

Central Hidroeléctrica de Puyehue

EL proyecto que en la forma más breve posible describiré a continuación, tiene un gran interés técnico, dada la magnitud de la obra y la importancia que su construcción acarrearía a una basta y rica región del país.

Este proyecto forma parte de una serie de estudios de las reservas eléctricas del Sur de Chile que ha auspiciado el Profesor de Electrotecnia de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, don Reinaldo Harnecker y con los cuales hemos recibido y otros recibirán sus títulos de Ingenieros Civiles-Electricistas.

Me correspondió estudiar la unión de los lagos Puyehue y Rupanco que no poseen unión natural a fin de aumentar el caudal del río Rahue, que nace de el último lago y hacerlo así navegable durante todo el año desde la ciudad de Osorno hasta el mar. Se obtendría, además, dada la diferencia de nivel que hay entre los lagos, energía eléctrica en abundancia.

Es en especial de este último punto del que me ocuparé en el presente estudio, habiendo estudiado la primera parte, en detalle, mis colegas Gastón Mañeses y Fernando Juliet.

Encontré facilidades en el Ministerio de Fomento para realizar este trabajo y debo agradecer al Director de Industrias Fabriles don Ezequiel Jiménez y a don Joaquín Monge Mira, Director de Vías Fluviales, su ayuda financiera, lo que hizo posible el largo estudio en el terreno. La suma reunida en ambos departamentos no fué superior a \$ 4,000.

En Osorno tuvimos la ayuda eficaz de la Oficina de Propiedad Austral, cuyo jefe don Darío Gangas nos facilitó datos de la región y materiales de campaña.

Como dijimos, la idea fundamental del proyecto es unir los lagos Puyehue y Rupanco entre los cuales existe una apreciable diferencia de nivel y que se encuentran cercanos, con fines de navegación, obteniéndose como subproducto energía eléctrica.

En efecto, la navegación antes floreciente en el río Rahue, ha ido perdiendo su importancia desde hace unos 40 años, debido a una progresiva falta de agua en verano lo que hace que durante 6 meses se suspenda todo tráfico fluvial hasta Osorno.

Esto se debe a dos factores que son la consecuencia de una misma cosa: la corta de los bosques de la región. Debido a esto el agua se precipita violenta-

cho estudios en el río Rahue mismo, pero no se ha vuelto a emprender el primitivo proyecto.

Ahora bien, en nuestros estudios hechos en el terreno en el verano y otoño de 1934, constatamos que existe entre los lagos ya nombrados, una diferencia de nivel media de 63 m. en una zona tan excepcionalmente favorable para unirlos que basta un túnel de 1,700 m. y un pequeño trozo en canal para que las aguas del Puyehue pasen al Rupanco, aprovechando alrededor de 6 Km. de cauce natural del estero Coihueco.

Cabe aquí hacer notar que los mapas existentes de la región daban sólo una diferencia de 40 m. entre los lagos.

Esta gran altura en un pequeño recorrido hace pensar inmediatamente en un aprovechamiento hidroeléctrico, aprovechamiento de que trataremos más adelante.

Del estudio hidrológico de la región de los lagos, aprovechando las estaciones pluviométricas más cercanas, se dedujo el gasto medio del río Pilmaiquén, única salida visible del lago Puyehue, era 85 m/seg. para el año 90%. Con este gasto considerable se obtienen muchos miles de caballos de fuerza como lo veremos después y proporcionaría agua en exceso para las necesidades de la navegación, pues duplicaría el caudal de verano del río favorecido.

Para poder tener este caudal habría que regularizar el gasto de salida, para lo cual sería necesario construir un tranque en el Desagüe donde se encuentran buenas condiciones para su establecimiento y el de su vertedero. Este tranque resulta de pequeña altura si se toma en cuenta que por cada metro que se peralte, el lago Puyehue embalsa más de 200 millones de metros cúbicos, más que el mayor tranque de Chile.

Entre los lagos Puyehue y Rupanco

en la región de Futacullín a 14 Km. del Desagüe se construiría el túnel de unión revestido de concreto.

Tanto el canal de entrada como el túnel serían excavados en canchagua o sea arenisca volcánica semiblanda.

El canal al salir del túnel después de un corto recorrido paralelo al estero Coihueco botaría sus aguas a este cauce natural que las llevaría al Rupanco.

Una torre de toma a la entrada del túnel, completaría las obras necesarias para la navegación. Para la construcción del tranque se desviaría el río Pilmaiquén por el túnel que tiene capacidad suficiente para ese objeto.

Esta obra realizada, habilitaría cerca de 100 Km. de vías navegables en una región cuya ciudad principal es Osorno, ciudad que ha llegado a ser un ejemplo del progreso e iniciativa en las ciudades del Sur.

Osorno es el centro de una riquísima zona agrícola de gran producción triguera, cuyos productos generalmente no se pueden vender en el centro y norte del país por el enorme recargo de fletes.

Esta vía de navegación sería el único modo que sus productos tuvieran fácil salida, pues es sabido que el transporte fluvial y marítimo es varias veces inferior al terrestre.

El transporte se haría en lanchones de remolque por el Rahue y Río Bueno hasta la barra de este río, desde donde barcos apropiados transportarían los productos hasta los puertos de consumo.

Se ve, pues, los enormes beneficios que esta obra construida por el Departamento de Caminos, subsección Vías Fluviales traería a una vasta región.

Construida esta obra y ya en explotación se podría pensar en construir la Central hidroeléctrica, para lo cual contamos con gran parte de las obras hidráulicas realizadas.

Para el establecimiento de la Central existe un valle cuya falda occidental es de suave pendiente y cuyo río tiene una pendiente longitudinal media de más de 1%.

A dos Km. del lago Rupanco este valle se ensancha bruscamente y el río se desliza después con pequeña velocidad por pantanos hasta desembocar en este último lago.

Es en el punto preciso del ensanche donde se colocaría la Central teniendo las aguas del río en este lugar una cota

hasta la Central, tendría sólo 3,800 m.

La sección sería variable, teniendo la de mayor extensión 5.40 de hondura.

La caída útil que se obtiene es de 51 m. con una tubería de 500 m. de largo.

La casa de máquinas de la Central se proyectó en el fondo del valle a un costado del río.

Para fijar la potencia de la Central se estudió el consumo de que se podría disponer y sus modalidades.

Por consideraciones económicas se fijó como zona servida la comprendida

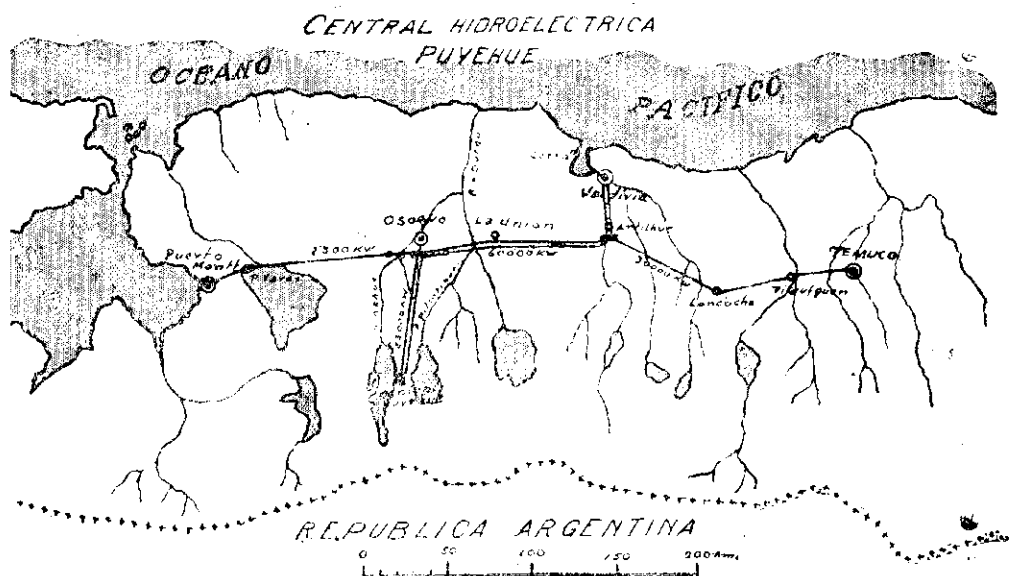


Figura 2

de poco más de 7 m. sobre las aguas mínimas del Rupanco, decreciendo esta diferencia cuando sube el nivel del lago en invierno.

Esta pequeña pérdida de caída queda compensada por el ahorro de muchos cientos de metros de cañería que es una de las partes de mayor valor de la instalación.

El canal necesario para llevar el agua desde el punto en que las aguas se botan al Coihueco para fines de navegación,

entre Temuco y Puerto Montt, ambas ciudades inclusivas.

El consumo actual de esta zona es aproximadamente de 26 000 000 de Kwh. al año y su aumento vegetativo es de 10% al año, valor deducido de varias observaciones.

Es así como el consumo se duplica cada 7 años aproximadamente, a pesar de las malas instalaciones que sirven a muchas ciudades de la zona y de las tarifas elevadas. Esto cambiaría total-

mente con un servicio eficiente y menores tarifas que haría accesible la energía eléctrica a muchas nuevas aplicaciones.

El factor de carga que se puede aceptar para un servicio del tamaño del nuestro es de 40%. En la actualidad este factor es de 33%, pero tiene tendencias a aumentar en algunas ciudades.

Con este factor de carga que es el cociente entre la demanda máxima y la demanda media, se puede fijar la potencia de la central sabiendo que se dispone de 85 m³/seg. de gasto medio.

Ya que las variaciones de potencia son prácticamente proporcionales a los gastos que se dispone para una caída constante, el gasto tendrá también un factor de carga de 40%, o sea, el gasto máximo deberá ser $\frac{85}{0,4} = 212 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Debido a la pérdida de potencia en frotamiento, debemos aumentar el gasto a 230 m³/seg. para el peak.

Con este gasto y la altura disponible se obtiene una potencia máxima de 83,000 Kw. en el eje de las turbinas.

Para apreciar este valor diremos de paso que la planta de los Queltehues de la Electric Bond and Share Co (Compañía Chilena de Electricidad) tiene 36 000 kilowatts y es la mayor que posee en Chile dicha compañía.

Con esa potencia y un factor de carga de 40% se podría servir un mercado de unos 300 000 000 de Kwh. anuales, consumo que dado el crecimiento actual de éste no se vendría a producir sino a mediados de este siglo, o sea, en unos 20 o 30 años más.

Pero esto no quiere decir que haya que esperar hasta esa época para realizar el proyecto, pues se puede hacer un desarrollo progresivo de la instalación. Es así como de estudios económicos se llegó a que la mejor solución era instalar 4 unidades independientes de 32 000 K. V. A. cada una, quedando una de reserva.

Así para la primera instalación se instalarían dos turbinas, una funcionando continuamente y otra de reserva.

Cuando ya el consumo aumentara se instalaría otra unidad, quedando siempre una de reserva.

Y de aquí a unos 20 años o antes instalaríamos la última unidad con la cual la planta funcionaría en las condiciones más económicas, pues como se sabe las líneas de trasmisión y las obras hidráulicas se construyen desde un principio definitivas.

Así la central tendría una potencia útil, respectivamente, de 32 000 K. V. A., 64 000 K. V. A. y 96 000 K. V. A. para la primera instalación, primera ampliación y pleno desarrollo, pues los generadores son 32 000 K. V. A. cada uno con un factor de potencia de 0.8.

Dada la forma de desarrollo podría alimentarse el consumo desde 1940 ó 1941 sin que el costo del Kw. pasara de 20 centavos de nuestra baja moneda o el Kw. año de \$ 600.

Este precio bajaría para el pleno desarrollo a poco más de \$ 0,08 el Kwh. y a \$ 280 el Kw-año. Con un factor de carga de 80% como tendría la Electro Siderúrgica de Valdivia, resultaría en ese período el Kwh. a \$ 0,04 moneda corriente.

Se comprende los beneficios que una planta así podría traer a la economía general del país, pues permitiría instalar industrias como la del carburo de calcio, fundición eléctrica de fierro y muchas otras que se basan en la obtención de energía barata.

Daré a continuación algunos datos sobre la central misma y sus obras anexas. El agua es conducida desde el lago Puyehue, primero por un túnel de 60 m. de sección excavado en canchagua y revestido de concreto. El cubo del material que se extraería de esta obra es aproximadamente de 100 000 m³.

El trozo más largo de canal sería de las características siguientes:

Sección 85 m².

Altura 5,4.

Velocidad m. 2,7 m/seg.

Pendiente 0,00025.

Sección revestida.

En la sección de canal de 3 800 m. que corresponden a la central se excavarían 393 890 m³ de canchagua 7 950 m³ de tierra arcillosa. En revestimiento se ocuparían unos 8 580 m³ de concreto.

El canal posee en el Km. 2,4 compuertas de descarga y paso de capacidad para 230 m³/seg.

200 m. antes de llegar a la cámara de carga hay una quebrada profunda que se salva con un muro en el cual están dispuestos los sifones aliviadores que se ceban con fluctuaciones de nivel de 30 cm. y pueden arrastrar hasta 240 m³/seg.

Se ha dispuesto allí también compuertas de limpia. La cámara de carga se ha dispuesto en una ladera y alimentaría a

4 tuberías de 3,9 m. de diámetro y de 500 m. de longitud.

La casa de máquinas dispuesta a una orilla del Coihueco con su eje principal paralelo a la corriente del río. En ella están situadas las máquinas hidráulica y eléctrica y la sala de distribución a 10 000 volts. La distribución a 110 000 se haría al aire libre.

Las líneas de transmisión serían dobles y su costo se aprecia en \$ 100 000 el Km. lo que da en 175 Km. de esta, \$ 17 500 000.

La energía sería entregada en Osorno y Antilhue, quedando entregada a la compañía que hoy hace el servicio de Temuco a Puerto Montt la construcción y conservación de sus líneas como la distribución y venta de la energía.

A continuación doy el cuadro resumen del costo de la primera instalación y del pleno desarrollo, habiéndose tomado para la maquinaria y artículos extranjeros el valor de la *t* a \$ 120 m/cte.

CENTRAL HIDROELECTRICA DE PUYEHUE

PRESUPUESTO

ITEMS.	Primera instalación	Pleno desarrollo
1 Obras hidráulicas.....	\$ 5.822,300	\$ 6.270,000
2 Tubería forzada	10.777,800	21.555,200
3 Casa de máquinas y afines.....	1.900,700	3.093,600
4 Parte mecánica (Turbinas, etc.).....	12.292,000	21.371,000
5 Parte eléctrica	16.310,000	28.220,000
6 Líneas de 110 KV y 175 Km.	17.500,000	17.500,000
7 Estaciones transformadoras	7.500,000	12.600,000
8 Varios (campamento construcción, campamento definitivo etc.)	2.319,000	2.500,000
9 Gravámenes (Dirección Servicios Eléctricos)	177,500	177,500
10 Imprevistos	8.000,000	12.000,000
11 Intereses durante la construcción	12.300,000	18.500,000
12 Capital de trabajo	2.020,000	2.700,000
15 Gasto colocación capital, etc.	4.500,000	6.200,000
COSTO DE LA CENTRAL	\$ 99.556,600	\$ 152.687,300
COSTO DEL HP INSTALADO	2,640	1,345

Se desprende de este presupuesto que las grandes cantidades que resultan son más aparentes que reales pues el costo del HP instalado resulta bajo, tomando en cuenta la gran desvalorización de nuestra moneda, por lo cual sólo resultan algo abultados los ítem correspondientes a maquinarias y útiles importados que forman casi la totalidad del presupuesto.

Nótese en especial que las obras hidráulicas ocupan menos del 6% del costo total, lo que indica las favorables condiciones naturales que se encuentran para establecer la Planta.

CÁLCULO DEL COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Se calculará el precio de venta en la subestación de entrega, pues la venta a los consumidores la harán las compañías que actualmente hacen el servicio.

El interés al capital invertido se considera de 9% justificado así:

Interés de una inversión segura .	6%
Riesgos de empresa nueva	2%
Atracción sobre otros negocios	1%
Interés total	9%

En general, como se usarán aguas muy limpias la conservación de partes de conducciones y máquinas hidráulicas será baja.

He aquí los gastos anuales que damos a continuación:

Como en una empresa hidroeléctrica los gastos son sencillamente proporcionales a la potencia producida y los precios de venta pueden fijarse sobre la base del Kw. año.

La única partida que es proporcional al número de Kwh. producido o se al consumo es el impuesto fiscal de \$ 0.0015 por Kwh. producido, pero este valor es pequeño y figura en el ítem impuesto.

La potencia entregada en la subestación en la primera instalación sería de 23 000 Kw.

El valor de Kw-año sería de:

$$\frac{\$ 13,812,429}{23\,000} = \$ 600 \text{ m/cte.}$$

y el precio del Kwh, para 40% de factor de carga, o sea, 3 500 horas de utilización anual en la misma subestación sería de:

$$\frac{600}{3\,500} = \$ 0.17$$

Para el pleno desarrollo, el costo del Kw. año sería de:

$$\frac{\$ 21\,474\,000}{3 \times 23,000} = \$ 312$$

y el costo del Kwh. para 40% de factor de carga, o sea, 3 500 horas de utilización del peak sería de $\frac{312}{3\,500} = \$ 0.089$.

La Compañía Electro-Siderúrgica que tiene un factor de carga de 80% o sea 7 000 horas de utilización podría obtener su energía a $\frac{\$ 312}{7\,000} = \$ 0.045$,

valor considerablemente inferior al obtenido en Huilo Huilo, tomando en cuenta la desvalorización de nuestra moneda.

Ya se hizo notar que estos valores están muy recargados con el costo de la maquinaria extranjera ocupando estos ítem en el presupuesto, entre el 93 y 94% del costo total.

La economía de la solución queda de manifiesto después de estos resultados, pues se ha proyectado la planta en condiciones muy desfavorables, en cuanto a los precios como lo fué el año 1934, en especial para una planta de gran capitalización como lo es una hidroeléctrica.

GASTOS ANUALES

	Interés %	1.ª INSTALACIÓN		PLENO DESARROLLO	
		Capital	Monto	Capital	Monto
1. INTERÉS	9	99.556,600	8.960,094	152.687,300	13.741,857
2. DEPRECIACIÓN:					
Tuberías de acero ..	3	10.408,000	312,240	21,556,200	646,656
Edificios.....	0,64	1.350,200	8,660	3.093,600	19,800
Parte mecánica	3	12.292,000	368,760	21.371,000	641,130
Parte eléctrica.....	4	16,310,000	652,400	28.220,000	1.128,800
Línea 110 Kw.....	2	17.500,000	350,000	17.500,000	350,000
Subestación	3	7.500,000	225,000	12.600,000	378,000
Campamento y varios..	0,9	2.300,000	20,700	2.500,000	22,500
3. REPARACIONES Y CON- SERVACIÓN:					
Canal y edificios	1	7.172,300	71,723	9.362,000	93,620
Parte mecánica, eléct. y tubería	1	39.379,800	393,798	71.146,000	711,460
Línea transmisión.....	0,5	17.500,000	87,500	17.500,000	87,500
Subestaciones	0,2	7.500,000	15,000	12.500,000	25,200
4. LUBRICANTES Y MA- TERIALES DE ASEO					
Parte eléctrica y mecáni- ca. Estación, trans- formadores	0,2	46.879,800	93,760	63.191,000	124,382
5. SUELDOS, ADMINIS- TRACIÓN, etc.	..		852,800		1.053,600
6. IMPUESTOS INCLU- YENDO LA CONTRIBU- CIÓN DE \$ 0.0015 POR C/KWH. PRODUCIDO.	1,5	99.556,000	1.400,000	152.687,300	2.3,00000
7. GASTOS DIVERSOS ..	0,1		100,000		150,000
GASTOS ANUALES TO- TALES.....	..		\$ 13.812,435		\$ 21.474,000

En efecto, durante ese año y aun hoy no se ha producido un verdadero ajuste del valor de nuestra moneda, pues no han subido las cosas al nivel que debieran subir.

Lógicamente la energía como los demás artículos tenderán a tener el mismo valor en oro que tenían en la situación normal.

A medida que se produzca ese ajuste hará cada vez más conveniente su funcionamiento, pues el aumento correlativo de salarios u otras cosas del país no influirán considerablemente ni sobre los costos ni sobre los gastos anuales, pues las obras hidráulicas, edificios, etc. sólo representan un pequeño porcentaje del total.

Por estas consideraciones y estar situada

casi en el centro de la zona más progresista y rica de Chile y que ya tiene un importante desarrollo industrial, esta Central está llamada a ser una realidad.

Por otra parte, la navegación y regularización del gasto del río Rahue mediante las obras que se proyectarían en el nacimiento de este río, traerían consecuencias incalculables para el desarrollo de la agricultura y la industria de Osorno se libraría a esta ciudad de las continuas inundaciones en invierno y se recuperarían muchos miles de hectáreas de muy buenos terrenos que son las vegas del Rahue, que a causa de tener que sufrir en invierno las mismas inundaciones periódicas, no pueden entregarse actualmente a ningún cultivo.