


100. 271
25/10/10

KALLPA GENERACIÓN S.A.

CENTRAL HIDROELÉCTRICA

CERRO DEL AGUILA

ESTUDIO HIDROLÓGICO A NIVEL DEFINITIVO



pl. 9.70

INFORME FINAL

800. 569 /10
638 /10
778 /10
902 /10
959 /10

Lima Diciembre 2009

CENTRAL HIDROELECTRICA CERRO DEL AGUILA
Estudio Hidrológico a nivel definitivo
INDICE

- 1.- INTRODUCCIÓN**
- 2.- ANTECEDENTES**
- 3.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA Y DEL CURSO PRINCIPAL DE LA FUENTE NATURAL**
 - 3.1 Descripción geográfica
 - 3.2 Poblaciones
 - 3.3 Accesos
 - 3.4 Infraestructura hidráulica de la cuenca
 - 3.4.1. Centrales Hidroeléctricas
 - 3.4.2. Infraestructura hidráulica de regulación
 - 3.4.3. Infraestructura hidráulica de derivación
 - 3.4.4. Infraestructura hidráulica de riego
 - 3.4.5. Inventario de fuentes de aguas superficiales
- 4.- ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA E HIDROMÉTRICA**
 - 4.1. Información Básica
 - 4.2. Clima
 - 4.3. Información Pluviométrica
 - 4.3.1 Isoyetas
 - 4.3.2. Precipitación en el área del proyecto
 - 4.4. Información Hidrométrica
 - 4.4.1. Caudal Medio
 - 4.4.2. Consistencia de la información
 - 4.4.3. Sistema de regulación existente
 - 4.4.4. Criterios de Operación
 - 4.5. Usos del Agua en la cuenca
 - 4.5.1. Usos mineros
 - 4.5.2. Usos agrícolas y poblacionales
 - 4.5.3. Usos energéticos
 - 4.5.4. Derivaciones a la vertiente del Pacífico
 - 4.6. Naturalización de la información
 - 4.7. Disponibilidad Hídrica para el proyecto
- 5.- PLAN DE APROVECHAMIENTO HÍDRICO**
 - 5.1. El Modelo
 - 5.2. Alternativas de operación simuladas
 - 5.3. Resultados
 - 5.4. Series en la toma de la C.H. Cerro del Aguila
- 6.- CONCLUSIONES**

CENTRAL HIDROELECTRICA CERRO DEL AGUILA
Estudio Hidrológico a nivel definitivo**1.- INTRODUCCIÓN**

JByA, por encargo de KALLPA Generación S.A., elaboró los estudios de la Central Hidroeléctrica "M3 - Cerro del Águila", a la que en este informe se denomina como "CH Cerro del Águila". La central se ubica en el río Mantaro, inmediatamente aguas abajo de la central hidroeléctrica Restitución.

El presente informe corresponde a la entrega del Estudio Hidrológico Definitivo del proyecto, el cual sustenta la factibilidad del mismo.

Es preciso señalar que la ejecución del presente Estudio Hidrológico a nivel Definitivo del proyecto fue debidamente autorizada por la Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro, conforme consta en la Resolución Administrativa No. 442-2008-ATDRM-DRA/J, cuya copia se adjunta al presente documento.

2.- ANTECEDENTES

KALLPA, propietaria de varias unidades de generación térmica que generan con gas natural, ha decidido incrementar su participación en la generación eléctrica en el Perú con la construcción de centrales hidroeléctricas.

Como primer proyecto ha decidido estudiar la posibilidad de aprovechar el potencial hidroeléctrico que presenta el río Mantaro, en la curva existente unos 20 km aguas abajo de la descarga de la central hidroeléctrica "Restitución" (en adelante "CH Restitución").

En el río Mantaro (vertiente del Atlántico) se encuentra el mayor potencial hidroeléctrico desarrollado hasta la fecha en el Perú. Se trata de las centrales hidroeléctricas Santiago Antúnez de Mayolo -en adelante CH SAM- (798 MW), Restitución (216 MW) y Malpaso (54 MW), así como varias pequeñas centrales hidroeléctricas.

En la cuenca existen una serie de lagunas reguladas que afianzan el recurso hídrico disponible en estiaje, siendo la más importante la laguna Junín.

El potencial hidroeléctrico no aprovechado del río sigue siendo muy significativo y se encuentra principalmente aguas abajo de la CH Restitución. Sin embargo, presenta la desventaja de ser una zona muy escarpada, donde se cuenta con muy pocas vías de acceso, muy escasa población y condiciones climáticas duras. En cuanto a actividades económicas, éstas son muy reducidas, prácticamente inexistentes.

El proyecto de la CH Cerro del Águila fue evaluado por Electroperú S.A. (en adelante, "Electroperú") en el año 1983 con el nombre de central hidroeléctrica "La Guitarra", cuando se construyó la CH Restitución. En esa oportunidad se planteó un esquema diferente y de menor magnitud, el cual se recomienda en este informe.

Dicho proyecto se ubica entre las cotas 1547 y los 1295 msnm. Se desarrolla en la margen derecha del río, aprovechando una amplia curva. Se encuentra a unos 250 km de la ciudad de Lima en línea recta y a 420 km por carretera. Las poblaciones más cercanas son Pampas y Colcabamba.

La ubicación de las principales estructura hidráulicas relevantes para el estudio de hidrología correspondiente a la CH Cerro El Águila son las siguientes:

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

2 | Febrero 2010

Reg. del Colegio de Ingenieros No. 16373

Julio Bustamante Ponce
Gerente
Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

08
138

En la zona existen una serie de líneas de transmisión que fueron construidas para evacuar la producción de las CH SAM y Restitución, así como para interconectar los sistemas eléctricos Sur y Norte del país. La capacidad total de transmisión de estas líneas, incluyendo las ampliaciones comprometidas, es del orden de 2000 MW. A este sistema de transmisión se propone evacuar la producción del proyecto de la CH Cerro del Águila.

3.1 Descripción Geográfica

En la parte alta de la cuenca (sobre los 4,090 msnm), se encuentra el lago Junín (llamado también "Chinchaycocha"), lago que supone unos 2,665 km² de cuenca y cuyas descargas son reguladas por la presa Upamayo. Dicha área es fundamentalmente una zona de pastizales, donde las principales actividades económicas son la cría de ganado y las actividades comerciales.

El río sigue su recorrido pasando por la ciudad minero metalúrgica de La Oroya, hasta llegar al valle del Mantaro, zona agrícola donde se ubican importantes ciudades (principalmente, la ciudad de Huancayo). De los afluentes que llegan a este tramo del río, Electroperú ha embalsado unas 15 lagunas, cuyas descargas son aprovechadas para el afianzamiento de los caudales utilizados en época de estiaje por las CH SAM y Restitución.

Aguas abajo el río hace una gran curva de cerca de 180° hacia el Noroeste, donde recibe el aporte del río Huarpa (río que drena las aguas del valle donde se ubica la ciudad de Ayacucho), hasta llegar a la confluencia con el río Colcabamba. Inmediatamente, aguas arriba de esta confluencia, se ubica la descarga de la CH Restitución y la estación hidrométrica Pongor (estación que controla las descargas de unos 27,700 km² de cuenca). Todo este tramo es aprovechado por las CH SAM y Restitución.

Cabe destacar que la zona comprendida entre el reservorio de Tablachaca y la toma del proyecto sufrió en el año 1974 el desborde de un gran represamiento natural (Huajoto), el cual se formó como consecuencia del deslizamiento de una de las laderas del río Mantaro.

602221-2 (240) 1984

Julio Bustamante Ponce

Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

Aguas abajo el río hace una curva tipo apéndice hasta llegar a la zona donde se ubicará la casa de máquinas del proyecto. En esta zona es notorio el efecto erosivo del río Mantaro, pues el gran porcentaje de su cauce está conformado por formaciones rocosas, sin presencia de terrazas ni de depósito de sedimentos. Se trata de una zona muy aislada, donde prácticamente solo existen pequeñas haciendas y/o comunidades ubicadas en las zonas altas del valle. En las áreas próximas al río es común que las temperaturas en el día tiendan a ser muy altas. En este tramo confluyen pequeñas quebradas, principalmente por la margen izquierda, siendo la mayor la denominada Huanchuy, que drena las aguas de una cuenca de 963 km².

El río discurre aguas abajo a través de un valle estrecho, donde el clima se asemeja al clima típico de ceja de selva. En este tramo el río vuelve a presentar una gran curva hacia el Sureste hasta confluir con el río Apurímac, con el cual forma el río Ene, el mismo que se ubica en 420 msnm. En este último tramo, el río presenta posibilidades para desarrollar otros proyectos hidroeléctricos.

Es necesario señalar que en los últimos tramos el río discurre en una zona prácticamente despoblada y sin ninguna actividad económica.

A mayor abundamiento, en la siguiente tabla, hemos resumido los parámetros característicos de la cuenca en diferentes puntos de interés:

Cuenca:	Lago Junín	Malpaso	Tablachaca	Toma CDA	Descarga CDA
Altitud (msnm)	4,090	3,876	2,679	1,505	1,295
Área drenada (km ²)	2,665	5,490	18,775	28,096	

3.2 Poblaciones

En la zona del proyecto la principal población se ubica en la ciudad de Pampas, desde donde se prevé el sistema de acceso a la zona del proyecto. Dicha ciudad se encuentra en un valle con una intensa actividad agropecuaria. La segunda población de importancia en la zona es la que se ubica en la localidad de Colcabamba, la misma que se encuentra íntimamente relacionada al campamento Campo Armiño de la CH SAM. Finalmente, en tercer lugar, cabe destacar a la población que se ubica en la ciudad de Salcabamba. El resto de localidades son muy pequeñas.

Todas las localidades se encuentran alejadas de las zonas de obra del proyecto de la CH Cerro El Águila. A manera ilustrativa, debemos indicar que para acceder desde ellas a las zonas de obra es necesario recorrer entre 30 a 114 km.

3.3 Accesos

A la zona del proyecto se accede desde la carretera central Lima – Huancayo – Pampas (370 km).

Ahora bien, desde la ciudad de Pampas se dispone de 4 carreteras que permiten acercarse a la zona donde se construirá el proyecto, a saber las siguientes:

- La primera, con dirección al Este, es la carretera que se construyó para ejecutar las CH SAM y Restitución; ésta cruza la localidad de Colcabamba y, posteriormente, el río Mantaro en la zona de Pongor, llegando hasta la localidad de Durasnuyoc (próxima en unos 15 km a la zona de captación). Esta vía tiene unos 114 km de recorrido y su estado es regular o malo.
- Con dirección al Norte, ésta comprende unos 60 km de longitud desde la ciudad de Pampas hasta la localidad de Salcabamba. A partir de este punto, continua un tramo de unos 10 km hasta el desvío al fundo Tacana cuyo estado es regular. Asimismo, a partir del fundo Tacana existe otro tramo que baja hasta cerca del río Mantaro, en un

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

INGENIERO CIVIL

R. El Colegio de Ingenieros No. 16373

recorrido de unos 14 km. El estado de último tramo se encuentra en malas condiciones; en ese sentido, es posible la construcción de un tramo de unos 5 km y un puente para acceder a la zona de la casa de máquinas del proyecto de la CH Cerro El Águila.

- iii) A partir de la localidad de Pampas también existe una carretera de 10 km hasta el desvío a la localidad de Estanque. Desde este punto, se recorre un camino de unos 8 km de longitud hasta la localidad de San Lorenzo, cuyo estado es regular; en este punto, sale un ramal en dirección al fundo Liuchupampa. Sin embargo, este acceso no fue concluido y presenta desarrollos muy cortos, tramos derrumbados y fuerte pendiente (mayor al 10%). La proyección de este acceso se encuentra equidistante de la zona de casa de máquinas y de la zona de captación, desde donde se requiere construir carreteras de 20 y 30 km respectivamente para acceder a estas zonas.
- iv) Existe una cuarta carretera que sale de la vía Pampas-Colcabamba y llega hasta la ventana N° 5 del túnel Mantaro, la cual comprende unos 62 km de recorrido desde donde se podría construir una vía de 25 km de longitud para acceder a la zona de toma del proyecto.

3.4 INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA EN LA CUENCA

Los recursos naturales de la cuenca del río Mantaro son variados y abundantes, entre los cuales cabe destacar los recursos mineros, ganaderos y energéticos.

El aprovechamiento intensivo de estos recursos se inicia a comienzos del siglo pasado cuando la empresa minera Cerro de Pasco Mining Company firmó un acuerdo con el gobierno peruano que incluía la conclusión de las obras del ferrocarril central, las que se encontraban paralizadas desde la guerra con Chile. El objeto de dicho acuerdo fue aprovechar los importantes recursos mineros existentes en las nacientes de la cuenca.

Como parte de dichos acuerdos, la referida empresa desarrolló una serie de minas y negocios ganaderos hasta el año 1970, cuando fue nacionalizada. En ese periodo construyó obras de regulación (embalse de Upamayo en el lago Junín), centrales hidroeléctricas (CH Malpaso, CH La Oroya, CH Pachachaca, etc.). También construyó sistemas de redes de transmisión de energía, así como refinerías y carreteras, entre otras obras. Ciertamente dichas obras facilitaron significativamente la formación de una serie de actividades económicas en la región.

Posteriormente, a mediados del siglo pasado, la empresa de agua potable de la ciudad de Lima, en conjunto con Empresas Eléctricas Asociadas inició una serie de obras de derivación de parte de los recursos del río Mantaro hacia la costa, las que estaban destinadas a abastecer de agua a la ciudad de Lima y de paso a las centrales hidroeléctricas ubicadas en la cuenca del río Santa Eulalia, donde la caída aprovechada es mucho mayor que la que en ese momento se aprovechaba en el río Mantaro. La primera obra fue el túnel trasandino y derivación de la laguna de Marcapomacocha. A finales del siglo pasado esta derivación se amplió con la denominada Marca III. Hoy hay 2 derivaciones más programadas, Huascacocha y Marca II, esta última hacia el río Rímac.

En la segunda mitad del siglo pasado Electroperú construyó el Complejo Hidroeléctrico Mantaro, constituido por las CH SAM y Restitución, con lo cual se reguló una serie de lagunas para incrementar la producción de estas centrales en los meses de estiaje.

Paralelamente a estas actividades principales, cabe destacar la existencia del amplio valle del Mantaro, donde extensas áreas de cultivo son regadas con aguas del río Mantaro mediante un sistema de canales; sin embargo, dado que estas aguas se encuentran relativamente contaminadas por la actividad minera de la cuenca alta, su uso es solo parcial. En este valle se encuentran las principales poblaciones de la cuenca, como son Huancayo, Jauja, Concepción, etc.

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

Ref: el Colegio de Ingenieros No. 16373

En el plano CHCA- 102 se presentan las principales obras de infraestructura hidráulica existentes en la cuenca y que tienen influencia en los recursos hídricos que aprovechará el proyecto de la CH Cerro del Águila. Sus características principales se resumen en los siguientes puntos de este capítulo.

3.4.1 Centrales Hidroeléctricas

En la cuenca existen varias centrales hidroeléctricas, siendo las principales las que se indican en el siguiente cuadro:

Central	Rio	Cota toma (msnm)	Caída (m)	Potencia (MW)
Pachachaca	Yauli	4,222	242	9.5
La Oroya	Yauli	3,970	220	9.3
Malpaso	Mantaro	3,875	77	48.1
SAM	Mantaro	2,695	855	798.0
Restitución	Mantaro	1,831	257	216.0

Las centrales hidroeléctricas de Pachachaca y La Oroya se construyeron a inicios del siglo pasado y se ubican en un río tributario que nace de la laguna Pomacocha y que confluye con el río Mantaro en la ciudad de La Oroya. Si bien son centrales de pasada, cuentan con la regulación de la laguna Pomacocha.

Por otro lado, la central hidroeléctrica Malpaso se construyó en el año 1936 y se ubica entre la presa Upamayo y la ciudad de La Oroya. Se trata de un salto formado mediante una presa que embalsa el río Mantaro, pero que solo se le usa como generadora de caída y muy poco como embalse regulador.

Finalmente, la CH SAM comenzó a operar en el año 1972 y cuenta con el embalse de Tablachaca para fines de regulación horaria. Inmediatamente aguas abajo se encuentra la CH Restitución, que comenzó a operar en el año 1984. Ambas centrales aprovechan una extensa curva del río Mantaro.

3.4.2 Infraestructura Hidráulica de Regulación

En la cuenca existen una serie de embalses de regulación, contruidos en su gran mayoría con fines de generación hidroeléctrica. Los embalses contruidos sobre el cauce del río Mantaro se señalan en el siguiente cuadro:

EMBALSES SOBRE EL RIO MANTARO

Embalse	Cota (msnm)	Area (km ²)	Volumen (Hm ³)	Año
Junín	4090.7	400.4	441.17	1929
Malpaso	3875.6	2.5	23.57	1936
Tablachaca	2679.0	0.8	11.0	1972

En el siguiente cuadro se muestran los embalses contruidos en las lagunas existentes en las nacientes de los ríos tributarios del río Mantaro, los cuales son operados sobre la base de los requerimientos del Complejo Mantaro.

**CUENCA DEL MANTARO
LAGUNAS REGULADAS RECIENTEMENTE PARA EL COMPLEJO MANTARO**

Subcuenca	Laguna	Cuenca (km ²)	Altura (m)	Volumen (Hm ³)
-----------	--------	------------------------------	---------------	-------------------------------

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

Lago Junín	Hueghue	19.4		18.4	
	Huacracocha	21.0		5.8	
	Yanacocha Palcán	11.1		7.6	31.80
Piñascocha	Vichecocha	21.2	4.00	10.6	
	Yuracocha	6.4	2.50	2.2	
	Ñahuincocha	7.1	2.50	1.35	14.15
Cochas	Huaylacancha	61.3	8.86	22.43	
	Carhuacocha	56.3	9.52	23.0	
	Azulcocha	26.1	6.50	6.5	
	Tembladera	12.9	7.50	5.0	56.93
Quillón	Yurajcocha	26.0	7.87	17.0	
	Huichicocha	17.5	5.51	19.0	
	Coyllorcocha	35.8	3.45	11.0	
	Balsacocha	10.3	5.89	2.0	
	Ñahuincocha	11.6	3.85	7.0	56.00
Moya	Chilicocha	98.8	40.00	42.78	42.78
	TOTAL				201.66

• Cuenca Incremental

Adicionalmente, existentes lagunas reguladas en otros ríos tributarios, pero que se operan de acuerdo a requerimientos mineros o hidroenergéticos de otras centrales menores que se ubican en la zona. Entre dichas lagunas encontramos las siguientes:

CUENCA DEL MANTARO LAGUNAS REGULADAS PARA OTROS USUARIOS

Subcuenca	Laguna	Cuenca	Altura	Volumen	
		km ²	m	Hm ³	Hm ³
Lago Junín	Punrun	255			
Yauli	Pomacocha	56	21.03	28.44	
	Huayllacocha baja	62	7.62	11.70	
	Huayllacocha alta	59.5	3.05	1.28	41.42

• Cuenca Incremental

Cabe mencionar que a la fecha no existen planes para construir nuevos reservorios de gran capacidad en la cuenca del Mantaro. Los planes de aprovechamiento hídrico existentes únicamente se limitan a la construcción de pequeños reservorios.

3.4.3 Infraestructura Hidráulica de Derivación

En el siglo pasado se buscó cubrir las necesidades de agua de los valles de la cuenca del Pacífico, que son deficitarios en los meses de estiaje, con aguas provenientes de las cuencas del Atlántico. Para tal efecto, se construyeron una serie de derivaciones, cuyos caudales en los últimos años han tendido a disminuir por motivos ambientales.

Cabe precisar que, particularmente para la cuenca del río Mantaro, existen a la fecha 3 derivaciones. La primera se ejecutó hacia al río Chancay y las otras, dos hacia la cuenca del río Santa Eulalia. En todos los casos se trata de nacientes de ríos tributarios del río Mantaro, cuyas aguas son derivadas mediante túneles trasandinos a los valles del Pacífico. Normalmente dichas derivaciones incluyen el embalse de lagunas, a partir de las cuales se regula las aguas del periodo de avenidas para en estiaje ser derivadas.

En la siguiente tabla se presentan las principales características de estas obras:

Derivación	Cuenca	Fecha	Area de cuenca (km ²)	Volumen anual (Hm ³)	Caudal medio derivado (m ³ /s)
------------	--------	-------	-----------------------------------	----------------------------------	---

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

Barrospata	Chancay		13.7	12.4	0.32
Márca I	Santa Eulalia	1965	275	134.0	4.25
Márca III	Santa Eulalia	1997	114	53.0	1.69

3.4.4 Infraestructura Hidráulica de Riego

En el valle del Mantaro existen varios canales de riego que abastecen obras de irrigaciones, tanto desde el río Mantaro como desde ríos tributarios.

El principal canal existente en la cuenca es aquél que capta las aguas del río Mantaro y riega la margen izquierda del valle. Normalmente opera captando el total de su capacidad, para luego entregar en cada toma lateral las aguas que son requeridas. El agua no aprovechada regresa al río. Se trata de aguas contaminadas por las actividades mineras de la cuenca alta.

Los otros canales la infraestructura hidráulica es menor y se encuentran en ríos tributarios no afectados por la contaminación del río Mantaro.

Cabe precisar que ciertamente los registros históricos de las estaciones Mejorada y Pongor incluyen el efecto de estas derivaciones.

3.4.5 Inventario de Aguas Superficiales

En un radio de 2 km a la redonda del área del proyecto se encuentran los siguientes ríos:

- Río Huanchuy
- Río Upamayu

No existen otras fuentes relevantes de aguas superficiales, sin embargo, se listan a continuación las principales quebradas dentro del área del proyecto:

- Quebrada Huarochiri
- Quebrada Palca
- Quebrada Urpay
- Quebrada Cedrohuayjo
- Quebrada Durasnoyoc
- Quebrada Pinchi
- Quebrada Molino
- Quebrada Panzán
- Quebrada Casa Tranca
- Quebrada Artesanoyoc
- Quebrada Chuica
- Quebrada Montehuasi
- Quebrada Huayrapata
- Quebrada Matarumi
- Quebrada Utcohuayjo

Los ríos y las quebradas se encuentran ubicados en el Mapa Hidrológico incluido en el Anexo A.

4.- ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA E HIDROMÉTRICA

4.1. Información Base

En la cuenca del Mantaro se cuenta con los registros de operación de las CH SAM y Restitución, entre otras, así como con los registros de decenas de estaciones hidrométricas y pluviométricas, unas controladas por Electroperú (con registros desde los años 60) y otras por Electroandes (con datos desde 1930). Dicha información ciertamente nos permitirá cuantificar la magnitud del recurso hídrico disponible para el proyecto relativo a la CH Cerro del Águila.

A continuación, cabe indicar aquellas estaciones que tienen especial significancia para el proyecto relativo a la CH Cerro del Águila. Entre éstas se encuentran las siguientes:

- Mejorada (2,970 msnm), que registra los recursos correspondientes a la zona de captación de la CH SAM.
- Pongor (1,600 msnm), que corresponde a los caudales disponibles inmediatamente aguas arriba de la zona de descarga de la central Restitución.

A partir del año 1973, a los registros de la estación Pongor se les debe sumar los caudales turbinados por las CH SAM y Restitución, a efectos de contar con los recursos totales disponibles para el proyecto de la CH "Cerro del Águila". Hasta el año 1972, antes que entrara a operar la CH SAM, los registros de esta estación corresponden al caudal total disponible para el proyecto Cerro del Águila.

Es de destacar que en la cuenca se encuentra embalsada en el Lago Junín (435 hm³) desde hace más de 70 años, así como unas 15 lagunas que fueron reguladas a mediados de la década pasada, que suman una capacidad de regulación de 201.66 Hm³. Estos embalses permiten que en la zona de captación de la CH SAM el caudal de estiaje actualmente tienda a ser superior a 90 m³/s. De estas lagunas reguladas, se cuenta las respectivas curvas área-volumen, así como con los registros mensuales de los niveles y volúmenes almacenados.

Finalmente, se dispone de las series de caudales naturalizadas de aquellas estaciones que cada propietario de central proporciona al COES para las simulaciones que periódicamente se realizan para proponer al OSINERMIN las tarifas reguladas que rigen las ventas a los clientes regulados del Sistema Interconectado Nacional - SINAC.

Adicionalmente en la cuenca se cuenta con la regulación horaria de la presa de Tablachaca (16 hm³), presa que sirve de captación de la CH SAM, que permite que con holgura las CH SAM y Restitución dispongan de 100 m³/s garantizados en las horas punta del sistema.

4.2. Clima

No se ha encontrado ninguna estación climatológica que represente las condiciones del clima en la zona del proyecto. Solo se puede afirmar que se trata de una zona cálida y semi húmeda, donde la vegetación es rala y circunscrita a plantas espinosas. Las temperaturas en las proximidades del río superan los 30 grados durante el día y más bien son temperaturas templadas durante la noche. Un aspecto notorio es que el viento es muy intenso en las tardes. La precipitación se concentraría en los meses de avenidas, entre Noviembre y Abril.

Sin embargo, existen datos de las condiciones climatológicas en la zona de los reservorios de regulación existentes en la cuenca alta. Esta información ciertamente es útil para su uso en el modelo de simulación de reservorios. Sobre el particular, cabe indicar lo siguiente:

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

9 | Febrero 2010

Reg. del Colegio de Ingenieros No. 16373

Julio Bustamante Ponce

Gerente
Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

- Evaporación: Los registros de la estación Upamayo y Huayao.
- Temperatura: Los registros de la estación Upamayo.
- Horas de Sol: los registros de la estación Upamayo.

Todos estos registros se muestran en el anexo B.2.

4.3. Información Pluviométrica

4.3.1. Curvas Isoyetas

En la cuenca del Mantaro se han instalado decenas de estaciones pluviométricas. Con los registros medios mensuales históricos disponibles, ELECTROPERU elaboró la curva de Isoyetas que se presenta en el plano CHCA-103.

La información pluviométrica de las estaciones más relevantes, corregidas y completadas por Electroperú y Electroandes para los informes que anualmente presenta al COES, se resume en las siguientes tablas:

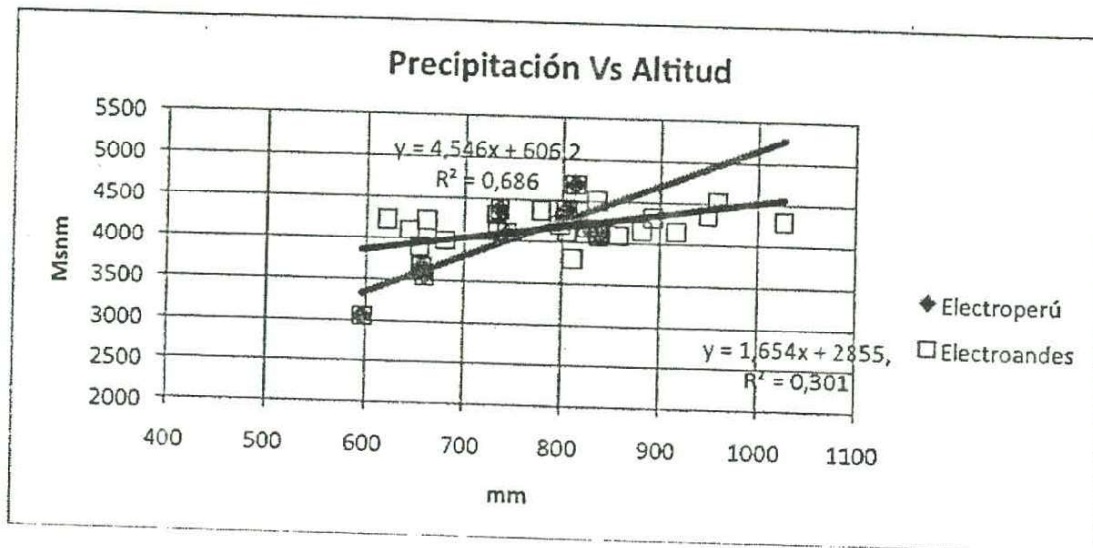
**CUENCA MANTARO - ELECTROPERU
ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS**

Estación	precipitación mm	altitud msnm
Tambo del Sol	744.2	4,100
Upamayo	836.8	4,080
Hueghue	826.3	4,175
Lago Junín	835.6	4,120
Pachacayo	660.1	3,550
Yauricocha	736.3	4,375
Huichicocha	813.2	4,700
Cercapuquio	804.8	4,390
Palaco	656.7	3,650
Chilicocha	802.6	4,275
Tellería	596.6	3,050

**CUENCA MANTARO - ELECTROANDES
ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS**

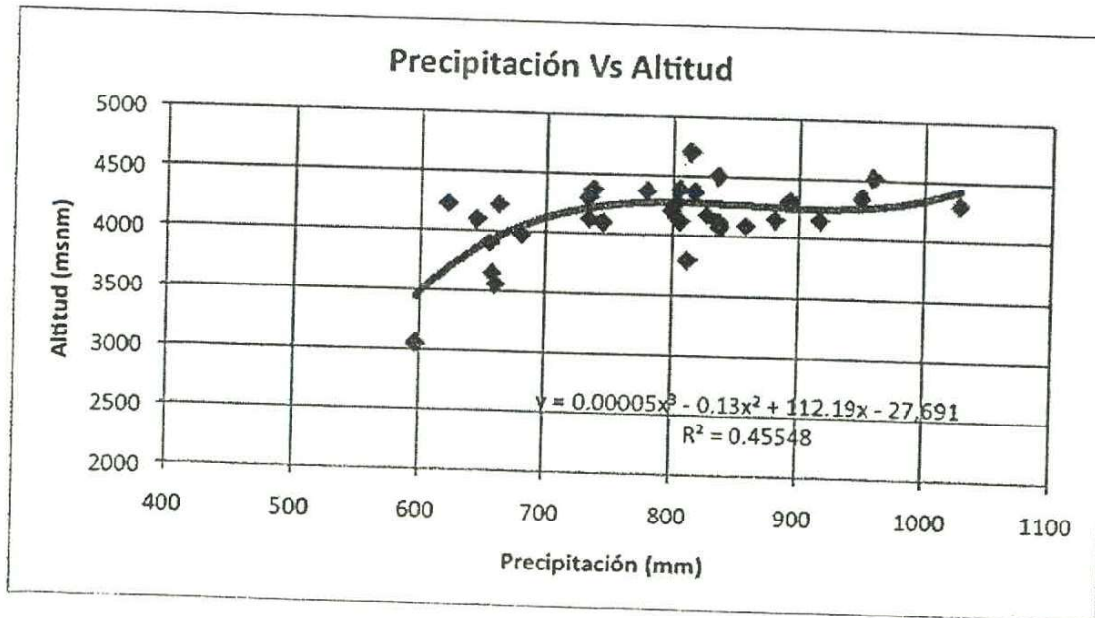
Estación	precipitación mm	altitud msnm
Casapalca	661.9	4,225
Curipata	655.1	3,900
Huallacocha Bajo	816.7	4,371
Huascacocha	778.8	4,370
Morococcha	835.0	4,505
Pachachaca	680.7	3,979
Pomacocha	733.1	4,305
Pucara	621.4	4,225
Atocsaico	798.2	4,200
Carhuamayo	733.8	4,125
Casa de Pato	644.4	4,100
Corpacancha	880.8	4,150
Hacienda Huanca	915.9	4,150
Malpaso	811.2	3,795
Morococha	835.0	4,505
Paragcha	892.4	4,310
huarón	958.3	4,525
Punrun	949.1	4,350
San Blas	1026.7	4,300
Shelby	805.4	4,120
Upamayo	857.5	4,093

Si se tiene en cuenta la correlación de las precipitaciones con la altitud, se encuentra que los registros de las estaciones de Electroperú presentan una mejor correlación que los de las estaciones de Electroandes, lo que se debería a que las primeras cubren un rango de altitudes más variado que las segundas.



Combinando ambas series de valores se obtiene el gráfico adjunto, donde se aprecia que:

- Entre los 4,000 y 4,500 msnm, la precipitación no tendría una tendencia clara sino que variaría de acuerdo a las condiciones de cada subcuenca;
- Debajo de los 4,000 msnm, la precipitación tiende claramente a disminuir con la altitud, y
- Por encima de los 4,500 msnm la precipitación tiende a aumentar, con tendencia a presentarse como granizo.



En la zona del proyecto, ubicada en cotas bajas, estas tendencias deben comenzar a revertirse, por entrar el río en la zona de la Ceja de Selva en regiones próximas en su desembocadura en el río ENE, donde se incrementaría la precipitación.

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

el Colegio de Ingenieros No. 16372

Julio Bustamante Ponce
Gerente
Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

13
147

4.3.2. Precipitación en el área del proyecto

En la zona de influencia del proyecto no hay estaciones pluviométricas instaladas. Solo existen en áreas aledañas a la margen izquierda, pero ubicadas en altitudes normalmente superiores a los 2,500 msnm, por lo que no son necesariamente representativas. Sin perjuicio de ello, cabe indicar que las principales estaciones son las siguientes que se listan en la siguiente tabla:

Estación	Altitud msnm	Precipitación mm	Norte	Este
Pampas	3260	530	12°24'00"	74°52'00"
Pajayragra	2500	763	12°22'00"	74°40'00"
Huancayocasa	3650	1104	12°22'00"	74°42'00"
Los Nogales	2800	795	12°23'00"	74°41'00"
Ramra	3200	907	12°20'00"	74°44'00"
Viques	3185	322	12°10'00"	75°14'00"
Queollacocha	4100	1282	12°28'00"	74°38'00"
Matibamba	2200	793	12°05'00"	74°49'00"

En estas estaciones el comportamiento es similar a las otras de la cuenca, con precipitaciones concentradas en el periodo Noviembre-Abril.

La experiencia obtenida durante los trabajos de campo indicaría que tanto en la zona de captación del proyecto y en la zona de casa de máquinas se mantienen las condiciones climatológicas previas a la zona de Ceja de Selva, con presencia de lluvias intensas pero esporádicas, por lo que la vegetación es escasa y predominantemente espinosa. Su efecto podría ser mayor en lo referente a las máximas avenidas, en especial en las quebradas que llegan al río Mantaro, donde pueden presentarse huaycos de importancia.

4.4. Información Hidrométrica

4.4.1. Caudal Medio

En la cuenca del Mantaro se han instalado decenas de estaciones hidrométricas. Las principales y que son reportadas al COES por sus propietarios, se listan en la tabla que se presenta en el anexo B.1

La información hidrométrica de las estaciones más relevantes, corregidas y completadas por Electroperú y Electroandes para los informes que anualmente presenta al COES, se resume en las siguientes tablas:

CUENCA MANTARO
ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

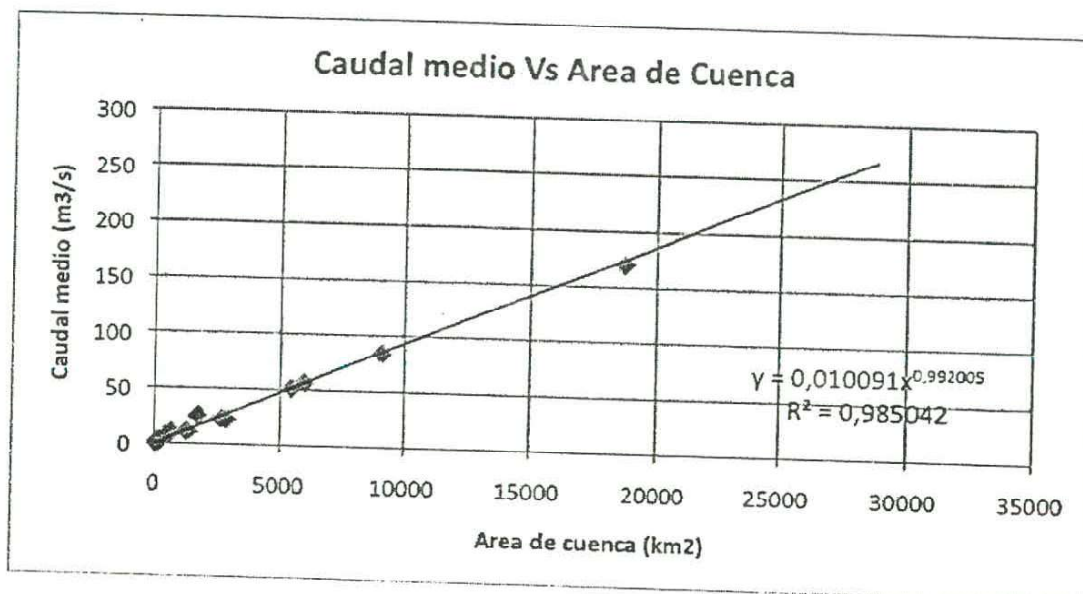
Estación	área km ²	caudal m ³ /s	altitud msnm	rendimiento lt/s/km ²
Upamayo	2860	21.59	4080	7.55
Mejorada	18775	170.40	2779	9.08
Puente Stuart	9130	83.32	3350	9.13
Puente Chulec	6020	55.30	3710	9.19
Quillón	1325	10.42	3190	7.86
Moya	1730	24.33	3180	14.06
Cochas túnel	490	5.94	3750	12.12
Piñascocha	195	1.53	3750	7.85
Pachacayo	722	9.29	3690	12.87
Pomacocha	180	2.14	4260	11.89
Huascacocha	44	0.34	4380	7.73

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

Milloc	275	4.27	4300	15.5
Malpaso	5490	49.91	3876	9.09

Toda esta información ha sido revisada y depurada por Electroperú y Electroandes para los diferentes estudios realizados en la cuenca, así como para sustentar las series hidrológicas que se utilizan para simular la operación del sistema y obtener las tarifas reguladas de venta de energía, que periódicamente el COES propone a OSINERMIN para su aprobación.

De la correlación el caudal medio de cada estación con las respectivas áreas de cuenca, que se muestra en el siguiente gráfico, se puede inferir el caudal medio que se espera en la zona de captación del proyecto, caudal que resulta del orden de 261 m³/s. No se descarta que este pueda ser algo mayor si en el tramo final de la cuenca las precipitaciones se incrementasen por su cercanía a la Ceja de Selva.



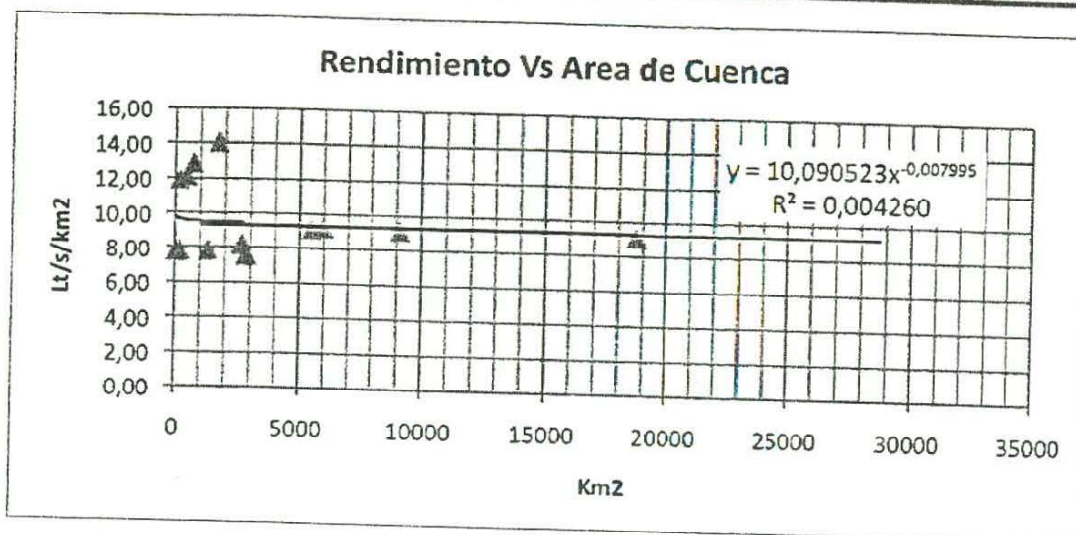
Asimismo, si se correlaciona el rendimiento con el área de cuenca, se obtiene la relación que se muestra en el siguiente gráfico, donde si bien para áreas pequeñas la correlación presenta una mayor variación por corresponder al efecto de los diferentes afluentes, para áreas mayores la tendencia es clara. En el caso particular de la zona de captación del proyecto, el rendimiento por kilómetro cuadrado para el área de cuenca hasta esta sección es de 9.3 lt/s/km², lo que representa un caudal medio de 262 m³/s.

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

Ing. Civil

Re: Colegio de Ingenieros No. 16279

Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.



Se puede concluir por tanto que el caudal medio a esperar para la zona de captación es del orden de 260 a 265 m³/s.

4.4.2. Consistencia de la Información

Todas las estaciones pluviométricas e hidrométricas que disponen Electroperú y Electroandes en la cuenca del río Mantaro, aguas arriba de la toma de la CH SAM, operan desde mediados de la década pasada. Su registros han sido utilizados en el estudio de diferentes proyectos de centrales hidroeléctricas y presas de embalse que han sido proyectadas y/o construidas en la cuenca y en la actualidad son utilizados para sustentar los informes hidrológicos que Electroperú y Electroandes entregan todos los años al COES cada año y que es aprobada por OSINERGMIN. Se trata por tanto de información que ha sido evaluada, corregida y verificada en diferentes oportunidades.

Para el presente estudio, la información más relevante es:

- Los registros de operación de la CH SAM.
- Los registros de la estación Mejorada, ubicada en el río Mantaro, unos 6 km aguas arriba de la captación de la CH SAM, estación que registra todo el recurso disponible para esta central.
- Los registros de la estación Pongor ubicada también en el río Mantaro pero inmediatamente aguas arriba de la descarga de la CH Restitución, estación que registra el recurso disponible en una zona próxima a captación del proyecto Cerro del Águila y que no ha sido turbinado por las CH SAM y Restitución.

En el presente informe se evalúa la consistencia de la estación Mejorada, comparándola con la producción histórica de la central. Adicionalmente, se analiza y revisa todos los registros de la estación Pongor, registros que han sido procesados por Electroperú a solicitud de Kallpa, información que no habría sido analizada al detalle anteriormente por Electroperú por escapar al área de interés de las centrales que ella opera.

4.4.2.1. Caudales generados por la CH SAM

Para verificar la información registrada por la estación Mejorada en los meses de estiaje, se dispone de los registros de producción de energía de la CH SAM, como energía y potencia media, los cuales se presentan en las tablas B.2.1 y B.2.2 del anexo B.2.

Estos registros, que tienen en cuenta las restricciones de operación, se han convertido a potencias medias y posteriormente a caudales, sobre la base de la información presentada en el

estudio de "Pérdidas en el Sistema de Conducción de la CH SAM", elaborado por Cenergía para Electroperú en el año 2001:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = P \text{ (kw)} / (8.71 * (855 - P \text{ (kw)} / 5.3))$$

Esta expresión corresponde a las pérdidas promedio registradas en el sistema de conducción de la CH SAM, que para el túnel se encontraron corresponden a coeficientes de Manning que varían entre 0.016 y 0.015. Estas pérdidas varían según se midan antes o después de que se ejecutan purgas al reservorio, ya que estas originan ingreso de sedimentos al túnel que afectan su capacidad de descarga. La expresión aplicada corresponde a un caso promedio de nivel de agua en el reservorio de Tablachaca, que es 2 m debajo del NAMO. La expresión tiene en cuenta las pérdidas sobre la base de la potencia generada.

La serie de caudales mensuales turbinados obtenida se muestra en la tabla B.2.3 del anexo B.2.

Como se trata de caudales obtenidos sobre la base de datos de producción, existen meses donde los caudales obtenidos resultan menores a los realmente disponibles, debido tanto a paradas de producción de alguna de las turbinas (principalmente en los primeros años de operación), como a que el caudal en el río excedía la capacidad de la central (todos los meses de avenidas). Por lo tanto, la serie de caudales obtenida de la producción solo sirve para corregir aquellos datos de caudales mensuales que la estación la Mejorada reporta como menores en los meses de estiaje de los últimos años de operación, cuando la demanda superaba la capacidad de generación de la central.

4.4.2.2 Estación Mejorada

a) Información histórica

La estación Mejorada registra los caudales históricos totales del río Mantaro unos 6 km aguas arriba de la toma de la CH SAM. Sus registros incluyen el efecto de la operación de los reservorios existentes en la cuenca (Junín y 15 lagunas adicionales). Esta información fue adquirida a Electroperú.

Hasta la década del 80, la presa Upamayo (Lago Junín) era operada por Centromín de acuerdo a los requerimientos de la central Malpaso, pero desde los años 90 es operada de acuerdo a los requerimientos del complejo hidroeléctrico Mantaro.

Los registros históricos de la estación Mejorada se presentan en la tabla B.3.1 del anexo B.3. A esta serie Electroperú la corrigió y completó para los estudios que presenta al COES, serie que se presenta en la tabla B.3.2 del mismo anexo.

b) Análisis de la Información

Si bien no ha sido posible contar con la información base de la estación Mejorada (registros de niveles y aforos) para hacer una revisión de su consistencia mes a mes, se ha podido confrontar los registros históricos con la serie corregida y completada por Electroperú, así como con la serie obtenida en base a la producción histórica de la central.

Restando la serie histórica de la serie corregida (tabla B.3.3 del anexo B.3), se tiene que:

- En el periodo 2003-2006, la serie histórica presenta caudales mayores en estiaje (un promedio de 5 m³/s) y menores en avenidas (un promedio de -5 m³/s), respecto de la serie corregida por Electroperú.
- En meses de avenidas de los años 1981-1982, la serie histórica presenta algunos caudales claramente más altos que la serie corregida. En los años 1984 y 1996 la diferencia es menos significativa, así como en meses de estiaje del año 1998.

- En meses de avenidas de los años 1981, 1997 y 2000, la serie histórica presenta algunos caudales más bajos que la serie corregida.

Restando la serie histórica de la serie obtenida de la producción de energía (tabla B.3.4 del anexo B.3), se tiene que:

- En los estiajes del periodo 2003-2004 la serie histórica presenta caudales mayores a los obtenidos de la producción de la central (en promedio 4 m³/s), diferencia que es físicamente posible, mientras que en los estiajes del periodo 2006-2007 la histórica presenta caudales menores a los obtenidos de la producción (en promedio 3 m³/s).

Restando la serie corregida de la serie obtenida de la producción de la central (ver tabla B.3.5 del anexo B.3), se tiene que:

- En los meses de estiaje la serie corregida presenta valores inferiores a los de la serie obtenida de la producción de energía, siendo notorias estas diferencias en el periodo 2004-2006 y en menor proporción en los años 1987-1988 y 1998-1999. La magnitud de estas diferencias no son aceptables.

c) Serie completada

Teniendo en cuenta las diferencias encontradas entre las 3 series, se optó por respetar la serie histórica por ajustarse mejor a los registros de producción de los últimos años. En la serie histórica no se encontró ningún valor que sea menor en 5% a los caudales turbinados, pues se entiende que podría corresponder a un error de medición.

No se consideró la serie de caudales corregida por Electroperú porque presentaba ajustes que no eran consistentes con los registros de producción y porque además se apreciaba que había años donde sistemáticamente ese ajuste había incrementado los caudales de avenidas y reducido los caudales de estiaje para mantener el promedio anual. Solo se respetó las correcciones hechas por Electroperú correspondientes al periodo 1981-1984 y solo en los casos que se trataba de cambios significativos en el caudal.

Como la serie histórica presentaba algunos meses sin información, se optó por completarla con los caudales extrapolados por Electroperú. Esta serie resulta mejor ajustada a los datos recientes de producción. La serie final es por tanto la serie histórica completada, la que se presenta en la tabla B.3.6 del anexo B.3.

4.4.2.3. Estación Pongor

a) Información histórica

La estación Pongor registra los caudales del río Mantaro en una sección que se encuentra inmediatamente aguas arriba del punto donde el túnel de descarga de la central hidroeléctrica Restitución entrega las aguas al río Mantaro. Esta información fue adquirida a Electroperú.

Se trata de una estación que Electroperú mantiene pero que no utilizaría con fines prácticos, por lo que se tuvo que solicitar para el presente estudio la actualización de su información, proporcionando Electroperú la serie de los caudales diarios del periodo 1962-2007, serie que presenta una serie de vacíos, especialmente entre los años 1987 a 1996.

Los registros históricos diarios proporcionados por Electroperú se presentan en el anexo B.4., en la tabla B.4.1.

b) Análisis de la Información

Los registros promedio mensuales incluyen datos de meses que no necesariamente cuentan con registros todos los días.

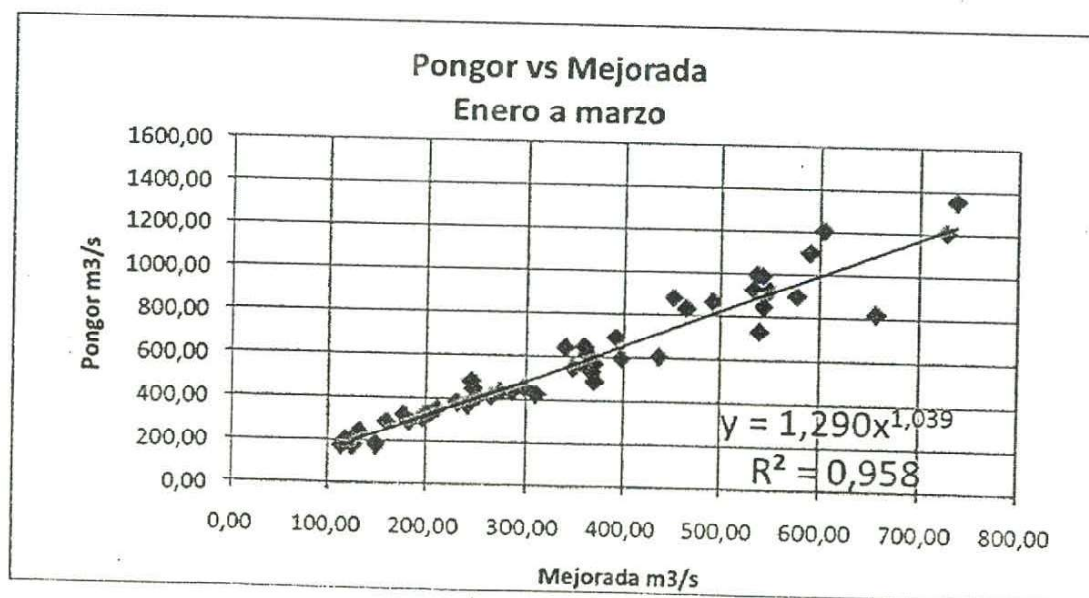
Para contar con una serie histórica que represente el total del caudal disponible en la descarga de la central hidroeléctrica Restitución, se procedió a sumar los registros históricos de la estación Pongor con los caudales turbinados por la CH SAM, serie que se presenta en la tabla B.4.2 del anexo B.4., a la que denominaremos Serie histórica Pongor Total.

En este caso tampoco ha sido posible obtener los registros de niveles y aforos que permitan hacer un análisis de consistencia de los caudales proporcionados por Electroperú. Lo que si se pudo comparar fue la serie histórica Pongor total con la serie histórica de la estación Mejorada completada, para detectar si se presentaban caudales con tendencias claramente anómalas. Esta comparación se realiza dividiendo la serie histórica de Pongor total (tabla B.4.2) con la serie histórica completada de la estación Mejorada (tabla B.3.6). Los resultados se muestran en la tabla B.4.3 del anexo B.4. La comparación permitió detectar casos de caudales claramente anómalos, tanto por exceso (se asumió como límite el factor 2.5 veces) como por defecto (se asumió como límite el factor 1.05 veces), los que fueron eliminados de la serie de Pongor total, quedando la tabla B.4.4.

c) Serie completada

Eliminados los datos claramente erróneos, se procedió a correlacionar los datos de la estación Pongor con los de la estación Mejorada para el periodo 1963-1980, que presenta menos vacíos de información y en el que se estima un mejor control de la estación Pongor.

Se obtuvo cuatro curvas de correlación agrupando los meses de acuerdo a las tendencias observadas en la tabla B.4.3. Estas son las siguientes:



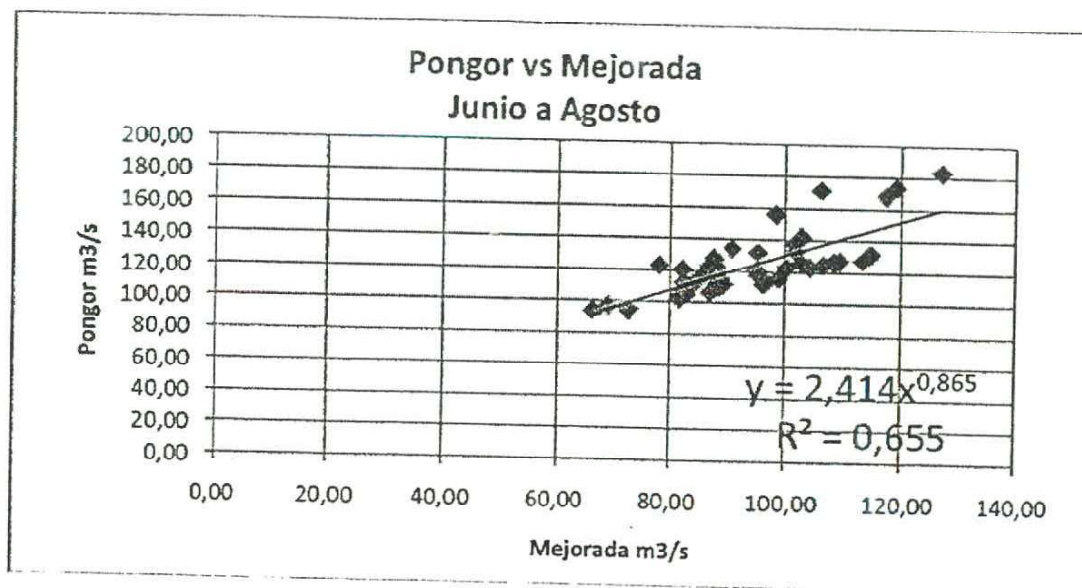
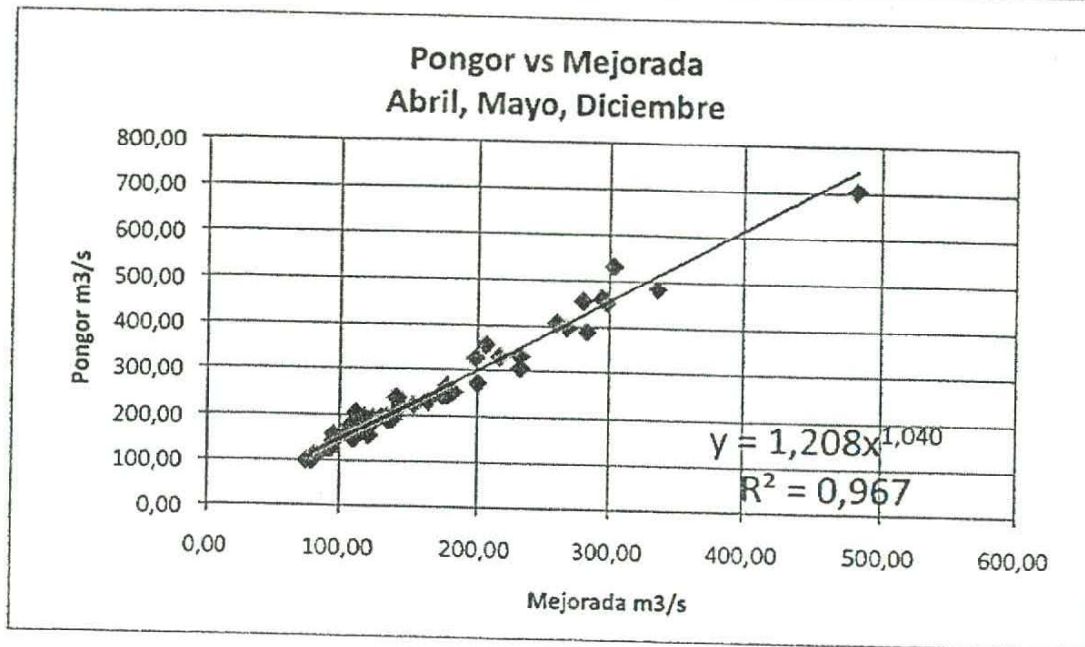
Julio César José Jesús Bustamante Ponce

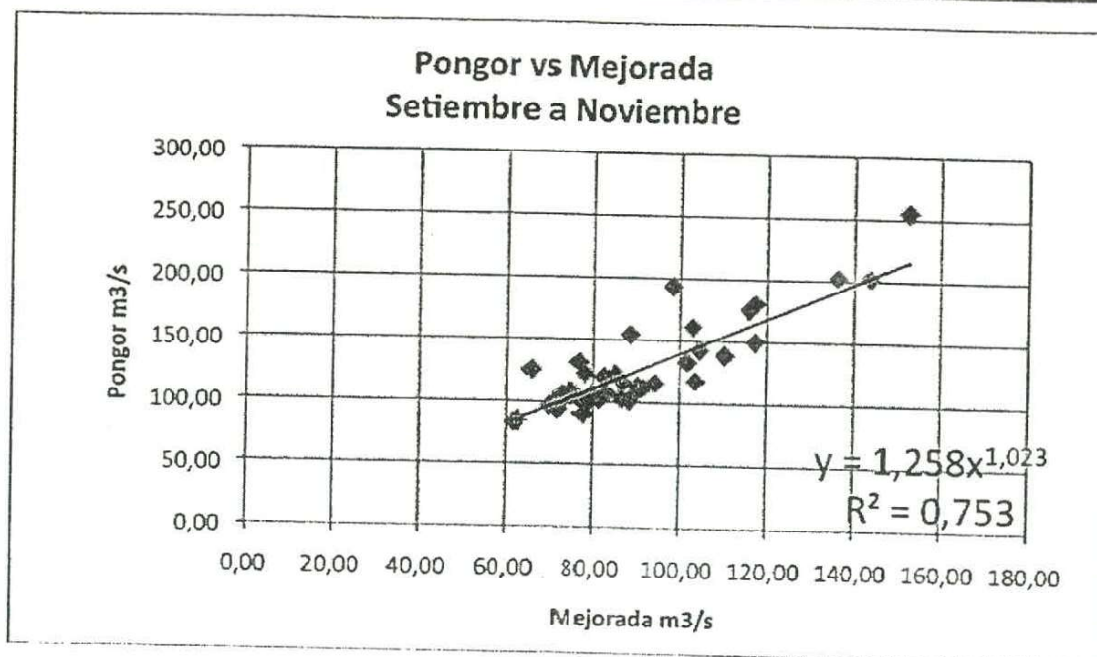
INGENIERO CIVIL

N.º del Colegio de Ingenieros No. 16373

Julio Bustamante Ponce

Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.





Con estas correlaciones se ha completado la serie de la estación Pongor definida en el punto anterior, obteniéndose la serie de la tabla B.4.5 del anexo B.4.

La serie histórica, corregida y completada presenta un caudal medio anual de 264.01 m³/s y un rendimiento de 9.53 lt/s/km², valores que están dentro de los rangos estimados.

4.4.3. Sistema de regulación existente

Para optimizar el aprovechamiento de las centrales hidroeléctricas existentes en la cuenca del río Mantaro, el COES estableció en el año 1993 una serie de criterios que rigen la operación de los reservorios que forman parte del Complejo Mantaro, que es el principal recurso hidroeléctrico de la cuenca. Hasta esa fecha la presa Upamayo y el embalse Malpaso eran operados por Centromin de acuerdo a los requerimientos de la central hidroeléctrica Malpaso porque ambos eran su propiedad y porque hasta esa fecha no había un despacho centralizado del sistema interconectado.

El año 1992, año extremadamente seco, obligó a tomar conciencia del oportuno aprovechamiento de este recurso lo que llevó a Electroperú a la construcción de una serie de embalses adicionales en las lagunas de ríos tributarios del río Mantaro. Con la regulación de estas lagunas los criterios de operación se han afinado hasta llegar a los vigentes, los que se resumen en el siguiente punto.

Es necesario anotar que no todas las lagunas reguladas en la cuenca del Mantaro se operan de acuerdo a los requerimientos de las CH SAM y Restitución. En las cuencas de Punrún y Yauli, las lagunas reguladas se operan teniendo en cuenta las pequeñas centrales hidroeléctricas existentes en ellas.

Las series de caudales históricos definidas en el capítulo anterior, recogen el efecto de las regulaciones y/o derivaciones existentes en la cuenca de acuerdo a como estas se han ido sucediendo en el tiempo, por tal se requiere su naturalización para ejecutar las simulaciones de reservorios que permitirán contar con series de caudales que representen las diferentes alternativas de operación de reservorios que se puedan plantear, así como que tengan en cuenta el efecto de las derivaciones existentes y las que todavía se prevé ejecutar a cuencas del Pacífico.

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

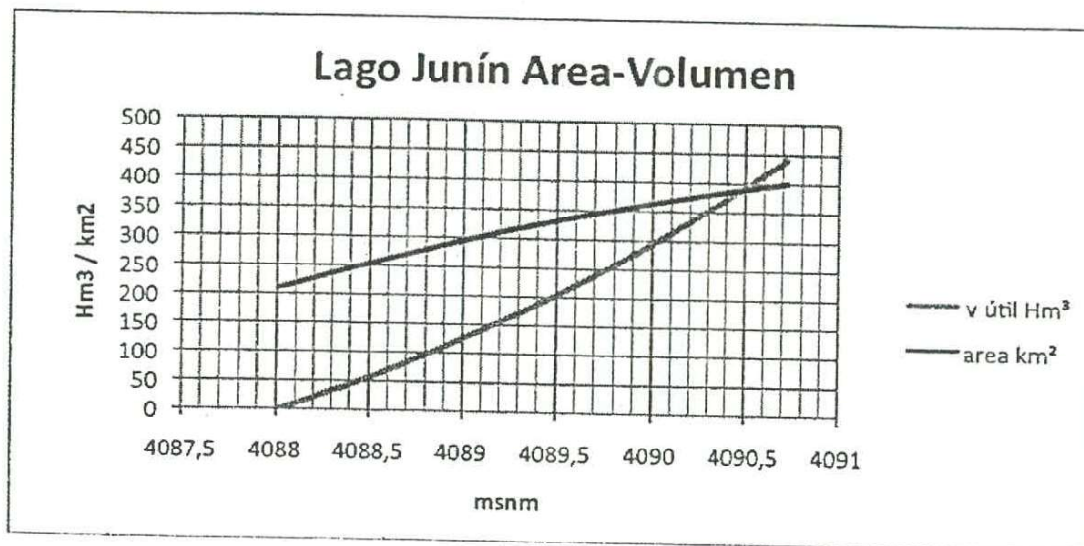
Collegio de Ingenieros No. 16377

Julio Bustamante Ponce
Gerente
Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

4.4.4. Criterios de Operación

a). Lago Junín

El lago Junín es el principal embalse en la cuenca del río Mantaro. Regula un área de cuenca de 2665 km² y cubre una extensa superficie rodeada de áreas de pastoreo, lo que le permite que con escasos 2 m de altura de embalse regule un volumen de 440 Hm³. La curva área-volumen del embalse se muestra en el siguiente gráfico:



Como las zonas de pastoreo se encuentran junto a las orillas del lago, cuando el lago llena a las cotas más altas de almacenamiento tiende a afectar a los usuarios de esas zonas, motivo por el cual desde hace años se viene discutiendo la cota a la que se debería limitar el almacenamiento en el lago.

Cuando el lago operó sobre la base de los requerimientos de Centromín se habría limitado su altura aprovechable a la cota 13420 psnm (ó 4090.42 msnm), pero con la operación para el Complejo Mantaro en el año 1996 se habría incrementado su aprovechamiento a la cota 13421 psnm (ó 4090.72 msnm) para incrementar el volumen útil en cerca de 65 Hm³.

Para reducir el efecto de esta mayor cota en las labores de pastoreo, se viene aplicando el criterio de limitar la cota del embalse a 13420 psnm en el mes de Enero y de iniciar el desembalse del lago en el mes de Mayo es vez del mes de Junio, como se hacía antes.

Otra de las medidas aplicadas en la actualidad es priorizar el vaciado del lago respecto al vaciado de las otras lagunas que se encuentran reguladas en la cuenca, tanto para reducir su efecto en el aprovechamiento de los pastos, como para reducir la fuerte evaporación que genera su superficie. La regla de vaciado del lago tiene límites mensuales: de Mayo a Agosto se vacía cada mes el 15% del volumen almacenado en el año y de Setiembre a Noviembre de 10% del volumen almacenado en el año y en Diciembre no más del 7%, quedando un volumen útil mínimo de 3%.

La decisión final de cómo operar el Lago no ha sido tomada aun, pues hay un estudio hecho para tal fin que se encuentra en proceso de revisión, el cual recomienda limitar la cota máxima aprovechable a 13420 psnm. Los ribereños desean limitar la cota a 13418 psnm.

Para fines del presente estudio se asume como caso base los criterios que se vienen aplicando hoy en día y como sensibilidad la posibilidad que la cota máxima se limite a 13420 psnm y se ejecute la derivación Huascacocha.

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

INGENIERO CIVIL

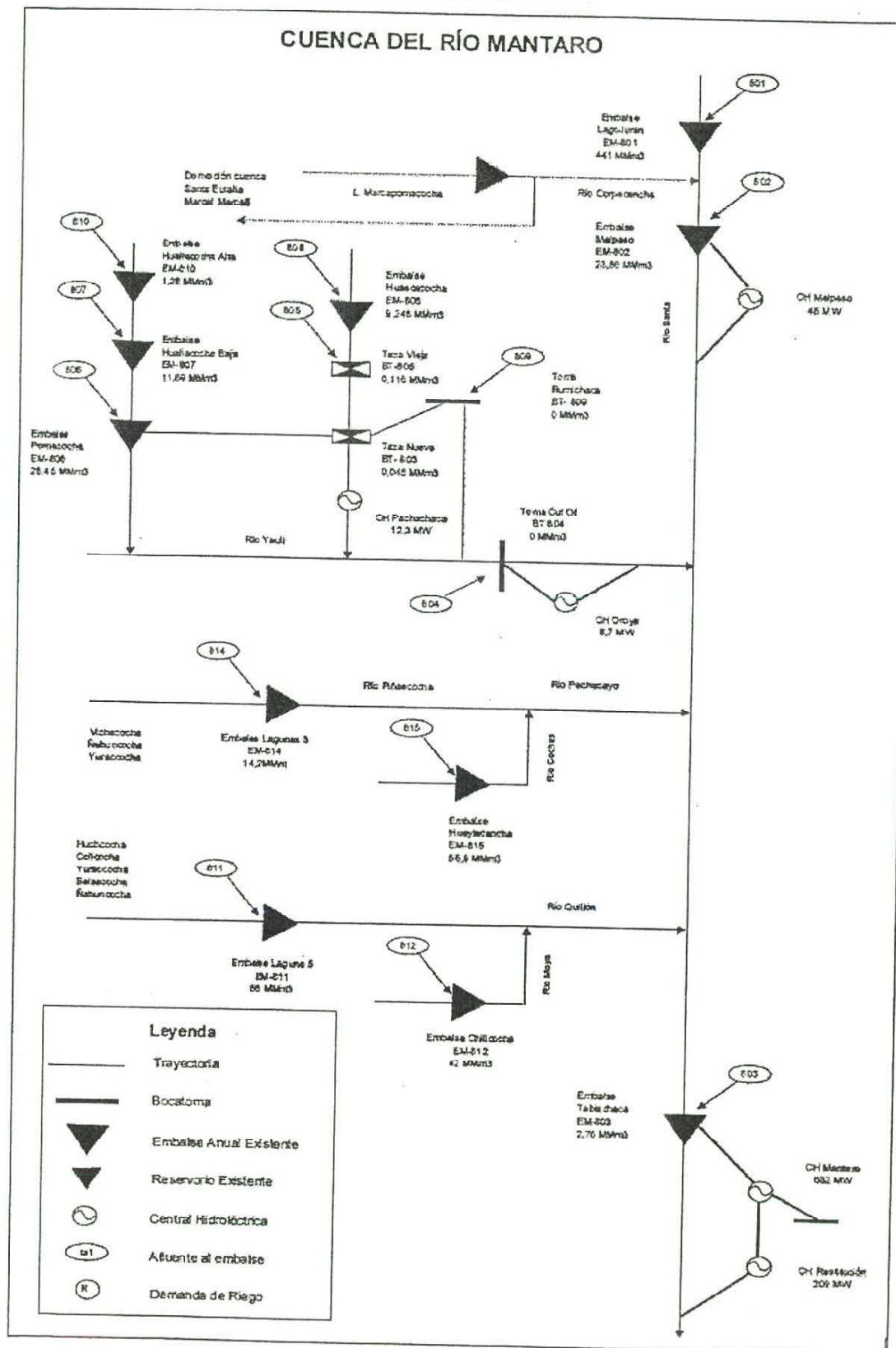
del Colegio de Ingenieros del Perú

Julio Bustamante Ponce

Gerente

Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

ESQUEMA HIDRAULICO DE LA CUENCA



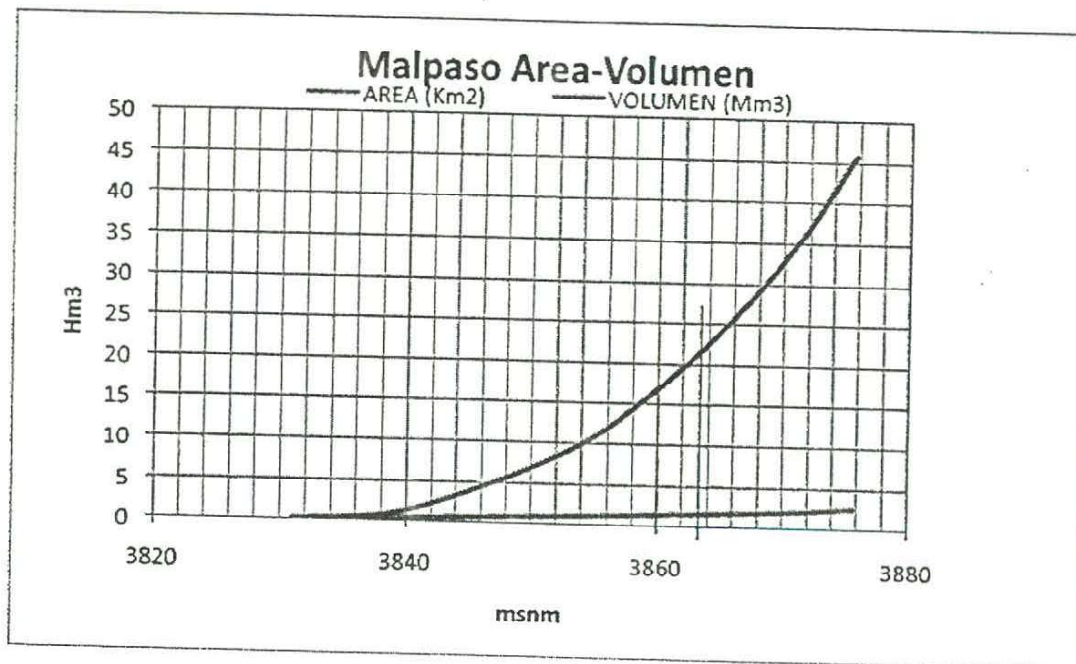
Julio César José Jesús Bustamante Ponce
ING. CIVIL

del Colegio de Ingenieros No. 1657

Julio Bustamante Ponce
Gerente
Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

22
152**b.) Malpaso**

El reservorio de Malpaso operaría desde el año 1936. Si bien cuenta con un volumen de almacenamiento de 23 Hm^3 , su función principal es generar la altura que permite operar a máxima capacidad la central Malpaso, por tanto su nivel tiende a estar todo el año al máximo, salvo variaciones horarias menores. Se presenta en el siguiente gráfico su curva Altura-Volumen:



Para fines de la simulación del reservorio no se le considera como regulación estacional.

c.) Otras lagunas

En las nacientes de los ríos Pachacayo, Moya-Quillón y cuenca Oeste del lago Junín, se tiene las otras 15 lagunas que Electoperú a construido para afianzar la producción del Complejo Mantaro.

Su operación ha sido fijada como complemento al aporte del Lago Junín y por tanto sus descargas dependen de los déficits que presenta el río en la toma de la CH SAM y de las proyecciones que se ejecuta anualmente del recurso que se dispondrá en el año.

En el anexo B.1 se muestra la data histórica de operación de estas lagunas.

4.5. Otros Usos de Agua en la Cuenca**4.5.1 Usos mineros**

En las nacientes de la cuenca existen una serie de minas que utilizan recursos hídricos para desarrollar sus procesos minero-industriales y para los campamentos.

Si bien se trata de cantidades menores, muchas veces para abastecer esas demandas cuentan con lagunas reguladas, así como para abastecer pequeñas centrales hidroeléctricas construidas para abastecer sus requerimientos energéticos o parte de ellos.

Julio César José Jesús Bustamante Ponce

INGENIERO CIVIL

F del Colegio de Ingenieros No. 16378 Gerente

Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

Como se trata de efectos ya tenidos en cuenta en los registros de las estaciones hidrométricas existentes y como estos no deberían variar con el ingreso de la central Cerro del Águila, no resulta necesario introducir su efecto en la simulación de operación de los reservorios.

Si hay que decir que estos usos de agua tienen un efecto contaminante no resuelto, que afecta seriamente la vida de la fauna y flora en el cauce principal del río Mantaro, así como los componentes químicos del agua que circula por él.

4.5.2 Demandas agrícolas y poblacionales

En la cuenca del río Mantaro las principales demandas agrícolas se encuentran en el valle del Mantaro y son abastecidas especialmente por canales que captan los recursos de los ríos tributarios que normalmente están libres de la contaminación. Es el mismo caso para las poblaciones que se encuentran a lo largo del río Mantaro.

La mayor parte de estas demandas son satisfechas por canales que tienen muchos años en uso, no esperándose que incrementen su demanda. No se descarta que pueda darse la construcción de nuevos canales para cubrir pequeñas áreas agrícolas en diferentes partes de la cuenca, mas como en muchas partes de la sierra serían demandas de menor magnitud, propias de obras comunales o similares.

El mayor canal de riego que existe en la cuenca capta las aguas del río Mantaro al inicio del Valle del Mantaro y está orientado a regar las tierras de la margen izquierda del valle, siendo su capacidad de varios m^3/s . Su uso es parcial por tratarse de aguas contaminadas. Su efecto ya está considerado en los registros de las estaciones hidrométricas existentes, por lo que tampoco corresponde representar su efecto en el modelo de simulación de operación de embalses.

4.5.3 Usos energéticos

En el cauce principal del río Mantaro existen 3 centrales hidroeléctricas: Malpaso, SAM y Restitución, encontrándose la primera en la cuenca alta y la segunda y tercera se desarrollan en cascada en la cuenca media. Sus características generales se presentan en el punto 5.1 de este informe.

En ríos tributarios existen una serie de centrales medianas a pequeñas, como Pachachaca y La Oroya, entre otras. Alguno de estos ríos cuenta con lagunas reguladas, que -como ya se dijo- su operación se realiza en base a los requerimientos de estas centrales y eventualmente de usos mineros.

Se trata en general de centrales antiguas, cuyo efecto ya está considerado en las series históricas de las estaciones hidrométricas existentes en la cuenca, por lo que no es necesario representarlas en el modelo de simulación de reservorios.

Hay un caso que si corresponde considerar, que es el que se refiere a la laguna Pomacocha, laguna que abastece a las centrales Pachachaca y La Oroya, pero que a futuro está previsto ser derivada a la cuenca del río Rímac para cubrir las demandas de la ciudad de Lima. Se trata de la derivación denominada Marca II. Se incluye en el modelo de simulación de operación de reservorios para evaluar la alternativa que esta derivación se concrete a futuro. Se trata de la derivación de los recursos de una cuenca de $180 km^2$, que rinde unos $3.2 m^3/s$ promedio al año.

4.5.4 Derivaciones al Pacífico

Existen dos túneles por los que se deriva recursos de la cuenca del río Mantaro a ríos de la cuenca del Pacífico. Se trata de la derivación al río Chancay (Barrospata) y al río Santa Eulalia (Marcapomacocha).

La derivación al río Chancay (Barrospata) de ejecutó hace decenas de años para abastecer las demandas agrícolas del valle bajo del río Chancay. Se trata del recurso hídrico de 3 pequeñas lagunas que se encuentran reguladas en la laguna Barrospata. Drenan unos 14 km² de cuenca y apotan un recurso anual de unos 12 Hm³, lo que representa un caudal medio anual de 0.4 m³/s.

La derivación al río Santa Eulalia es más significativa y ha sido desarrollada en etapas denominadas Marca I y Marca III, estando por ejecutarse su tercera etapa, denominada Huascococha.

Las áreas y recursos comprometidos por cada etapa se resumen en la siguiente tabla:

Derivación	Area km ²	Caudal medio m ³ /s
Marca I	275	4.25
Marca III	114	1.69
Huascococha	160	2.04
Marca II	180	3.20

Las derivaciones Marca I y III tienen embalses que regulan 171 Km² de cuenca. Las derivaciones Huascococha y Marca II tienen embalses que regulan el 100% de las cuencas aprovechadas. Todas las derivaciones concentran la descarga de los recursos regulados entre los meses de Mayo a Diciembre.

4.6. Naturalización de la información

La naturalización de las series ha sido realizada en diferentes oportunidades para los estudios que se presentan al COES, tanto por Electroperú, Electroandes y Edegel.

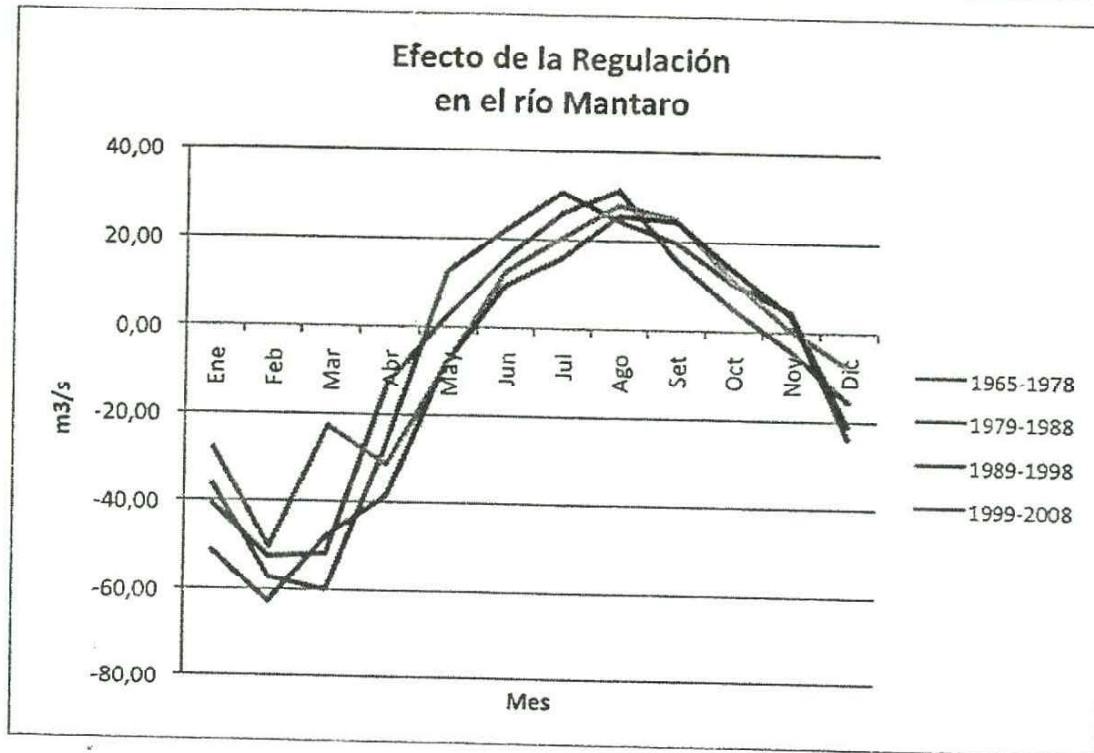
Para el presente informe se respeta las naturalizaciones hechas a los registros del Lago Junín (estación Upamayo-Electroperú), de la laguna Pomacocha (estación Pomacocha-Electroandes) y de la derivación al río Santa Eulalia (Milloc-Edegel).

En las estaciones ubicadas en ríos tributarios, esto es Cochas, Piñascochas, Pachacayo, Quillón y Moya, se ha respetado el método y resultados de Electroperú, donde se ha adicionado la naturalización de los años no naturalizados con anterioridad.

Las series naturalizadas completadas y extendidas se presentan en el anexo B.4.5.

Para tener una idea del efecto que han tenido la regulación de las lagunas de la cuenca alta en las descargas del río, se restó de la serie histórica de la estación Mejorada corregida y completada, de la serie naturalizada de esta estación.

Las series restadas permiten obtener el efecto histórico de estas regulaciones, el que promediado en periodos de 10 años se presenta en el siguiente gráfico, donde se aprecia que las obras de regulación han permitido incrementar el caudal de estiaje, en valores que en los meses más secos son en promedio del orden de 20 m³/s.



A continuación se muestra en resumen la serie de caudales naturalizados, para la media y diferentes porcentajes de persistencia para la estación La Mejorada:

mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
media	273.53	412.29	426.77	264.86	124.90	84.29	70.72	64.01	66.29	79.42	101.46	149.34
50%	232.58	380.06	390.53	245.40	118.15	83.85	70.30	65.02	65.82	77.41	83.47	138.30
75%	170.02	277.84	294.53	182.18	91.97	70.45	59.12	54.96	54.27	68.75	69.00	100.72
95%	117.26	143.21	198.43	105.29	70.82	54.80	45.35	43.69	44.22	51.65	47.51	74.96

4.7. Disponibilidad Hídrica para el proyecto

Para determinar la disponibilidad hídrica natural para el Proyecto Cerro del Águila, se suma la serie naturalizada Mejorada, con las series de caudales naturales generada para la estación Pongor (caudales naturales que se generan entre la estación Mejorada y Pongor).

Como se indicó anteriormente, la estación Mejorada se encuentra ubicada aguas arriba de la toma de la CH SAM y la estación Pongor se encuentra ubicada aguas debajo arriba de la descarga de la CH Restitución, que como se observa en el esquema hidráulico, esta última registra los caudales naturales generados entre la bocatoma de la central hidroeléctrica SAM y la devolución al río. La disponibilidad hídrica entonces se ha calculado sumando el caudal naturalizado de la Estación La Mejorada mas los aportes naturales del río entre esta estación y la estación Pongor. A continuación se muestra la disponibilidad hídrica naturalizada para el proyecto:

Disponibilidad Hídrica para el Proyecto (m³/s)

mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
media	418.51	680.69	704.42	393.47	183.23	114.99	96.81	88.56	99.23	116.74	143.13	222.78	271.88
50%	378.72	615.19	602.28	381.76	166.71	106.30	93.45	81.04	91.53	110.35	119.81	197.68	245.40
75%	250.79	466.54	442.57	260.78	130.40	91.56	78.93	72.70	79.64	96.89	96.97	139.91	184.08
95%	170.83	245.86	276.97	143.86	100.81	76.19	65.48	62.08	59.11	73.21	68.08	99.61	120.17

Disponibilidad Hídrica para el Proyecto (MMC)

mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
media	1,120.9	1,646.7	1,886.7	1,019.9	490.8	298.1	259.3	237.2	257.2	312.7	371.0	596.7	1,120.9
75%	671.7	1,128.7	1,185.4	676.0	349.3	237.3	211.4	194.7	206.4	259.5	251.3	374.7	5,746.5

5.- Plan de aprovechamiento Hídrico**5.1 El Modelo**

Para simular la operación de los reservorios existentes en la cuenca se ha utilizado el modelo desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de EEUU, el HEC 3.

En él se ha representado el efecto de la regulación de los reservorios existentes en la cuenca, que se listan en el capítulo 5, donde los pequeños reservorios han sido agrupados en uno solo por cuenca (excepto para la cuenca del río Pachacayo). De esta manera, se representan 6 reservorios: Junín, Pomacocha, Pachacayo (dos reservorios: Piñascocha y Cochas), Moya y Quillón.

También se representa las derivaciones al Pacífico como una sola y las tomas de las CH Malpaso y SAM.

No se representa el embalse Malpaso porque en la práctica no se utiliza su capacidad de regulación estacional.

En el modelo se representa las curvas área-volumen de cada reservorio, el efecto de la evaporación neta en cada reservorio, y los caudales derivados y/o demandados por cada central. La representación de hace son series de datos promedio mensuales.

5.2. Alternativas de operación simuladas

Se simulan 4 alternativas de operación de reservorios, que tienen que ver con el nivel máximo aceptable de operación del Lago Junín y con la inclusión de nuevas obras de derivación a cuencas del Pacífico, específicamente para la ciudad de Lima.

Estas alternativas son:

Julio César José Jesús Bustamante Ponce
INGENIERO CIVIL

Pag. del Colegio de Ingenieros No. 16373

Julio Bustamante Ponce
Gerente
Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

Caso	Archivo	Nivel Lago Junín	Con Huascococha	Con Marca II
1 (Actual)	sim-ca1.dat	13421	No	No
1A	sim-ca2.dat	13421	Si	No
1B	sim-ca3.dat	13421	Si	Si
2	sim-ca4.dat	13420	No	No
2A	sim-ca5.dat	13420	Si	No
2B	sim-ca6.dat	13420	Si	Si
3	sim-ca7.dat	13418	Si	Si

En todas las alternativas la simulación se realiza buscando maximizar los caudales de estiaje en la toma de la CH SAM, central para la que en la actualidad optimiza la operación de los reservorios (criterio que estimamos debe mantenerse en el tiempo por ser la central con mayor caída aprovechada en el río).

5.3. Resultados

Los resultados obtenidos para cada alternativa de operación de reservorios se presentan en el anexo B.4.6 y se resumen en la siguiente tabla:

Alternativa	archivo	Caudal 95% (m3/s)	Caudal Medio (m3/s)	Evapor L. Junín (hm3)
Alt 1 Condiciones actuales (Lag. Junín 13421 psm)	sim-ca1.dat	90.0	169.2	121.6
Alt 1 A Alt1 + Huascacocha	sim-ca2.dat	89.4	167.0	121.7
Alt 1 B Alt1A + Marca II	sim-ca3.dat	86.7	164.6	121.7
Alt 2 Lago Junín 13420 psm	sim-ca4.dat	88.7	169.4	115.0
Alt 2 A Alt2 + Huascacocha	sim-ca5.dat	88.1	167.3	115.2
Alt 2 B Alt2A + Marca II	sim-ca6.dat	85.7	164.9	114.9
Alt 3 Lag. Junín 13418 psm + Huascacocha + Marca II	sim-ca7.dat	81.1	165.3	103.1

5.4. Series en la toma de la CH Cerro del Águila

Para obtener en la toma del proyecto Cerro del Águila las series de caudales correspondientes a cada alternativa de operación de reservorios, se suma las series de caudales que se han obtenido para la CH SAM con las diferencias que se obtienen entre las series históricas definidas para las estaciones Pongor y Mejorada.

Se presenta a continuación la serie que corresponde a aquella que mantenga las condiciones actuales (Alternativa 1) y 4 series que corresponden a las alternativas que consideramos las más probables de las diferentes posibilidades evaluadas. Éstas se corresponden a las alternativas 1A 1B, 2A y 2B, series que representan de la siguiente manera:

- Alternativa 1A, que se mantenga las actuales condiciones de operación de reservorios y que se concrete la derivación de Huascacocha.
- Alternativa 1B, que se mantengan las actuales condiciones de operación de reservorios y que se concrete las derivaciones de Huascacocha y Marca II
- Alternativa 2A, que se reduzca la cota de operación del Lago Junín en 1 pie y que se concrete la derivación de Huascacocha.
- Alternativa 2B, que se reduzca la cota de operación del Lago Junín en 1 pie y que se concrete las derivaciones de Huascacocha y Marca II.

En estas series no están consideradas las eventuales reducciones por efecto de los caudales ecológicos que deban respetarse aguas debajo de la captación del proyecto.

Como se aprecia los caudales resultantes son menores que los de la serie histórica, debido tanto a los criterios de operación asumidos, como a que se considera los caudales a derivar a futuro y no los derivados históricamente.

ESTACION PONGOR ALTERNATIVA 1

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
1965	172.4	522.1	544.7	226.0	129.6	108.8	110.3	112.0	120.3	119.8	100.6	148.4	199.3
1966	287.0	314.6	378.4	143.3	137.3	115.4	113.3	108.4	85.3	149.5	185.4	395.0	200.9
1967	312.1	929.7	925.2	441.0	214.6	118.9	119.8	105.7	119.2	182.3	123.1	180.5	310.5
1968	357.2	397.8	647.0	255.0	121.7	115.3	119.9	124.7	123.1	124.8	179.0	214.7	231.0
1969	194.3	300.9	348.1	362.9	126.0	112.7	106.5	103.9	112.7	108.7	111.3	241.3	184.9
1970	719.4	600.3	451.5	384.9	258.0	114.2	113.7	111.6	157.5	136.6	127.8	226.5	281.9
1971	408.2	730.8	1164.3	459.1	167.7	135.2	128.3	119.0	119.2	122.0	113.3	156.7	316.5
1972	433.3	414.1	822.5	593.8	206.2	109.8	108.4	98.4	108.1	114.4	113.0	189.5	275.3
1973	606.6	936.5	1217.2	686.9	246.2	158.5	157.0	148.4	123.3	162.2	272.6	337.7	418.1
1974	874.7	1381.1	863.2	461.1	219.8	115.2	105.8	105.4	131.7	226.9	227.4	182.4	401.8
1975	185.9	533.4	1255.6	333.1	248.8	154.5	133.0	129.4	155.1	146.9	120.6	198.9	298.9
1976	478.5	874.7	963.5	339.5	178.5	143.3	129.9	127.3	186.4	129.1	120.8	111.8	312.0
1977	172.7	446.6	655.2	262.2	154.2	112.4	110.7	119.6	119.3	182.8	244.6	187.8	229.4
1978	438.1	942.5	432.3	242.6	156.0	116.1	100.4	99.5	103.0	102.8	129.8	166.8	248.0
1979	219.0	612.2	982.7	465.4	172.9	123.1	124.3	118.8	116.4	112.3	116.0	114.6	271.1
1980	167.8	278.7	391.8	198.1	115.5	112.4	106.3	111.4	108.5	125.0	113.1	190.5	167.7
1981	367.6	1506.2	1327.8	339.7	116.8	119.9	116.1	124.6	135.7	129.0	251.0	468.0	410.2
1982	623.8	946.1	575.5	350.0	153.4	104.1	103.9	105.3	103.2	121.5	236.7	209.3	298.6
1983	322.1	252.3	532.3	354.9	189.7	97.8	97.2	96.8	114.0	113.6	99.7	117.5	198.9
1984	271.3	1342.0	864.7	518.1	185.1	105.3	112.2	118.1	127.7	129.2	138.4	330.1	346.8
1985	476.2	706.2	714.7	523.3	228.1	306.6	209.1	201.8	213.5	221.3	127.8	182.9	340.2
1986	549.1	1086.4	1227.5	774.4	572.5	240.8	189.5	200.2	156.4	135.8	134.3	243.0	455.5
1987	836.4	614.4	394.1	197.9	145.3	104.8	104.3	104.2	118.9	118.1	123.2	190.0	252.6
1988	468.1	648.7	475.3	501.4	207.1	105.3	104.7	104.5	116.3	119.4	118.8	144.8	256.9
1989	327.5	524.9	529.7	430.4	159.3	108.0	104.7	98.0	131.4	138.1	139.0	110.5	231.4
1990	221.6	232.3	216.3	136.4	122.8	105.5	104.5	103.8	116.7	127.1	250.3	236.9	164.1
1991	260.8	269.2	589.9	262.1	185.9	105.6	105.2	104.0	128.4	123.1	120.7	123.1	198.1
1992	139.9	111.0	228.1	102.4	65.3	64.2	64.7	63.6	66.8	69.6	68.9	69.9	92.9
1993	175.6	476.7	460.7	299.6	191.8	104.1	103.6	103.5	115.3	118.1	256.4	684.3	256.4
1994	507.2	1128.8	1015.6	872.8	286.6	114.1	103.1	103.3	131.0	123.7	124.4	127.1	381.2
1995	206.9	258.3	375.8	376.3	126.7	102.8	102.8	102.8	115.3	114.9	119.5	124.1	176.5
1996	290.0	520.1	443.6	487.8	131.4	100.7	95.3	95.5	111.6	89.9	89.0	130.7	213.2
1997	276.6	572.7	382.1	131.6	119.6	91.7	89.2	91.2	75.5	81.3	80.3	166.3	177.5
1998	472.9	620.6	535.6	406.0	122.5	109.4	111.9	105.3	101.2	102.5	99.6	123.0	240.1
1999	252.2	667.8	731.9	551.7	305.8	156.8	108.0	102.9	104.1	106.5	106.0	148.5	275.9
2000	618.8	995.4	847.5	437.9	171.7	133.1	117.7	108.6	118.9	105.7	110.0	132.8	320.7
2001	814.1	682.9	1258.3	542.7	149.6	118.1	112.6	109.8	117.9	120.6	125.4	165.2	358.6
2002	143.6	473.8	782.2	331.3	155.8	128.8	134.9	118.0	119.0	119.0	186.5	324.0	250.2
2003	355.7	809.8	1093.6	482.1	176.9	125.8	126.8	117.0	104.4	101.9	98.7	186.5	312.1
2004	165.5	489.9	316.7	178.3	113.6	105.8	107.6	102.0	105.7	108.1	119.0	257.0	178.8
2005	296.8	347.6	366.7	241.5	122.8	108.9	108.0	106.0	108.4	116.4	122.0	124.0	179.8
2006	404.8	559.1	558.6	449.4	130.2	116.8	111.9	113.1	114.5	116.3	165.5	199.9	251.3
2007	435.2	377.8	577.7	406.8	200.2	117.3	110.7	107.7	110.2	126.4	128.3	148.7	236.6
2008	391.1	490.1	405.3	167.9	125.2	105.3	104.8	104.6	121.6	123.6	120.0	126.0	197.2
Prom	379.5	634.7	678.9	379.8	177.6	122.1	114.8	112.7	120.3	126.5	142.2	200.8	263.6
máximo	874.7	1506.2	1327.8	872.8	572.5	306.6	209.1	201.8	213.5	226.9	272.6	684.3	600.4
mínimo	139.9	111.0	216.3	102.4	65.3	64.2	64.7	63.6	66.8	69.6	68.9	69.9	91.9

ESTACION PONGOR ALTERNATIVA 1A

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
1965	169.7	517.4	540.3	224.4	128.4	108.2	109.7	111.4	119.7	119.2	101.0	147.8	197.8
1966	283.6	312.1	375.5	142.2	136.7	114.8	112.7	107.8	85.0	148.9	184.5	392.3	199.5
1967	308.6	922.3	920.4	438.1	213.5	117.4	119.6	105.1	118.6	180.9	122.5	179.3	308.4
1968	353.2	394.3	642.3	253.4	121.1	114.7	119.3	124.1	122.5	124.2	176.7	213.6	229.3
1969	193.6	297.9	343.7	356.8	125.4	112.1	105.9	103.3	112.1	108.2	110.7	237.8	183.1
1970	709.5	596.7	448.3	381.6	255.2	113.6	113.1	111.0	156.9	136.0	127.2	225.6	279.6
1971	404.2	725.7	1157.6	454.2	166.8	134.6	127.7	118.4	118.6	121.4	112.7	156.2	314.4
1972	428.1	410.0	812.4	586.7	203.8	108.2	107.8	97.8	107.5	113.8	112.5	188.4	272.5
1973	599.7	928.8	1210.8	683.2	245.0	158.3	156.4	147.8	122.7	159.4	270.5	333.5	415.0
1974	868.3	1370.5	854.3	459.6	218.1	114.3	105.2	104.8	131.1	226.3	226.8	181.8	399.0
1975	179.5	531.4	1247.0	331.4	246.1	153.3	132.4	128.8	154.5	146.3	120.0	197.0	296.6
1976	472.9	865.4	956.1	335.5	177.4	142.7	129.3	126.7	185.8	128.5	120.2	111.2	309.4
1977	168.5	440.9	648.0	257.2	153.5	111.8	110.1	119.0	118.7	182.2	242.0	186.2	226.9
1978	435.5	932.1	421.7	238.1	155.5	115.5	99.8	98.9	102.4	102.2	128.3	165.8	245.2
1979	218.3	608.4	970.3	458.8	171.9	122.5	123.7	118.2	115.8	111.7	115.4	114.0	268.7
1980	163.9	273.7	382.6	191.4	115.4	112.3	106.2	111.3	107.0	124.7	113.0	185.1	165.1
1981	362.1	1659.6	1183.4	302.2	116.2	119.3	115.5	124.0	135.1	128.4	248.2	466.4	405.5
1982	616.7	936.1	564.0	347.0	152.8	103.5	103.3	104.7	102.6	120.9	234.0	206.6	295.2
1983	316.1	249.2	526.0	350.0	189.1	97.2	96.6	96.2	114.4	113.1	99.6	117.1	197.0
1984	266.4	1333.7	850.0	512.0	182.1	104.7	111.6	117.5	127.1	128.6	137.8	324.9	343.0
1985	469.8	701.7	708.4	517.8	226.5	306.0	208.5	201.3	212.9	220.7	127.2	177.7	337.4
1986	538.2	1082.0	1220.8	768.8	570.8	239.9	189.2	200.1	156.2	135.2	133.7	241.4	452.7
1987	825.1	604.4	389.5	196.9	144.8	104.2	103.7	103.6	118.3	117.5	122.6	187.6	249.9
1988	464.5	641.7	471.7	500.1	205.2	104.7	104.1	103.9	115.7	118.8	118.2	144.1	255.1
1989	324.3	514.6	524.1	422.4	158.2	107.3	104.1	97.4	130.8	137.6	138.4	109.9	228.8
1990	219.9	230.1	213.6	135.0	122.2	104.9	103.9	103.2	116.1	126.5	242.7	232.1	162.1
1991	256.4	263.2	582.2	257.3	182.5	105.0	104.6	103.4	127.8	122.5	120.1	122.5	195.6
1992	139.3	110.9	225.5	99.4	64.8	63.6	66.1	63.4	66.6	68.8	68.1	69.1	92.2
1993	171.1	470.8	454.5	296.2	190.0	103.5	103.0	103.0	114.7	117.6	252.8	679.8	253.7
1994	500.9	1121.3	1009.8	867.5	284.6	113.7	102.5	102.7	130.4	123.1	123.8	126.5	378.7
1995	204.3	255.8	371.1	374.2	126.1	102.2	102.2	102.2	114.7	114.3	118.9	125.1	175.3
1996	288.1	515.4	439.7	484.3	130.5	97.1	96.8	96.9	112.6	89.3	88.4	130.1	211.8
1997	274.1	564.9	376.1	131.1	119.0	91.1	88.7	90.0	76.1	81.2	79.8	163.5	175.7
1998	467.5	615.5	531.1	403.3	121.9	108.8	111.3	104.7	100.6	101.9	99.4	121.9	238.3
1999	246.7	658.5	725.1	545.1	304.1	156.2	107.4	102.3	103.5	105.9	105.4	147.3	273.0
2000	613.2	990.0	842.9	433.6	171.1	132.5	117.1	108.0	118.3	104.5	109.4	131.1	318.5
2001	808.9	677.6	1252.0	541.9	149.2	117.5	112.0	109.2	117.3	120.0	124.8	163.7	356.6
2002	142.3	471.9	778.2	330.2	154.6	128.2	134.3	117.4	118.4	118.4	185.4	321.8	248.9
2003	353.4	804.7	1092.0	481.3	175.6	125.2	126.2	116.4	103.8	101.3	98.1	185.6	310.8
2004	164.3	487.9	314.7	178.7	113.0	105.2	107.0	101.4	105.1	107.5	118.4	253.8	177.8
2005	291.8	343.9	363.2	239.1	121.1	108.3	107.4	105.4	107.8	115.8	121.4	123.4	178.1
2006	402.9	554.7	553.6	445.3	129.0	116.2	111.3	112.5	113.9	115.7	164.5	196.6	249.3
2007	431.1	374.7	574.5	405.2	199.3	116.7	110.1	107.1	109.6	125.8	127.7	148.3	235.2
2008	387.1	488.3	401.8	166.3	124.6	104.7	104.2	104.0	121.0	123.0	119.4	125.4	195.9
Prom	375.1	633.0	669.8	375.6	176.4	121.4	114.3	112.2	119.8	125.9	141.2	199.1	261.4
máximo	868.3	1659.6	1252.0	867.5	570.8	306.0	208.5	201.3	212.9	226.3	270.5	679.8	452.7
mínimo	139.3	110.9	213.6	99.4	64.8	63.6	66.1	63.4	66.6	68.8	68.1	69.1	92.2

Julio César José Jesús Bustamante Ponco
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros No. 10000
Julio Bustamante Ponco
Gerente
Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.

**ESTACION PONGOR
ALTERNATIVA 1B**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
1965	167.8	516.2	539.1	222.3	125.6	105.5	107.0	108.7	117.0	116.5	101.4	145.1	195.8
1966	281.7	310.9	374.3	140.1	134.0	112.1	110.0	105.2	84.4	146.2	182.3	389.6	197.4
1967	306.6	921.4	919.2	435.9	210.8	114.6	116.8	102.4	115.9	178.3	119.8	176.6	306.1
1968	351.0	393.1	641.2	251.2	118.4	112.0	116.6	121.4	119.9	121.5	173.9	211.0	226.9
1969	191.6	296.7	342.2	354.7	122.7	109.4	103.2	100.6	109.4	105.5	108.0	235.2	180.8
1970	707.5	596.3	447.1	379.7	252.4	111.0	110.4	108.3	154.2	133.3	124.6	222.9	277.3
1971	402.3	724.4	1156.4	450.0	164.0	132.0	125.0	115.8	115.9	118.8	110.0	153.5	311.9
1972	426.1	408.8	810.8	584.4	201.1	105.5	105.1	95.1	104.9	111.2	109.8	185.8	270.1
1973	597.4	927.6	1208.7	677.9	242.2	155.6	153.8	145.1	120.0	156.7	267.5	330.8	412.3
1974	866.3	1366.4	847.7	455.0	215.4	111.5	102.5	102.1	128.4	223.6	224.1	179.1	395.8
1975	177.3	530.2	1245.8	329.2	243.3	150.5	129.7	126.1	151.9	143.7	117.3	194.3	294.2
1976	470.9	863.9	954.9	332.9	174.6	140.1	126.6	124.0	183.1	125.9	117.6	108.5	307.0
1977	166.5	439.7	646.5	254.9	150.8	109.1	107.5	116.3	116.0	179.5	239.3	183.5	224.5
1978	433.5	930.4	419.4	236.0	152.7	112.8	97.1	96.3	99.7	99.6	125.5	163.1	242.7
1979	216.4	607.3	968.7	456.7	169.2	119.8	121.0	115.5	113.1	109.0	112.8	111.3	266.4
1980	161.9	272.5	381.4	189.3	112.8	109.6	103.6	108.7	106.4	122.3	110.3	182.3	162.9
1981	360.2	1658.8	1182.2	300.1	113.5	116.6	112.8	121.4	132.4	125.7	245.4	463.8	403.1
1982	614.5	931.3	559.5	344.0	150.1	100.8	100.6	102.0	100.0	118.3	231.3	203.9	292.3
1983	313.9	248.1	524.8	347.8	186.5	94.5	93.9	93.6	111.8	109.3	96.3	114.4	194.5
1984	264.4	1332.5	848.6	507.1	179.4	102.0	109.0	114.8	124.4	125.9	135.1	322.2	340.4
1985	467.8	700.2	705.0	512.6	223.7	303.2	205.9	198.6	210.3	218.0	124.5	175.1	334.6
1986	535.9	1080.7	1215.5	763.7	566.9	237.2	186.4	197.3	153.5	132.5	131.0	238.7	449.6
1987	823.2	603.2	387.6	194.8	142.1	101.6	101.0	100.9	115.6	114.9	119.9	184.9	247.5
1988	462.2	640.5	470.5	497.9	202.4	102.0	101.4	101.2	113.0	116.1	115.5	141.4	252.7
1989	322.4	513.0	522.9	419.8	155.4	104.5	101.4	94.7	128.2	134.9	135.8	107.2	226.3
1990	217.9	228.6	212.4	132.8	119.6	102.3	101.2	100.5	113.4	123.9	239.9	229.4	159.7
1991	254.4	261.6	581.0	255.1	179.7	102.3	101.9	100.8	125.1	119.9	117.4	119.9	193.2
1992	136.6	110.7	224.3	97.4	64.1	62.9	63.7	61.8	65.3	67.8	67.5	67.4	90.8
1993	169.2	469.6	453.3	294.0	187.3	100.9	100.3	100.3	112.1	115.6	250.1	677.1	251.4
1994	498.9	1120.1	1008.6	862.8	281.8	110.9	99.8	100.0	127.7	120.4	121.1	123.9	376.1
1995	202.4	254.3	369.9	372.1	123.4	99.5	99.5	99.6	112.0	111.7	116.2	122.5	172.9
1996	286.1	514.2	438.5	482.2	127.8	94.5	94.1	94.2	110.3	88.3	87.3	127.4	209.8
1997	272.1	563.7	374.9	129.0	116.4	89.4	87.0	86.9	74.8	80.6	77.9	160.9	173.9
1998	465.6	614.3	529.9	401.1	119.2	106.1	108.6	102.1	97.9	99.3	96.1	119.2	235.9
1999	244.7	657.3	723.9	543.0	301.4	153.5	104.8	99.7	100.8	103.3	102.7	144.6	270.7
2000	611.2	988.8	841.3	429.5	168.3	129.8	114.5	105.4	115.6	101.8	106.8	128.4	316.0
2001	806.5	676.4	1245.8	538.4	146.4	114.8	109.3	106.5	114.6	117.3	122.1	161.0	353.7
2002	140.4	470.3	776.9	328.0	151.8	125.5	131.6	114.7	115.7	115.7	182.6	319.2	246.5
2003	351.1	803.5	1087.0	476.9	172.8	122.5	123.5	113.7	101.2	98.6	95.4	182.9	307.9
2004	162.3	486.7	313.5	176.1	110.3	102.5	104.3	98.8	102.4	104.8	115.7	251.1	175.4
2005	289.3	342.7	362.0	236.9	118.4	105.7	104.7	102.7	105.1	113.1	118.7	120.7	175.7
2006	400.9	552.9	552.5	443.1	126.3	113.6	108.6	109.8	111.2	113.1	161.7	193.9	246.9
2007	428.7	373.5	573.3	402.9	196.6	114.0	107.4	104.4	107.0	123.1	125.0	145.6	232.8
2008	385.2	486.7	400.6	164.2	121.9	102.0	101.5	101.4	118.3	120.3	116.7	122.7	193.5
Prom	373.0	631.6	667.9	372.8	173.7	118.8	111.7	109.5	117.3	123.3	138.6	196.4	259.0
máximo	866.3	1658.8	1245.8	862.8	566.9	303.2	205.9	198.6	210.3	223.6	267.5	677.1	600.7
mínimo	136.6	110.7	212.4	97.4	64.1	62.9	63.7	61.8	65.3	67.8	67.5	67.4	89.8

Julio César José Jesús Bustamante Ponce
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros No 16343
Gerente
Julio Bustamante Ponce

PONGOR
ALTERNATIVA 2A

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
1965	169.7	517.4	540.3	226.8	130.0	106.9	108.4	110.1	118.4	117.9	104.5	146.5	197.8
1966	283.6	312.1	375.5	142.3	135.4	113.5	111.4	106.5	90.9	147.6	184.5	392.3	199.4
1967	308.6	950.2	920.2	438.2	213.8	117.4	119.6	103.8	117.3	181.0	121.2	179.3	310.3
1968	358.0	394.6	642.2	253.5	119.8	113.4	118.0	122.8	121.2	122.9	176.7	213.6	229.1
1969	193.6	297.9	349.8	357.1	124.1	110.8	104.6	102.0	110.8	106.9	109.4	237.9	182.9
1970	709.5	616.5	448.1	381.5	255.5	112.3	111.8	109.7	155.6	134.7	126.0	225.6	280.4
1971	404.2	734.4	1158.5	454.6	167.6	133.4	126.4	117.1	117.3	120.1	111.4	156.2	314.6
1972	428.1	410.0	829.9	585.1	204.1	108.6	106.5	96.5	106.3	112.6	111.2	188.4	273.3
1973	603.7	929.2	1211.0	682.9	244.8	158.4	155.1	146.5	122.1	159.6	274.1	334.2	415.5
1974	869.0	1370.4	854.1	459.7	218.5	114.6	103.9	103.5	129.8	225.0	225.5	180.5	398.5
1975	186.3	531.2	1247.6	332.3	246.5	153.6	131.1	127.5	153.2	145.1	118.7	197.0	296.8
1976	472.9	873.9	956.5	336.1	177.7	141.5	128.0	125.4	184.5	127.3	119.0	109.9	309.4
1977	168.5	440.9	655.9	257.3	155.0	110.5	108.8	117.7	117.4	180.9	242.2	186.2	227.2
1978	435.5	944.3	421.5	238.3	155.8	114.2	98.5	97.6	101.1	100.9	128.3	165.8	245.6
1979	218.3	608.4	978.2	459.0	172.5	121.2	122.4	116.9	114.5	110.4	114.2	112.7	268.7
1980	164.0	273.7	382.6	191.5	113.7	110.5	104.4	109.6	105.3	123.1	111.2	185.0	164.0
1981	362.2	1687.3	1183.2	336.0	114.9	118.0	114.2	122.8	133.8	127.1	248.3	466.4	409.7
1982	624.8	935.9	564.7	347.1	153.7	102.2	102.0	103.4	101.4	119.7	234.1	206.6	295.5
1983	323.6	249.0	525.8	350.1	181.8	96.9	96.3	96.0	114.2	112.4	91.1	117.1	196.1
1984	266.4	1333.7	873.9	512.1	182.5	103.4	110.3	116.2	125.8	127.3	136.5	324.9	344.4
1985	469.8	709.8	709.2	518.7	226.8	306.4	207.3	200.0	211.6	219.4	125.9	177.8	337.7
1986	544.6	1082.6	1220.8	769.7	571.0	240.6	189.5	200.1	157.4	133.9	133.9	243.2	453.6
1987	825.1	604.2	389.4	197.1	145.1	103.0	102.4	102.3	117.0	116.3	121.3	187.6	249.3
1988	471.1	641.5	473.0	500.2	205.5	103.4	102.8	102.6	114.4	117.5	116.9	144.1	255.1
1989	324.3	526.2	524.3	422.8	159.2	107.7	102.8	96.1	129.6	136.3	137.2	109.9	229.3
1990	219.9	236.3	214.2	135.1	121.0	103.7	102.6	101.9	114.8	125.3	242.7	232.1	162.0
1991	261.5	266.5	582.5	259.1	182.8	103.7	103.3	102.2	126.5	121.3	118.8	121.2	195.7
1992	138.0	113.9	225.5	99.4	78.4	61.5	60.8	60.4	63.6	66.1	65.8	66.1	91.6
1993	171.1	470.8	454.5	296.2	190.0	102.2	101.7	101.7	113.5	122.6	252.8	679.8	253.7
1994	500.9	1148.2	1009.6	867.7	284.9	114.0	101.2	101.4	129.1	121.8	122.5	125.2	380.1
1995	204.4	264.2	370.9	374.4	124.8	100.9	100.9	100.9	113.4	113.1	116.8	117.1	174.4
1996	288.1	515.4	439.7	484.3	124.6	97.3	97.0	97.1	113.2	91.3	90.4	128.8	211.6
1997	274.1	564.9	376.1	131.1	108.7	95.8	93.4	91.9	76.1	81.2	85.3	163.5	176.2
1998	467.5	615.5	552.0	406.6	120.6	107.5	110.0	103.5	99.3	92.9	94.6	121.9	238.6
1999	246.7	658.5	725.1	552.6	309.2	154.9	106.2	101.0	102.2	104.7	104.1	147.3	273.4
2000	613.2	990.0	866.5	433.1	171.4	132.3	115.8	106.8	117.0	104.5	108.2	131.1	320.1
2001	813.6	678.0	1252.3	542.1	149.5	116.6	110.7	107.9	116.0	118.7	123.5	163.6	356.5
2002	142.4	478.9	779.6	330.4	154.9	126.9	133.0	116.1	117.1	117.1	185.4	321.8	249.1
2003	359.8	804.5	1094.6	481.5	175.9	123.9	124.9	115.1	102.5	100.0	96.8	185.6	310.9
2004	164.3	487.9	316.0	187.4	111.7	103.9	105.7	100.2	103.8	106.2	117.1	253.9	177.9
2005	300.5	343.9	365.2	239.3	121.2	107.0	106.1	104.1	106.5	114.5	120.1	122.1	178.2
2006	402.9	567.4	553.5	445.4	128.5	114.9	110.0	111.2	112.6	114.4	164.5	196.6	249.7
2007	437.9	374.5	576.5	406.7	199.6	115.4	108.8	105.8	108.3	124.5	126.4	148.3	235.4
2008	393.9	489.0	401.6	166.5	123.3	103.4	102.9	102.7	119.7	121.7	118.1	124.1	195.6
Prom	377.0	637.4	672.5	377.0	176.3	120.6	113.2	111.0	118.8	124.7	140.4	198.6	261.7
máximo	869.0	1687.3	1252.3	867.7	571.0	306.4	207.3	200.1	211.6	225.0	274.1	679.8	453.6
mínimo	138.0	113.9	214.2	99.4	78.4	61.5	60.8	60.4	63.6	66.1	65.8	66.1	91.6

**ESTACION PONGOR
ALTERNATIVA 2B**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
1965	167.8	516.2	539.1	224.6	127.2	104.5	105.9	107.7	115.9	115.5	103.9	144.0	195.7
1966	281.7	310.9	374.3	140.1	132.9	111.1	108.9	104.1	89.4	145.1	182.3	389.6	197.3
1967	306.6	949.1	919.0	436.0	211.1	114.7	116.8	101.4	114.8	178.3	118.8	176.6	308.0
1968	355.4	393.3	641.0	251.3	117.3	110.9	115.5	120.3	118.8	120.5	173.9	211.0	226.8
1969	191.7	296.7	347.6	354.8	121.6	108.3	102.1	99.6	108.3	104.4	106.9	235.2	180.6
1970	707.5	614.9	446.9	379.4	252.7	109.9	109.3	107.3	153.1	132.2	123.5	222.9	278.2
1971	402.3	732.0	1157.1	450.3	164.8	130.9	123.9	114.7	114.9	117.7	108.9	153.6	312.0
1972	426.1	408.8	828.6	582.5	201.4	105.8	104.0	94.1	103.8	110.1	108.7	185.8	271.0
1973	600.3	927.7	1208.8	677.6	241.8	155.6	152.7	144.1	119.3	157.0	270.9	331.4	412.6
1974	866.9	1366.2	847.5	455.1	215.7	111.8	101.4	101.0	127.3	222.6	223.0	178.1	395.3
1975	183.3	530.0	1246.3	329.9	243.7	150.8	128.7	125.1	150.8	142.6	116.2	194.3	294.4
1976	470.9	871.5	955.2	333.4	174.9	139.0	125.5	123.0	182.0	124.8	116.5	107.4	307.0
1977	166.5	439.7	653.4	255.0	152.0	108.0	106.4	115.2	114.9	178.4	239.4	183.5	224.8
1978	433.5	942.0	419.2	236.1	153.0	111.7	96.0	95.2	98.6	98.5	125.5	163.1	243.1
1979	216.4	607.3	975.8	456.8	169.6	118.7	119.9	114.5	112.0	107.9	111.7	110.2	266.4
1980	162.0	272.5	381.4	189.3	111.2	108.1	102.0	107.1	102.6	120.7	108.7	182.3	161.8
1981	360.2	1686.3	1182.0	333.8	112.5	115.5	111.7	120.3	131.3	124.6	245.5	463.8	407.5
1982	621.8	931.1	560.2	344.1	150.8	99.7	99.5	100.9	98.9	117.2	231.3	203.9	292.5
1983	320.8	247.8	524.6	348.0	179.4	94.4	93.9	93.5	111.7	106.1	90.3	114.4	193.6
1984	264.4	1332.5	872.6	507.2	179.7	100.9	107.9	113.7	123.3	124.9	134.0	322.1	342.0
1985	467.8	707.2	705.9	513.5	224.0	303.6	204.8	197.5	209.2	216.9	123.4	175.1	334.9
1986	541.6	1081.3	1215.5	764.5	567.2	237.7	186.7	197.3	154.6	131.5	130.9	240.5	450.4
1987	823.1	603.0	387.4	194.9	142.4	100.5	100.0	99.8	114.6	113.8	118.8	184.9	247.0
1988	468.0	640.3	471.6	498.1	202.7	100.9	100.3	100.1	111.9	115.0	114.4	141.5	252.8
1989	322.4	523.4	523.1	420.0	156.4	104.9	100.3	93.7	127.1	133.8	134.7	107.2	226.8
1990	217.9	234.1	212.9	132.9	118.5	101.2	100.1	99.4	112.3	122.8	239.9	229.4	159.7
1991	258.1	265.3	581.0	257.0	180.0	101.2	100.8	99.7	124.1	118.8	116.3	118.8	193.3
1992	135.5	113.2	224.3	97.4	76.9	60.6	60.1	58.8	62.3	65.3	64.0	63.4	90.2
1993	169.2	469.6	453.3	294.0	187.3	99.8	99.2	99.2	111.0	120.1	250.1	677.1	251.4
1994	498.9	1146.7	1008.5	862.9	282.1	111.2	98.7	98.9	126.6	119.4	120.0	122.8	377.6
1995	202.4	261.8	369.7	372.2	122.3	98.4	98.4	98.5	110.9	110.6	112.1	114.4	171.9
1996	286.2	514.2	438.5	482.2	121.8	94.9	94.5	94.6	110.7	90.2	89.2	126.3	209.6
1997	272.1	563.7	374.9	129.0	106.3	93.3	90.9	91.1	74.8	79.6	77.9	160.9	173.9
1998	465.6	614.3	550.8	404.5	118.1	105.0	107.5	101.0	96.8	88.9	91.8	119.2	236.2
1999	244.7	657.3	723.9	550.4	306.4	152.4	103.7	98.6	99.7	102.2	101.6	144.6	271.2
2000	611.2	988.8	863.5	429.1	168.6	129.5	113.4	104.3	114.5	101.8	105.7	128.4	317.5
2001	810.9	676.6	1246.1	538.6	146.7	113.8	108.2	105.4	113.5	116.2	121.0	161.0	353.7
2002	140.4	476.8	778.1	328.2	152.2	124.4	130.6	113.6	114.6	114.6	182.6	319.2	246.7
2003	356.9	803.3	1089.3	477.1	173.1	121.4	122.4	112.6	100.1	97.6	94.3	182.9	308.1
2004	162.4	486.7	314.5	184.0	109.2	101.4	103.2	97.7	101.3	103.7	114.6	251.2	175.5
2005	296.9	342.5	364.0	237.1	118.4	104.6	103.6	101.7	104.0	112.0	117.6	119.6	175.9
2006	400.9	564.3	552.3	443.2	125.7	112.5	107.6	108.7	110.1	112.0	161.7	193.9	247.3
2007	434.9	373.3	575.0	404.4	196.9	112.9	106.3	103.3	105.9	122.0	123.9	145.6	233.1
2008	390.8	487.8	400.4	164.3	120.8	100.9	100.4	100.3	117.2	119.3	115.6	121.6	193.3
Prom	374.7	635.7	670.6	374.2	173.6	118.1	110.8	108.6	116.4	122.2	137.8	196.0	259.3
máximo	866.9	1686.3	1246.3	862.9	567.2	303.6	204.8	197.5	209.2	222.6	270.9	677.1	602.9
mínimo	135.5	113.2	212.9	97.4	76.9	60.6	60.1	58.8	62.3	65.3	64.0	63.4	89.2

6.- CONCLUSIONES

- 6.1. El Proyecto de la Central Hidroeléctrica Cerro Del Aguila, se encuentra ubicada en la cuenca del río Mantaro, aguas debajo de la CH Restitución. Esto se ubica en la Región Huancavelica, provincia de Tayacaja.
- 6.2. Las principales obras hidráulicas se encuentran ubicadas en las coordenadas UTM siguientes:

Estructura	Coordenadas UTM (WGS84)	
	Este	Norte
Bocatoma	535,144	8'639,336
Descarga	532,784	8'647,803

- 6.3. Los recursos hídricos a ser empleados por la CH Cerro del Aguila, son los mismos que ya viene empleando las CH SAM y Restitución, por lo que la disponibilidad hídrica está demostrada mediante los registros hidrométricos y de caudales turbinados por estas centrales.
- 6.4. La cuenca del río Mantaro se encuentra altamente intervenida por los proyectos hidroenergéticos existentes en la actualidad, los cuales cuentan con infraestructura hidráulica de regulación en la cabecera de la mayor parte de los afluentes del río Mantaro. Por consiguiente, el régimen de caudales del río Mantaro en períodos de estiaje muestra caudales mayores a los naturales.
- 6.5. Sobre la base de los registros naturalizados adquiridos a Electroperú y la obtenida de Electroandes y OSINERGMIN, se determinó la serie de caudales naturalizados en el punto de interés del proyecto. Esta se obtuvo de sumar la serie naturalizada de la estación Mejorada, ubicada aguas arriba de la toma de la CH SAM, y la estación Pongor, ubicada aguas arriba de la descarga de la CH Restitución.

El resumen se muestra a continuación:

Disponibilidad Hídrica para el Proyecto (m^3/s)

mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
media	418.51	680.69	704.42	393.47	183.23	114.99	96.81	88.56	99.23	116.74	143.13	222.78	271.88

Disponibilidad Hídrica para el Proyecto (MMC)

mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
media	1,030.7	1,514.4	1,780.8	968.5	494.6	335.4	320.9	310.3	310.1	338.2	378.8	542.9	8,325.7

- 6.5. Conforme a las simulaciones realizadas, para este proyecto se tiene que, para las alternativas planteadas, y considerando la operación del sistema regulado en la cuenca, se puede aprovechar el recurso hídrico, conforme se detalla a continuación:

Julio César José Jesús Bustamante Ponce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú
 Gerente
 Julio Bustamante y Asociados E.I.R.L.