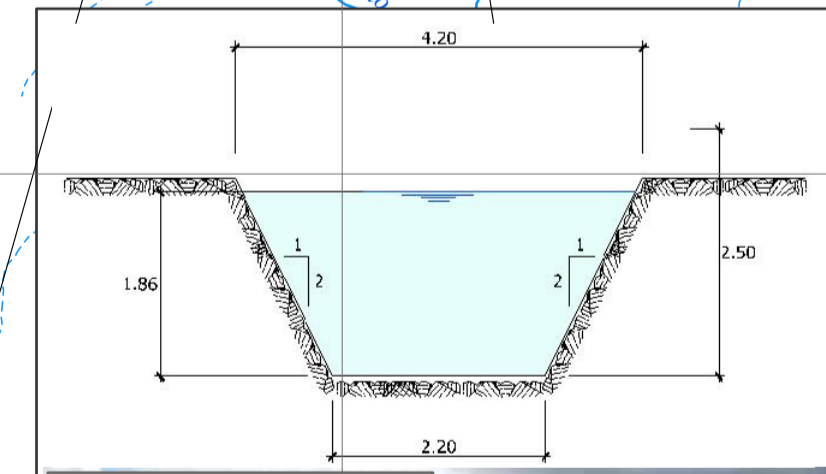
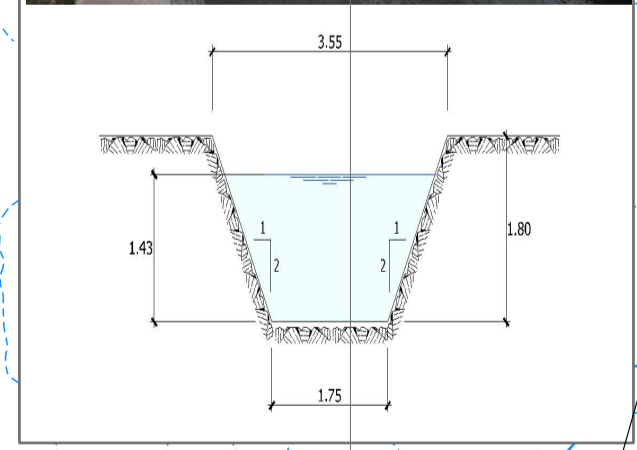
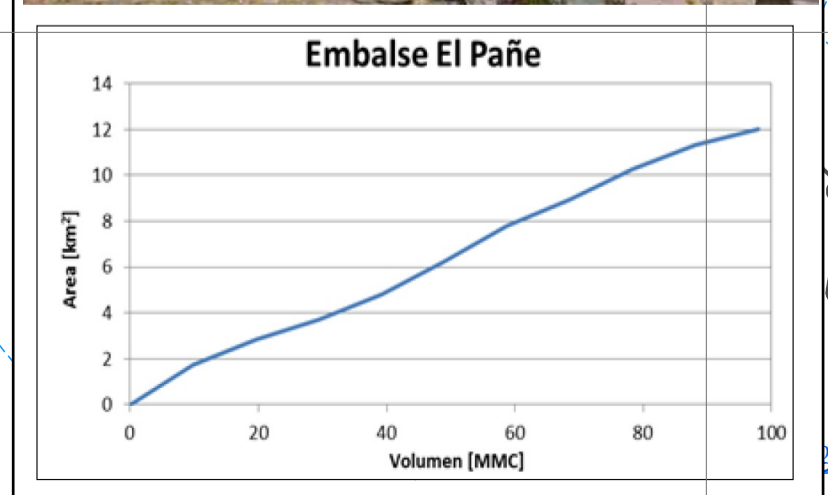
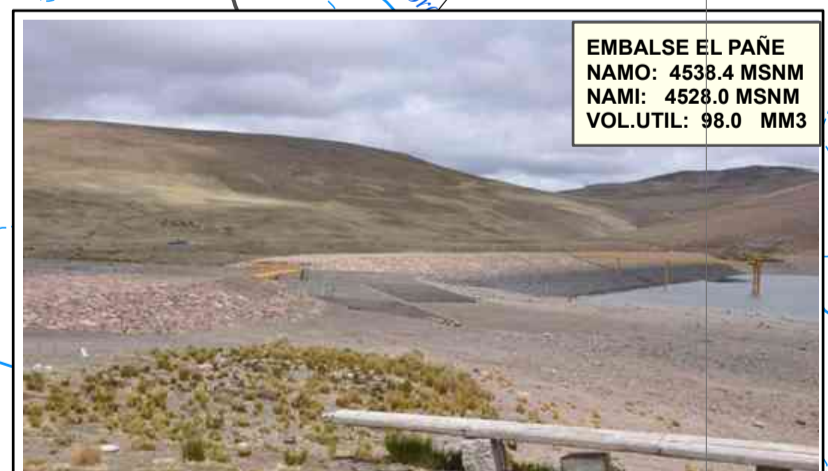
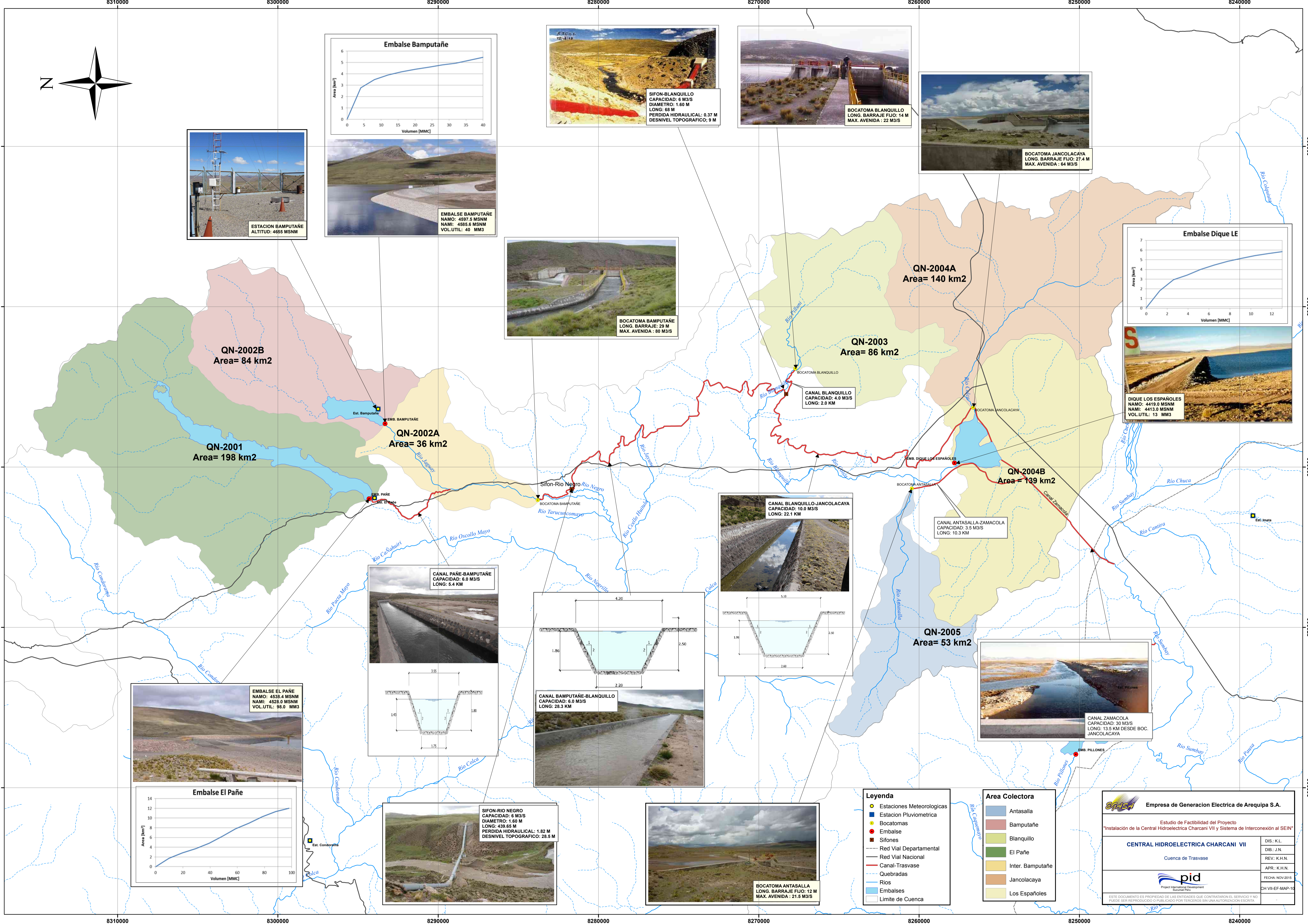
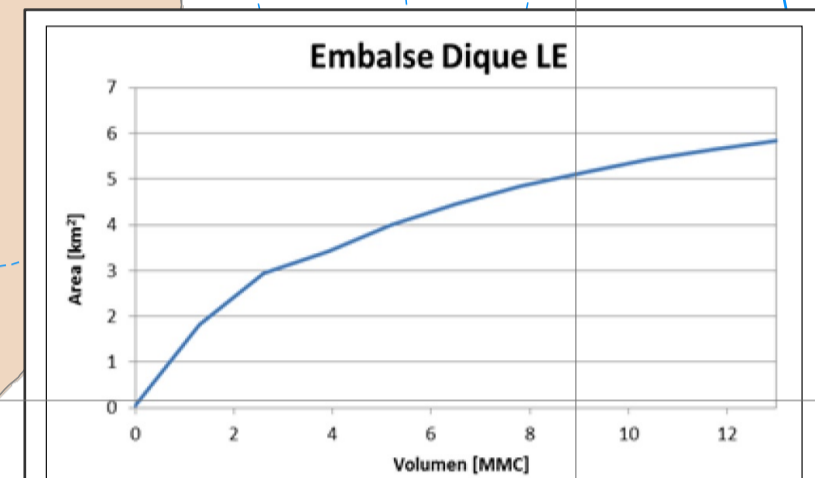
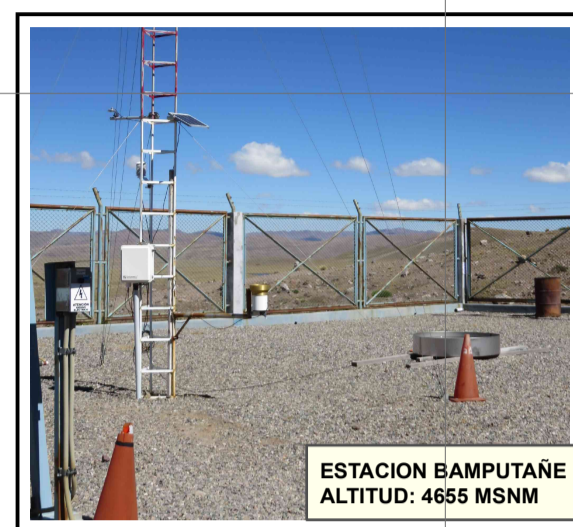
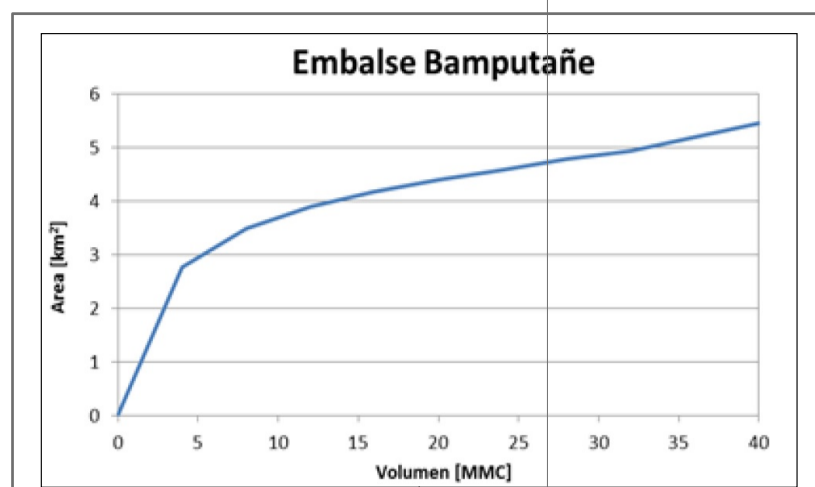
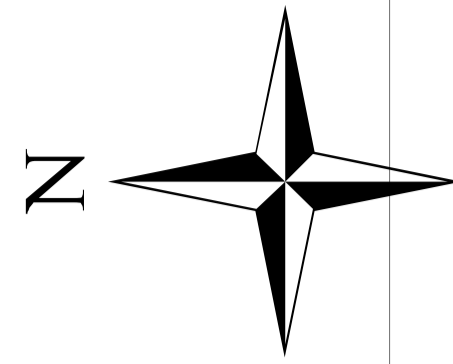
**CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII**  
**SUPERFICIE GLACIAL EN LA CUENCA**

**pid**  
Project International Development  
Suzacani Peru

DIS.: K.L.
DIB.: J.N.
REV.: K.H.N.
APR.: K.H.N.
FECHA: AGO-2015
CH VII-EF-MAP-09

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA

150000 200000 250000 300000 8150000 8200000



- Leyenda**
- Estaciones Meteorológicas
  - Estacion Pluviométrica
  - Bocatomas
  - Embalse
  - Sifones
  - Red Vial Departamental
  - Red Vial Nacional
  - Canal-Trasvase
  - Quebradas
  - Rios
  - Embalses
  - Limite de Cuenca

- Area Colectora**
- Antasalla
  - Bamputañe
  - Blanquillo
  - El Pañe
  - Inter. Bamputañe
  - Jancolacaya
  - Los Españoles

**Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A.**

Estudio de Factibilidad del Proyecto  
"Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"

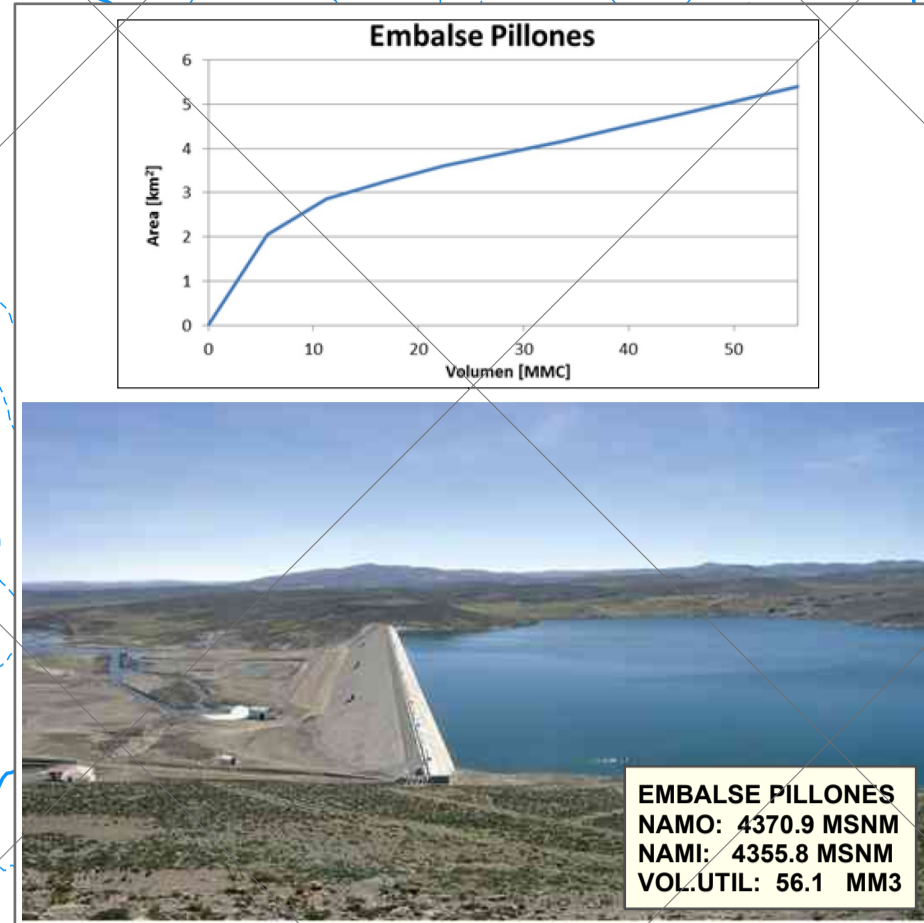
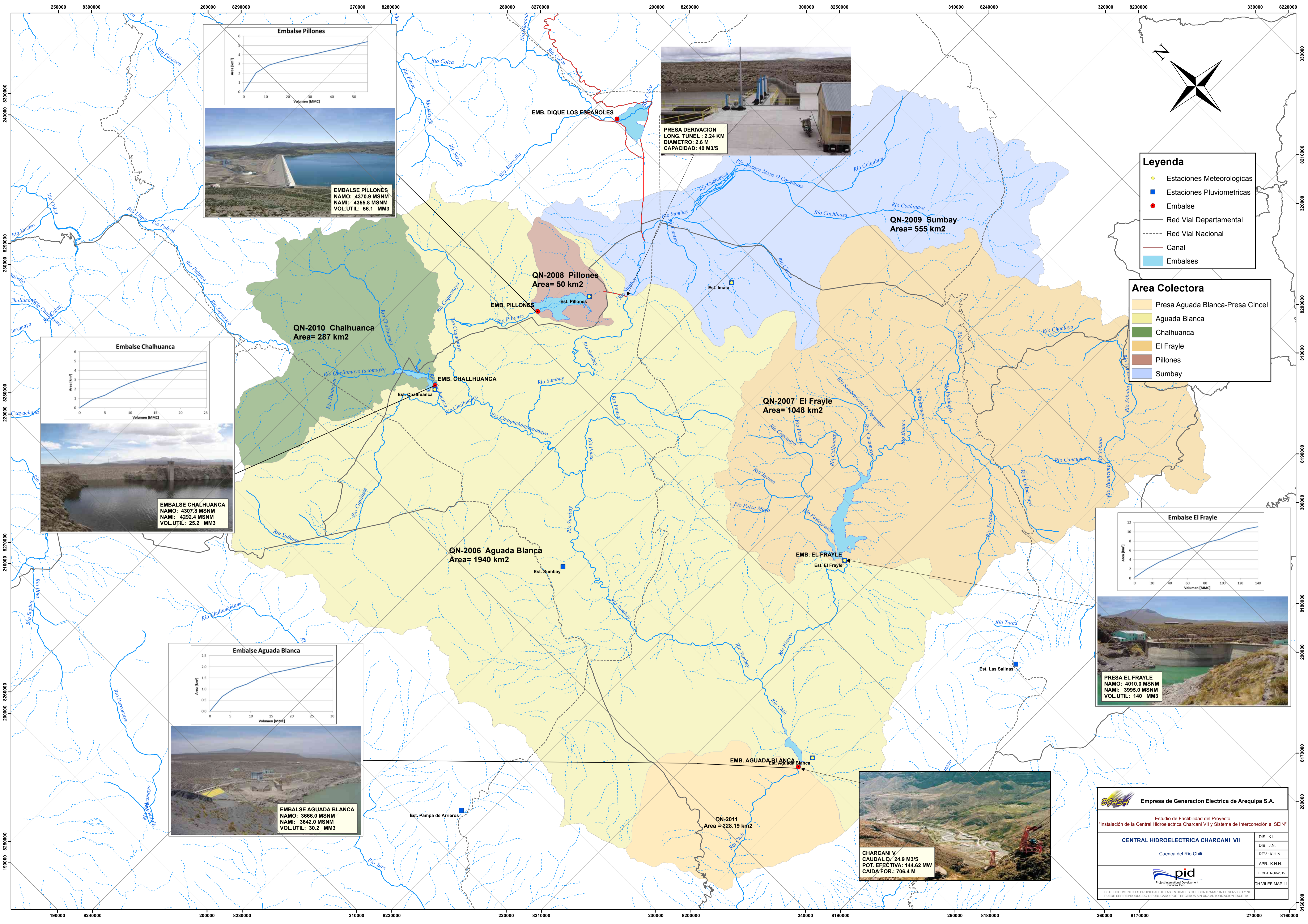
**CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII**

Cuenca de Trasvase

**pid**  
Proyecto Integración de Desarrollo  
Sustentable Perú

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACIÓN ESCRITA.

DIS: K.L.
DIB: J.N.
REV: K.H.N.
APR: K.H.N.
FECHA: NOV-2015
CH VII-EF-MAP-10

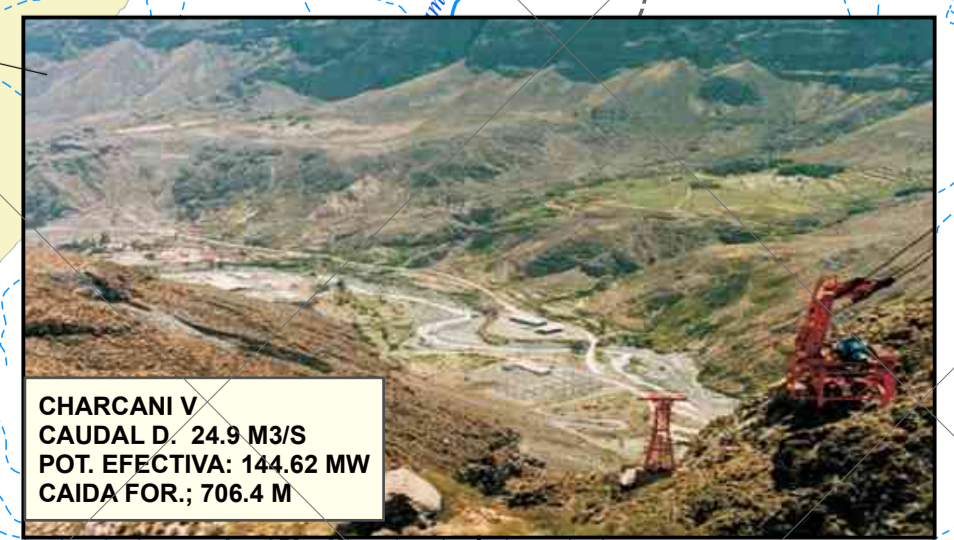
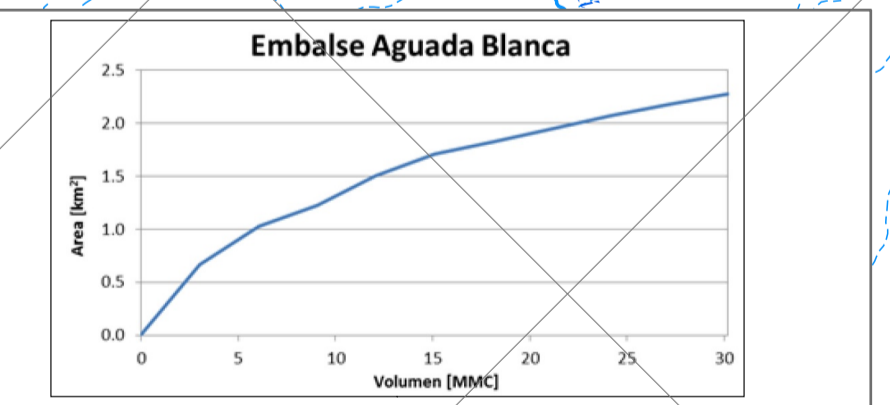
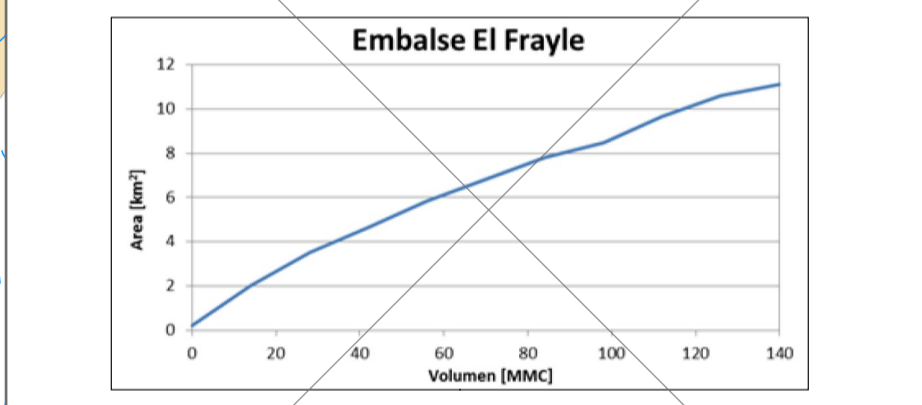
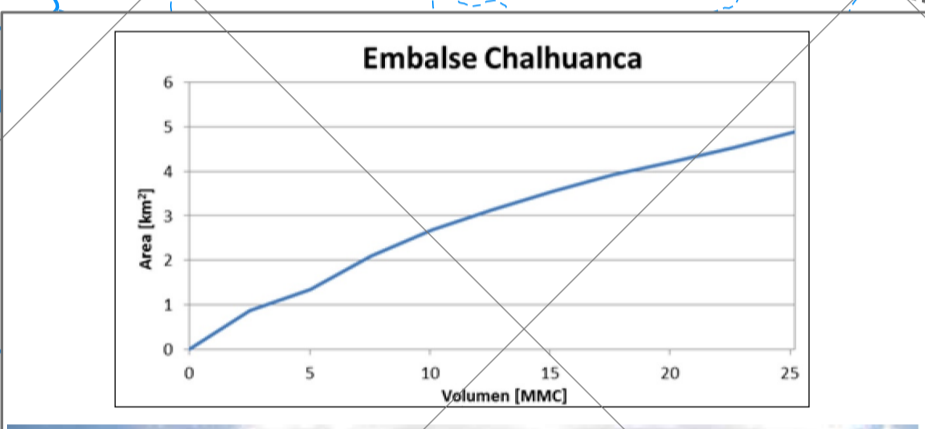


**Leyenda**

- Estaciones Meteorologicas
- Estaciones Pluviometricas
- Embalse
- Red Vial Departamental
- Red Vial Nacional
- Canal
- Embalses

**Area Colectora**

- Presa Aguada Blanca-Presa Cincel
- Aguada Blanca
- Chalhuanca
- El Frayle
- Pillones
- Sumbay



**8945** Empresa de Generacion Electrica de Arequipa S.A.

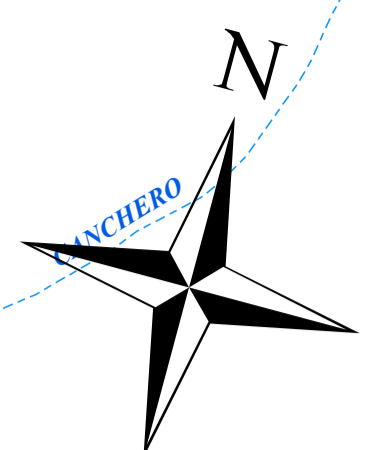
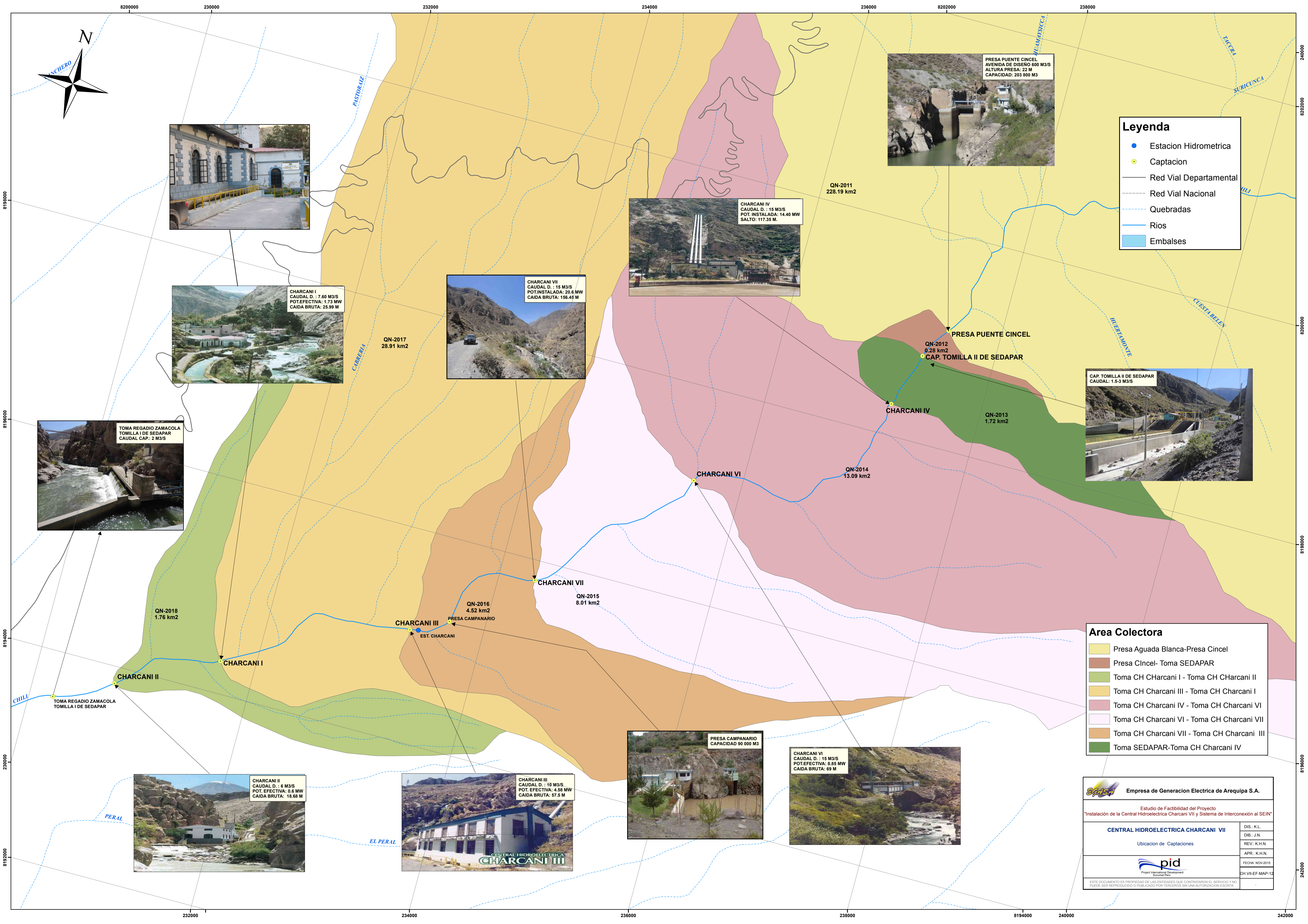
Estudio de Factibilidad del Proyecto  
 "Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"

**CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII**  
 Cuenca del Rio Chili

**pid**  
 Project Innovation Development  
 Successful Peru

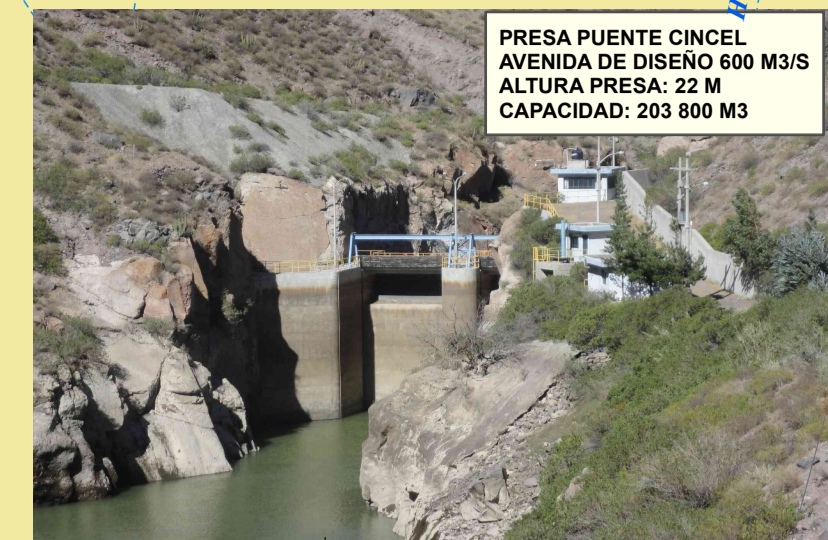
DIS.: K.L.
DIB.: J.N.
REV.: K.H.N.
APR.: K.H.N.
FECHA: NOV-2015
CH VII-EF-MAP-11

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA.



**Legenda**

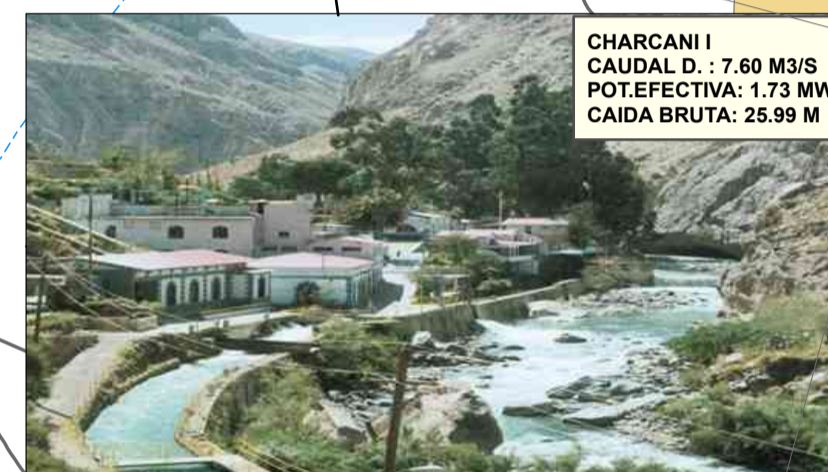
- Estacion Hidrometrica
- Captacion
- Red Vial Departamental
- - - Red Vial Nacional
- - - Quebradas
- Rios
- Embalses



PRESA PUENTE CINCEL  
AVENIDA DE DISEÑO 600 M3/S  
ALTURA PRESA: 22 M  
CAPACIDAD: 203 800 M3



CHARCANI IV  
CAUDAL D.: 15 M3/S  
POT. INSTALADA: 14.40 MW  
SALTO: 117.35 M.



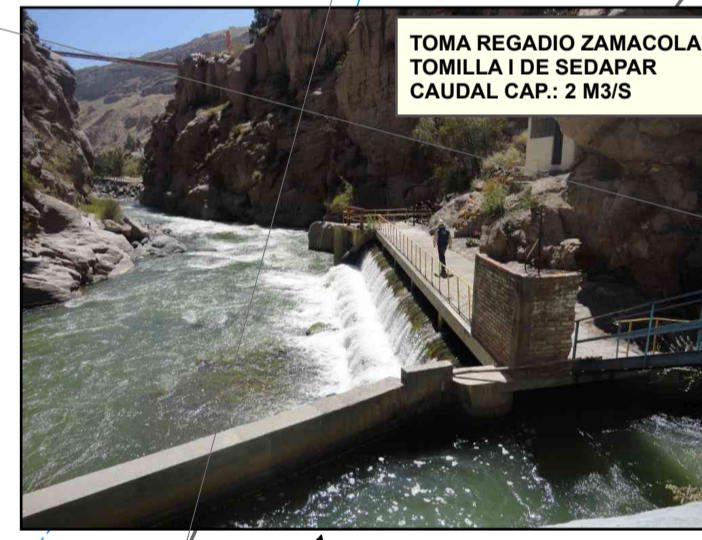
CHARCANI I  
CAUDAL D.: 7.60 M3/S  
POT. EFECTIVA: 1.73 MW  
CAIDA BRUTA: 25.99 M



CHARCANI VII  
CAUDAL D.: 15 M3/S  
POT. INSTALADA: 20.6 MW  
CAIDA BRUTA: 156.45 M



CAP. TOMILLA II DE SEDAPAR  
CAUDAL: 1.5-3 M3/S



TOMA REGADIO ZAMACOLA  
TOMILLA I DE SEDAPAR  
CAUDAL CAP.: 2 M3/S

**Area Colectora**

- Presa Aguada Blanca-Presa Cincel
- Presa Cincel- Toma SEDAPAR
- Toma CH Charcani I - Toma CH Charcani II
- Toma CH Charcani III - Toma CH Charcani I
- Toma CH Charcani IV - Toma CH Charcani VI
- Toma CH Charcani VI - Toma CH Charcani VII
- Toma CH Charcani VII - Toma CH Charcani III
- Toma SEDAPAR-Toma CH Charcani IV

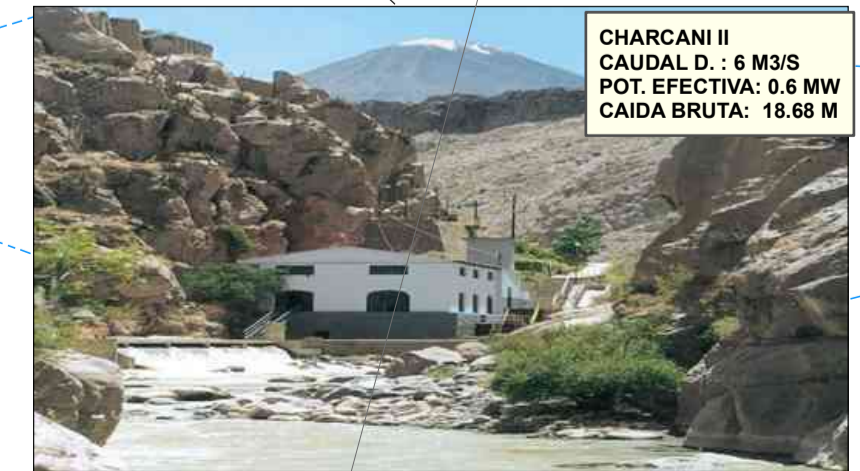
**Empresa de Generacion Electrica de Arequipa S.A.**

Estudio de Factibilidad del Proyecto  
"Instalación de la Central Hidroeléctrica Charcani VII y Sistema de Interconexión al SEIN"

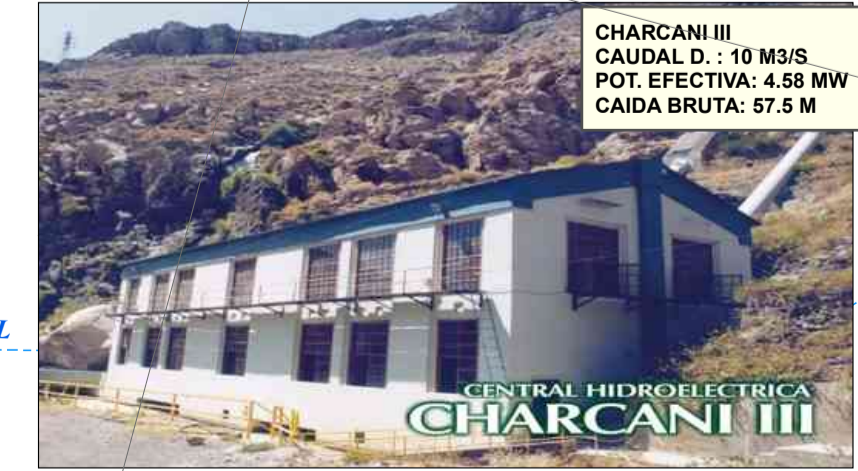
**CENTRAL HIDROELECTRICA CHARCANI VII**  
Ubicación de Captaciones

DIS.: K.L.
DIB.: J.N.
REV.: K.H.N.
APR.: K.H.N.
FECHA: NOV-2015
CH VII-EF-MAP-12

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LAS ENTIDADES QUE CONTRATARON EL SERVICIO Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO O PUBLICADO POR TERCEROS SIN UNA AUTORIZACION ESCRITA



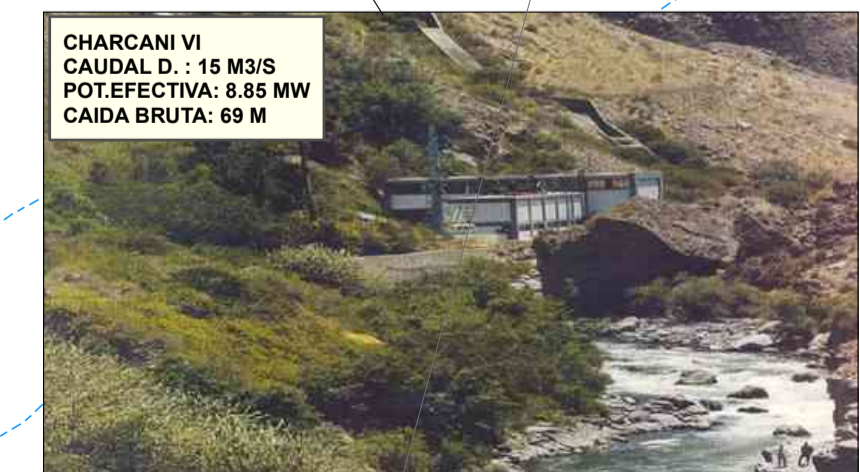
CHARCANI II  
CAUDAL D.: 6 M3/S  
POT. EFECTIVA: 0.6 MW  
CAIDA BRUTA: 16.68 M



CHARCANI III  
CAUDAL D.: 10 M3/S  
POT. EFECTIVA: 4.58 MW  
CAIDA BRUTA: 57.5 M



PRESA CAMPANARIO  
CAPACIDAD 90 000 M3



CHARCANI VI  
CAUDAL D.: 15 M3/S  
POT. EFECTIVA: 8.85 MW  
CAIDA BRUTA: 69 M