

Planta hidro-eléctrica "Los Queltehues"

INTRODUCCIÓN

CON el fin de satisfacer el exceso de la demanda actual como el incremento futuro del mercado de las provincias de Santiago y Valparaíso la Cía. «Hidro-Eléctrica Volcán» ha construído la planta de «Los Queltehues».

Esta planta está ubicada sobre el río Maipo en el lugar denominado «Los Queltehues» a unos 500 mts. más arriba de la confluencia de los ríos Maipo y Volcán a 80 km. al sureste de Santiago y a la elevación de 1 300 mts. sobre el nivel del mar.

Esta es la planta hidro-eléctrica más grande que se ha construído en Chile hasta la fecha, comparándose con las otras plantas, sobre la base de capacidad de maquinaria instalada en la forma siguiente:

	K.W
Los Queltehues	36 000
Maitenes	28 375
La Florida.....	15 000
Coya	15 000
Pangal	15 000

La planta «Los Queltehues en su total desarrollo se construírá en tres etapas sucesivas:

1.ª Etapa. Captación de las aguas del río Maipo.

2.ª Etapa. Estanque de sobrecarga.

3.ª Etapa. Captación de las aguas del río Volcán.

En este trabajo sólo nos ocuparemos de la 1.ª etapa que es la actualmente construída.

CANAL DEL RÍO MAIPO

Las aguas del río Maipo han sido captadas a unos 13 km. de su confluencia con el río Volcán, a una elevación de 1529 m. sobre el mar y llevadas hasta la cámara de carga por un acueducto de 12 258 mts. de largo.

El acueducto se compone de:

- 5 166 mts. de canal tapado.
- 1 435 mts. de canal abierto revestido.
- 2 162 mts. de canal abierto sin revestir.
- 3 495 mts. de Túnel.

El acueducto fué calculado para un gasto de 17 m³. seg. en sus primeros 800 mts. y el resto para una capacidad

de 14 m³. seg. La capacidad mayor de la primera parte, desde la bocatoma a la laguna de sedimentación, está destinada para producir la evacuación de los sedimentos que se depositan en ella.

El acueducto por su pendiente y pérdidas de caída en sus obras de arte y cambios de sección tiene una caída total de 22 mts.

Las secciones fueron calculadas por la fórmula de Manning $V = \frac{1}{N} s^{1/2} v^{2/3}$ tomando para *N* los siguientes valores:

Canal cubierto.....	N=0.017
Canal abierto revestido ...	N=0.017
Canal en tierra.....	N=0.030
Túnel revestido	N=0.017
Túnel sin revestir	N=0.035

Canal Tapado.—El canal tapado proyectado para todas aquellas secciones en que la salida del terreno lo permitía y la gran pendiente de este hacia arriba del acueducto, ofrecía el peligro de producir rodados a consecuencia de la lluvia y especialmente de la nieve, se compone de las siguientes secciones:

Canal tapado bocatoma de 770.80 mts. de largo.

Canal tapado entrada Túnel N.º 1 de 323.78 mts. de largo.

Canal tapado salida Túnel N.º 1 de 226.00 mts. de largo.

Canal tapado El Zorro de 102.22 mts. de largo.

Canal tapado entrada Túnel N.º 2 de 164.78 mts. de largo.

Canal tapado salida Túnel N.º 2 de 734.00 mts. de largo.

Sección especial Durazno de 287.62 mts. de largo.

Canal tapado entrada Túnel N.º 3 de 459.21 mts. de largo.

Canal tapado salida Túnel N.º 3 de 744.57 mts. de largo.

Canal tapado entrada Túnel N.º 4 de 1 137.80 mts. de largo.

Canal tapado salida Túnel N.º 5 de 515.30 mts. de largo.

La sección del canal tapado se compone de:

Una losa inferior de concreto 1 : 2 : 4 de 0.15 m. de espesor con refuerzo de acero de 1/2" diámetro espaciados a 0.50 m.

Dos muros laterales de concreto 1 : 4 : 8 con bolones desplazadores de 1,42 m. en su base 0.30 m. en su coronamiento y de 3.15 m. de altura, estos muros fueron reforzados con armaduras de acero en todas aquellas partes que las condiciones del terreno lo exigía.

Una losa superior de concreto armado, concreto 1 : 2 : 4 de 0.20 m. de espesor, armaduras transversales de 1/2" diámetro a 0.15 m. y tres longitudinales de 1/4" diámetro.

Una gran parte de los sectores tapados se hicieron con formas portátiles de acero de 3 m. de largo, en grupos de a 3 formas que permitía la construcción de 9 metros de muros a cada lado al día. Se tenía 9 juegos de formas o sea un total de 27 metros de canal.

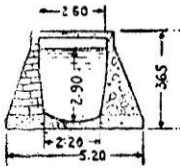
El resto del canal tapado se hizo de concreto con formas de madera, de blocks de concreto y de albañilería de piedra.

La sección especial Durazno se hizo de concreto usando las formas portátiles con su talud más inclinado hacia adentro y el revestimiento interior con bolones estucados.

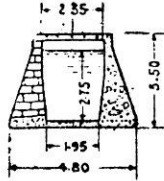
El sector de canal tapado de la bocatoma al desarenador para 17 m³. seg. se hizo con el fondo curvo para permitir el fácil escurrimiento de los sedimento

Canal abierto revestido.—Se construyó el canal abierto revestido en aquellos sectores en que no había peligro de ro-

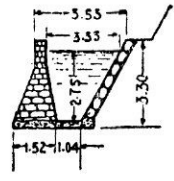
FIG. N° 1



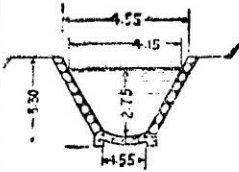
S = 0.002
 n = 0.017
 v = 2.46 m·seg.
 Q = 17.15 m³·seg.



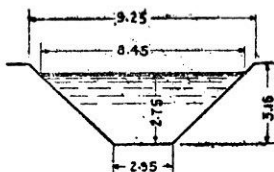
S = 0.002
 n = 0.017
 v = 2.30 m·seg.
 Q = 14.06 m³·seg.



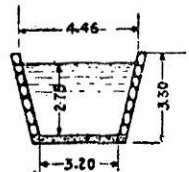
S = 0.002
 n = 0.017
 v = 2.38 m·seg.
 Q = 14.30 m³·seg.



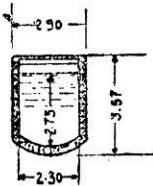
S = 0.001
 n = 0.017
 v = 1.868 m·seg.
 Q = 14.25 m³·seg.



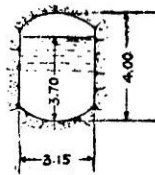
S = 0.00045
 n = 0.030
 v = 0.912 m·seg.
 Q = 14.30 m³·seg.



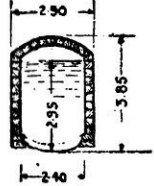
S = 0.00045
 n = 0.017
 v = 1.365 m·seg.
 Q = 14.25 m³·seg.



S = 0.002
 n = 0.017
 v = 2.32 m·seg.
 Q = 14.15 m³·seg.



S = 0.0016
 n = 0.035
 v = 1.24 m·seg.
 Q = 14.06 m³·seg.



S = 0.0016
 n = 0.017
 v = 2.15 m·seg.
 Q = 14.70 m³·seg.

Secciones Típicas

dados, en que el terreno era suficientemente sólido pero que no ofrecía seguridades de impermeabilidad. Se hicieron las siguientes secciones de este tipo.

Sección Km. 8 de 538.80 mts. de largo.

Sección cámara de carga 108.00 mts. de largo.

Esta sección se construyó con una losa curva de 1 : 2 : 4 de 0.15 m. de espesor y sus costados revestidos con albañilería de piedra de 0.30 m. de espesor y estucado.

Canal abierto en tierra.—El canal abierto en tierra fué construído en aquellos sectores en que no había peligro de rodados y el terreno ofrecía seguridades de impermeabilidad.

Los sectores de canal abierto en tierra son:

De laguna de sedimentación a canal tapado entrada Túnel N.º 1 con 920 metros de largo. Este sector tiene un trozo de canal revestido de la sección de la fig. . . para salvar una puntilla de roca de 115 m. de largo.

De canal abierto en tierra m. 3 de 620 mts. de largo.

Canal abierto en tierra el zorro de 253.50 mts. de largo.

Canal abierto en tierra cámara de carga de 363.50 mts. de largo. Esta última sección se hizo en tierra pues con la extensión de la 2.ª etapa el estanque de sobrecarga quedará sobre esta sección del canal y se reemplazará por un canal abierto revestido que correrá por la orilla del estanque.

Túneles.—El acueducto tiene 5 túneles con un largo total de 3 495 mts.

El Túnel N.º 1 de 284 metros de largo de un solo tramo es totalmente revestido.

El revestimiento de este túnel se compone de una losa inferior curva de concreto 1 : 2 : 4, muro laterales de blocks de concreto 1 : 2,5 : 5 y techo de vigas

de concreto armado de diseño especial.

El Túnel N.º 2 de 695 metros de largo dividido por dos ventanas en tres tramos. Este túnel es sin revestir y solamente en pequeños sectores tiene muros laterales de albañilería y bóveda de concreto.

El Túnel N.º 3 de 762 metros de largo dividido por 2 ventanas en tres tramos es sin revestir y teniendo como el N.º 2 pequeños sectores revestidos de albañilería.

El Túnel N.º 4 de 994 mts. en un tramo está revestido en casi su totalidad por una losa curva de concreto 1 : 2 : 4, muros laterales de albañilería de piedra y bóveda superior en parte de concreto y en parte de blocks.

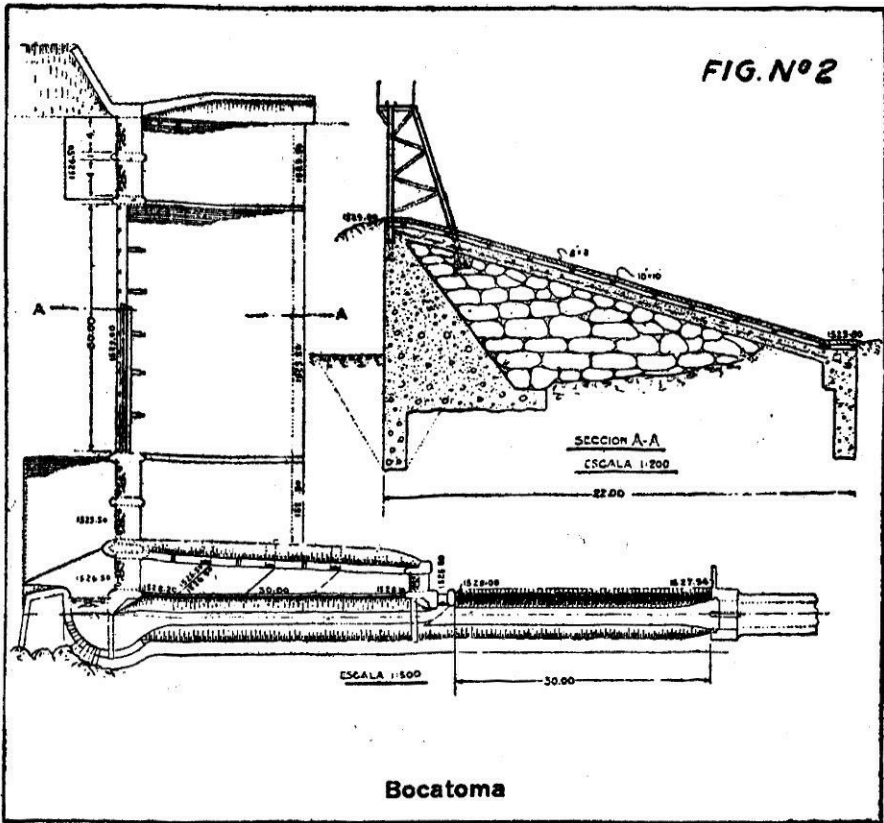
El Túnel N.º 5 de 760 mts. de largo de 1 tramo es en roca con pequeños sectores revestidos para salvar las fallas de la misma.

ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Bocatoma.—La bocatoma está formada por una presa normal a la corriente, constituída por un muro de concreto de 30 mts. de largo y cuatro compuertas de descarga, dos a cada lado, de 4 mts. de ancho cada una.

La presa de concreto tiene su berma a una elevación de 1 529 mts. elevación que se puede variar por medio de tablo-nes.

Esta presa está constituída por un muro de concreto de 30 mts. de largo y 22 mts. de ancho, con cortinas de concreto que van hasta el terreno firme tanto aguas arriba como aguas abajo del muro. La parte central del macizo está constituída por concreto cíclope y su parte superior revestida con una losa de concreto armado, sobre esta losa en toda la extensión, la presa está revestida por dos capas de piezas de roble



de 10"X10", revestimiento de madera anclado con pernos que permite fácilmente su renovación.

El nivel de la presa puede levantarse por medio de tablonces que se manejan por medio de un carro que corre por un puente metálico que se extiende a través de toda la presa.

Se ha calculado que la presa en unión con las cuatro compuertas es capaz de evacuar las mayores creces del río que se ha estimado en 700 m³. seg.

El gasto del canal se toma por una compuerta de 4 metros de ancho colocada al lado norte de las dos compuertas de descarga de este lado de la presa, esta compuerta tiene su radier 1 m. más alto que las compuertas de la presa para

evitar la entrada de los ripios gruesos.

El agua pasa en seguida a un compartimento desripiador de 30 mts. de largo que se extiende hacia abajo normalmente a la presa. De este compartimento desripiador el agua se toma por un vertedero de superficie de 30 mts. de largo, vertedero que forma uno de los costados del desripiador.

El desripiador tiene en su extremo aguas abajo una compuerta de 2 metros de ancho y además tres compuertas laterales de 1 m. que sirven para la descarga de los ripios que se depositan en su fondo, que se ha dejado en graderías para facilitar su escurrimiento hacia estas compuertas.

Se ha colocado además una compuerta de 4 metros, normal a la presa, aguas arriba de ella, esta compuerta de paso directo servirá para captar el agua cuando sea necesario aislar el desripiador para su reparación.

Tanto la compuerta de toma del desripiador como la de paso directo se han completado con una cortina de concreto armado hasta la plataforma del puente de la presa.

Siendo el problema más difícil en una bocatoma el evitar la entrada de los ripios al canal, cuando se toman las aguas de un río de régimen torrencial como el río Maipo que arrastra gran cantidad de sedimentos y después de la experiencia de la bocatoma de Maitenes y varias similares en Chile se llegó al diseño de la bocatoma actual de Queltehues que satisface las siguientes condiciones:

1.º Evita la entrada de los sedimentos gruesos al canal.

2.º El manejo y control del gasto en el canal se puede hacer aun con las mayores creces.

Es preciso hacer notar también la parte más original de esta bocatoma que consiste en que el agua es captada hacia el acueducto aguas abajo del eje de la presa.

Esta bocatoma que posiblemente es una de las obras más completas de esta naturaleza que existe en el país demandó para su ejecución hacer las siguientes cantidades de trabajo:

- Excavación en seco 57,564 m³.
- Excavación bajo agua 2,400 m³.
- Concreto en losas 1 010 m³.
- Concreto en la presa 3 398 m³.
- Relleno (concreto pobre) 1 173 m³.
- Enmaderación 182.4 M. B. M.
- Acero de refuerzo 24 100 kilos.
- Acero en compuertas (1) 36 795 kilos.

Laguna de sedimentación.—La laguna de sedimentación ha sido construída en el km. 0+900 donde había lugar apropiado para esta estructura.

Esta laguna se compone de dos bases de 30 mts. de ancho, 80 metros de largo y 7 mts. de profundidad máxima.

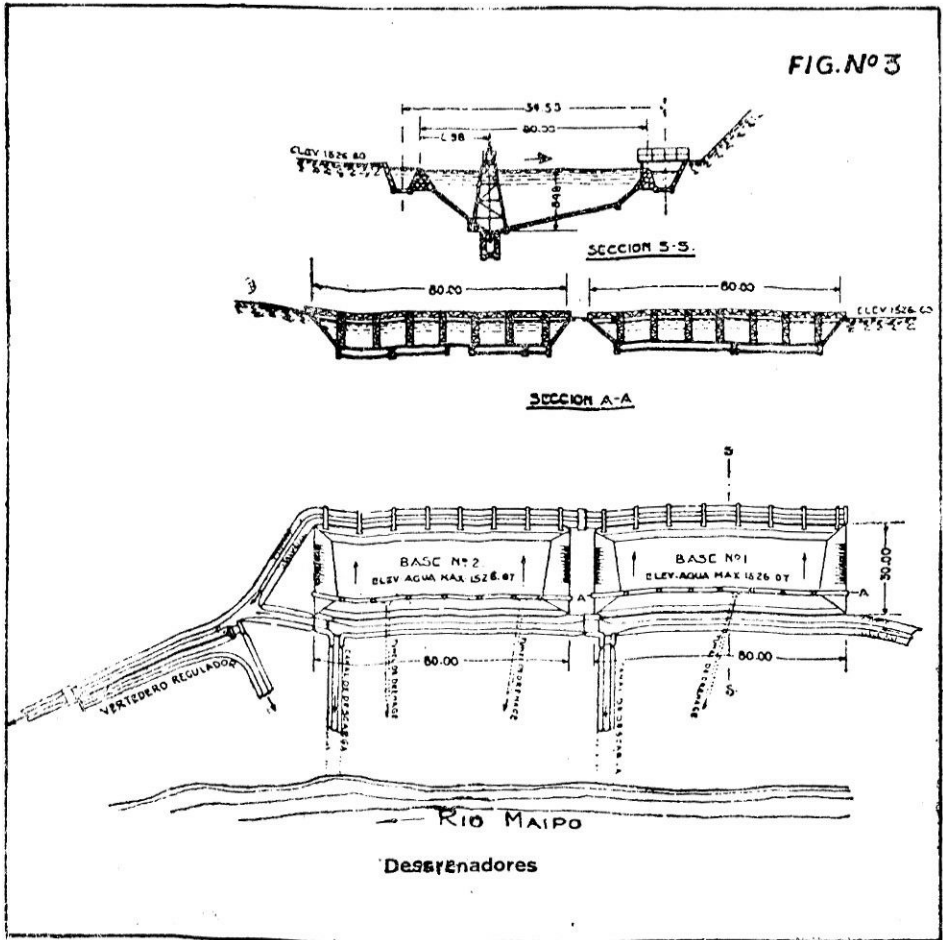
El agua entra a cada base por un vertedero de superficie movable de 80 mts. de largo, pasando por la base en sentido transversal para caer al canal lateral opuesto por otro vertedero de superficie de 80 mts. de largo.

El canal de entrada que es al mismo tiempo canal de paso directo tiene una compuerta al final de cada base que permiten que trabaje cada base aisladamente o las dos en conjunto, al lado de cada una de estas compuertas este canal tiene una compuerta de 1 m. de descarga directa al río que permiten evacuar los sedimentos que se depositen en este canal lateral.

Cada base tiene una capacidad de 11 800 m³. y es recorrida por un túnel inferior en toda su extensión, a este túnel descargan 7 válvulas cónicas que son manejadas por un puente montado sobre las torres de manejo de las válvulas. Los sedimentos son evacuados por estas válvulas al túnel de fondo del cual se desprende un túnel de fuerte pendiente hacia el río.

Al otro costado de la laguna se extiende el canal de descarga al cual cae el agua por un vertedero de superficie después de haber pasado por la laguna. Entre este canal de descarga y la laguna existen ocho compuertas pequeñas.

El funcionamiento de la laguna es muy sencillo, el agua entra a una o a las dos bases, por el vertedero de entrada, vertedero en el cual se puede regular el gasto por medio de compuertas que corren a través de toda su longitud. El agua al pasar por la gran sección de la



laguna pierde su velocidad y deposita sus sedimentos, para ser tomada por un vertedero de superficie después de haber recorrido 30 mts. en la laguna.

Parte de los sedimentos pueden ser evacuados en funcionamiento, manteniendo un poco abiertos las válvulas de fondo y aprovechando los 3 m³. seg. del exceso de gasto que tiene el canal desde la bocatoma a la laguna.

La evacuación total de los sedimentos se hace aislando cada base, abriendo todas las válvulas de fondo y produciendo descargas de agua a través del vertedero

movible del canal de alimentación y abriendo las 8 compuertas del canal de descarga las cuales tienen muros deflectores en el interior de la laguna.

Para construir esta laguna de sedimentación ha sido necesario ejecutar las siguientes cantidades de trabajo.

Excavación 79 313 m³.

Albañilería y concreto 5 867 m³.

Madera 22.8 M. B. M.

Fierro de refuerzo 19 403 kilos.

Acero en puentes 64 800 kilos.

Acero en compuertas 21 000 kilos

Relleno 5 000 m³.

Vertederos.—El canal de la planta de Queltehues tiene 8 vertederos, dos de regulación y seis de seguridad.

Vertedero bocatoma.—Inmediatamente abajo de la bocatoma se encuentra un vertedero de superficie de 30 mts. de largo, destinado a regular el agua que entra al canal. Su cresta está a la elevación 1 528 m. y no permite que pase más de 17 m³. seg. hacia el canal, vertiendo el exceso que podría ser captado por la bocatoma directamente al río.

Vertedero de la laguna.—A continuación de la laguna de sedimentación existe un vertedero de superficie de 50 mts. de largo, destinado a evitar que pase hacia el canal más de 14 m³. seg., devolviendo por medio de un canal lateral los excesos hacia el río.

Vertedero Los caballos.—Al lado de la quebrada de Los Caballos existe un vertedero de seguridad, que consiste solamente en un rebaje de las paredes del acueducto, este vertedero de emergencia está destinado a evitar que pasen más de 17 m³. seg. por el acueducto.

Vertedero Km. 2+300.—Este vertedero situado en el sector del canal tapado entrada del Túnel N.º 1, es vertedero de orificios, es decir rebajes en las paredes del canal tapado, estando el canal lateral colector también tapado, el agua es alejada por un canal artificial hacia el río.

Vertedero El Zorro.—Este vertedero de superficie de 50 mts. de largo está situado inmediatamente abajo de la quebrada El Zorro hacia la cual desvía por medio de un canal lateral los excesos de agua que pueda traer el canal.

Vertedero Durazno.—Este vertedero situado en el cruce de la quebrada Durazno es de orificios muy singular al del Km. 2+300 y vierte las aguas de exceso del canal a la quebrada Durazno.

Vertedero Sonámbula.—Inmediatamente abajo de la quebrada Sonámbula existe un vertedero de superficie de 50 metros de largo que descarga las aguas a la quebrada Sonámbula.

Vertedero El Chanco.—Este vertedero situado entre los túneles 4 y 5 es de sífon, disposición adoptada a causa de lo reducido del espacio para esta estructura. El agua de este vertedero se descarga directamente a una quebrada natural, de lecho de roca, que la lleva directamente al río.

Todos estos vertederos tienen una compuerta de drenaje de 1 m.

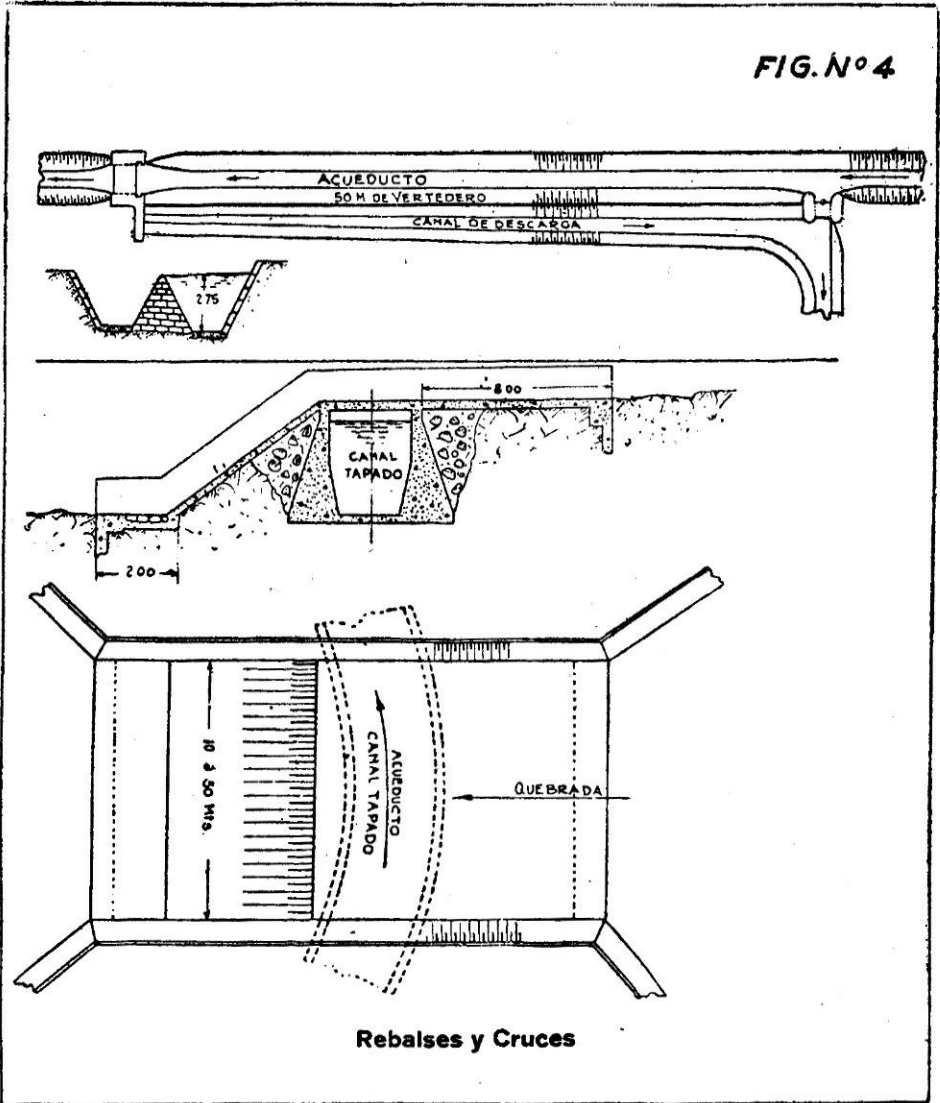
Los vertederos de seguridad están destinados tanto a evacuar los excesos de agua que puedan venir por el acueducto como producto de las lluvias como para evacuar el total del gasto del acueducto en casos de accidentes en el canal.

Cruces de quebradas.—El acueducto en su desarrollo tuvo necesidad de atravesar cinco quebradas de importancia todas las cuales se cruzaron por estructuras inferiores para evitar el peligro de los rodados.

Los cruces de las quebradas «Los Caballos», «El Zorro», «Chiquero» y «Sonámbula» se hicieron construyendo una losa encima del canal, losa que tiene muros de cortina tanto aguas arriba como aguas abajo de las quebradas. Todas estas estructuras han sido completadas por muros de alas destinadas a encauzar el agua hacia el cruce, habiendo habido necesidad de hacer estos muros de gran extensión en las quebradas «Los Caballos» y Sonámbula cuyos lechos eran muy planos y tenían mayores divagaciones la corriente.

La quebrada Durazno de gran profundidad exigió hacer un muro de albañilería de grandes dimensiones y se ocuparon en él 831 m³. de albañilería y 613 m³. de relleno de concreto pobre. La parte

FIG. N° 4



aguas arriba de la quebrada se rellenó y el muro de albañilería aguas abajo se dejó en cascada para amortiguar la caída.

Cantidades de trabajo en el Acueducto.

—El acueducto requirió para su ejecución efectuar las siguientes cantidades de trabajo:

Excavación abierta.....	426 637 m3.
Excavación en Túnel ...	54 296 m3.
Relleno	81 872 m3.
<hr/>	
Total movimiento de tierras	562 807 m3.
Concreto y albañilería ..	57 872 m3.
Concreto pobre.....	1 786 m3.
Estuco	14 306 m2.
Muros de piedra en seco.	942 m3.
Madera.....	585.5 M. B.M
Acero de refuerzo.....	345 459 kls.
Acero estructural	83 880 »
Acero en compuertas ...	63 155 »
<hr/>	
TOTAL	492 494 kls.

Cámara de carga.—El canal llega a una cámara de carga que tiene 50 mts. de largo, 31 mts. de ancho, 15 mts. de profundidad y una capacidad de 8 700 m3., capacidad que permite trabajar una máquina durante 18 minutos.

El canal al llegar a la cámara de carga termina en dos compuertas, una que da a un canal lateral compuesto por dos vertederos a la elevación de 1 506,50 y 1 507,18 m. respectivamente y la otra compuerta a otro canal que corre paralelamente al anterior, este canal está formado por el vertedero de 1 507,18 m. de elevación y un tercer vertedero de 1 506,50 m. de elevación. Este último vertedero cae a un canal lateral de des-

carga que va directamente al río. El canal intermedio tiene una compuerta al final que permite la descarga directa hacia el río.

La cámara tiene una sección triangular y en su fondo corre un túnel de drenaje al que se puede descargar por medio de 4 compuertas pequeñas, compuertas que sirven para evacuar los sedimentos que se depositan en el fondo de la cámara de carga. El túnel de drenaje se une con el canal de descarga de la cámara.

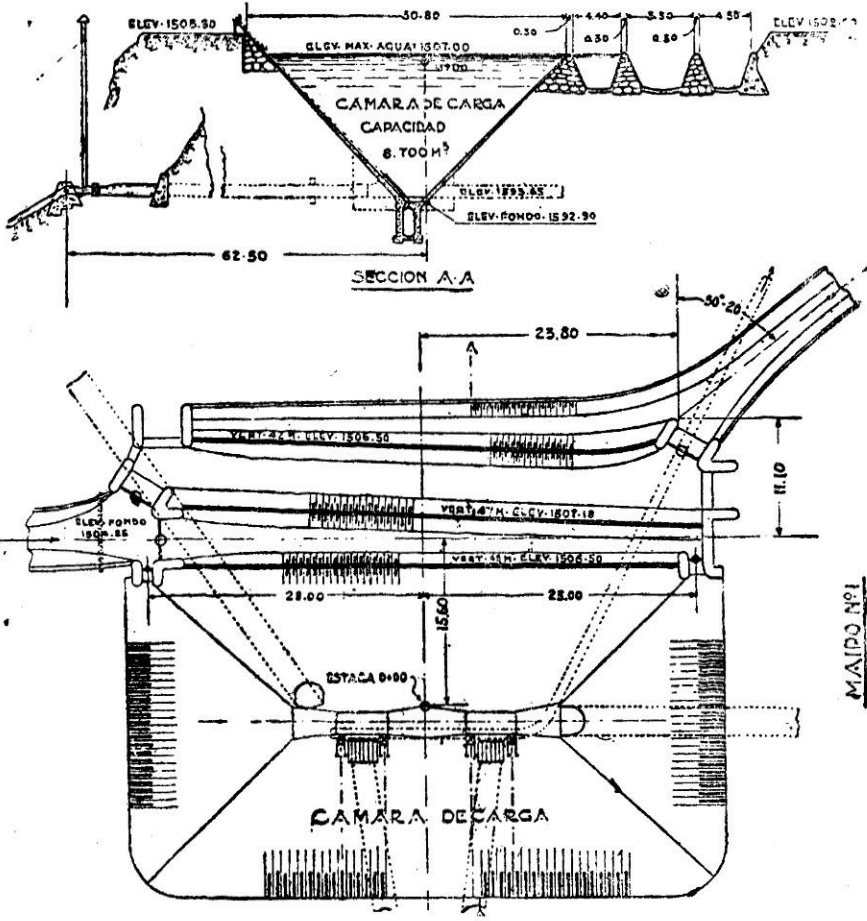
Por el fondo del lado opuesto a los vertederos a 0.75 m. del fondo de la cámara salen en túnel las dos cañerías de toma de las tuberías. Estas dos entradas a las cañerías están protegidas con rejillas.

El funcionamiento automático de la cámara es muy sencillo. El agua que viene del canal entra a la cámara por el vertedero lateral de 1 506,50 m. de elevación para ser tomada por las cañerías, cuando el agua sube en la cámara hasta la elevación 1 507,18 m. rebalsa por este vertedero para seguir por el canal de descarga hacia el río.

El tercer vertedero de elevación 1 506.50 m. que se ha construido tiene por objeto servir de vertedero regulador a los futuros estanques de sobrecarga que se construirán en la 2.ª etapa de esta planta, con este objeto se ha dejado además los machones para las compuertas de estos dos estanques y se han dejado instaladas en el fondo de la cámara de carga las dos cañerías de toma de estos estanques.

Por su gran capacidad esta cámara produce una perfecta regularización, no notándose fluctuaciones de su nivel ni con los mayores cambios de la carga, además por su regularización automática está fuera de todo peligro por errores en su manejo.

FIG. N° 5



Cámara de carga

El agua de descarga es alejada de la cámara de carga por un rápido de albañilería que termina en una cámara amortiguadora para seguir después por una quebrada natural hacia el río.

En la cámara de carga y sus anexos se ejecutaron las siguientes cantidades de trabajo:

Excavación abierta.	15 200 m3.
Excavación en Túnel	2 780 m3.
Relleno	2 000 m3.
<hr/>	
Total movimiento de tierras	19 980 m3.
Concreto y albañilería	3 781 m3.
Estuco	710 m3.
Acero de refuerzo	7 800 kls.
Acero estructural	9 300 kls.
Acero en compuertas	18 900 kls.
<hr/>	
Total acero	37 000 kls.

Cañerías.—Las cañerías de presión fabricadas por Ferrum Ltda. de Polonia con tres, de acero soldado con juntas transversales de enchufe remachadas.

De la cámara de carga salen dos cañerías con un cono de toma de 2.50 m. de diámetro protegido por una rejilla. Las cañerías están divididas en cuatro trozos de 1.80 m., 1,65 m., 1,50 m. y 1.30 m. respectivamente. Cada una de ellas tiene 8 anclajes especiales de acero estructural semi rígido empotrados en macizos de concreto, y 7 juntas de expansión situados inmediatamente abajo de los anclajes.

Las cañerías van montadas en sillas especiales de concreto teniendo 88 sillas cada cañería.

Cada cañería para su control tiene dos válvulas, inmediatamente abajo de la

cámara de carga hay una válvula de mariposa de 1.80 m. de diámetro con manejo eléctrico desde la cámara y desde el tablero o manejo directo a mano. A la entrada de la casa de fuerza existe otra válvula del tipo «Rotary» de 1.30 m. de diámetro de control hidráulico bajo presión de 100 mts.

Inmediatamente abajo de la válvula de mariposa cada cañería tiene su tubo vertical de ventilación.

Las cañerías de presión y válvulas pesan en conjunto 1 600 tons. y su instalación exigió ejecutar las cantidades de trabajo siguiente:

Excavación	23 200 m3.
Concreto.	4 140 m3.
Acero de refuerzo.	13 210 m3.
Largo total cañerías	1 932.40 m.

Se han instalado solamente tres cañerías quedando listo su arranque para una 4.^a

CASA DE FUERZA

Edificio.—El edificio de la casa de máquinas está formado por una estructura de acero a base de columnas metálicas y sus paredes han sido revestidas con blocks de concreto. El techo está formado por bovedillas de concreto armado que descansan sobre la estructura de acero y su parte superior plana protegida por techo especial Yohns Mauville.

La estructura de acero fué proyectada especialmente para resistir temblores.

Las dimensiones de la casa de máquina son las siguientes:

Largo	57 mts
Ancho	12 »
Alto (desde el piso)	21 »

El piso es de concreto alrededor de las

unidades y de blocks de roble de 4" X 4" unidos con asfalto en el resto.

Para la construcción de la casa de fuerza se hicieron las siguientes cantidades de trabajo:

Excavación fundaciones..	17 000 m3.
Excavación ensanche del río.....	23 000 m3.
Concreto:	
Muros de defensa y fundaciones	2 566 m3.
Blocks de concreto 29 340	1 014 m3.
Acero de refuerzo fund. y muros	21.5 tons
Aceso estructural	242 tons.

Turbinas.—Las tres unidades instaladas construídas por Escher Wyss & Cie de Zurich, son del tipo Pelton, de eje vertical con 4 inyectores de 18 600 HP. y 250 R. P. M.

La casa constructora dió las siguientes garantías de eficiencia:

Caída	204	199	194 mts.
Gasto.....	8 200	8 100	8 000 lits. sg.
Potencia .	18 600	18 000	17 300 HP.
Velocidad	«	250	RPM

Una eficiencia calculada con la caída de 199 m. y una tolerancia de $\pm 2\%$ que sigue:

Potencia	Eficiencia
18 000 HP.	84%
15 750 HP.	85.5%
13 500 HP.	86%
11 250 HP.	86%
9 000 HP.	85%

Las turbinas en las pruebas han tra-

bajado a una potencia efectiva de 20 000 HP.

El espiral o caracol de las turbinas tiene la particularidad de estar situado en un mismo plano con la rueda, haciendo pasar los inyectores a través del caracol a la altura de su plano central y sirve al mismo tiempo de base al equipo turbo generador, dispositivo que ha permitido construir la casa de fuerza de un solo piso, dando una gran facilidad de acceso al descanso inferior y permitiendo diseñar la unidad con dos descansos guías solamente.

La rueda, está conectada a la extremidad inferior del eje por medio de una chaveta y una tuerca, tiene 2.80 m. de diámetro con 20 cucharas dobles de acero fundido conectadas a su periferia por medio de un perno cónico.

La rueda está separada del descanso inferior por un escudo de acero fundido en forma de domo que deflecta hacia abajo el agua que pasa a través de la rueda, acción deflectiva de gran importancia y que debe ejecutarse sin turbulencia para obtener una buena eficiencia.

Este escudo deflector estando muy expuesto a la acción erosiva del agua es fácilmente cambiabile.

La rueda se puede cambiar y reparar bajándola al pozo de la turbina y sacándola hacia el piso de la casa de máquinas por una abertura dejada con este objeto.

Cada turbina tiene un diámetro de 7.70 mts. y pesa 140 tons.

Los cuatro inyectores son accionados por un servo motor de aceite bajo presión, situado al mismo nivel de los inyectores.

Cada inyector va provisto de un deflector que es accionado por un servo motor colocado en la misma plataforma del regulador.

Los deflectores, loquillas y agujas

que están expuestos a la acción del agua y a la erosión son hechos de acero de alta calidad, de diseño muy sencillo y fácilmente cambiables.

Uno de los problemas más graves en esta planta fué la selección del tipo de las turbinas, llegándose a elegir turbinas del tipo Pelton para una planta en que a primera vista estaban indicadas, por su caída, las turbinas de reacción.

Las razones que influenciaron la adopción de este tipo son las siguientes:

1.º Gran cantidad de sedimentos arrastrados por las aguas del río Maipo.

2.º Menor desgaste de la rueda Pelton por efectos de la arena.

3.º Menor costo de reparación.

4.º Menor caída de eficiencia.

5.º Menor número de horas fuera de servicio en reparaciones.

6.º Ofrecimiento de los constructores para diseñar una turbina de alta velocidad 250 R. P. M. por la adopción de 4 inyectores y seguridades de una gran eficiencia 86%.

En comparación de las razones siguientes a favor de las turbinas de reacción.

1.º Mayor eficiencia.

2.º Mayor velocidad específica (que permite la instalación de unidades generadoras más chicas y baratas lo que reduce el monto de la primera inversión o sea las cargas fijas.

3.º Las turbinas de reacción pueden ser colocadas más o menos 3 metros más abajo aprovechando así mayor caída.

Pero estas turbinas tienen en su desfavor las siguientes razones.

1.º Mayor costo de conservación. (\$ 10 por KW instalado).

2.º Mayor número de horas fuera de servicio. (72 horas).

3.º Mayor caída de eficiencia. (17% con una reparación).

Las razones para adoptar el tipo vertical fueron su menor espacio necesario que impone casa de fuerza más chica, menor cubo de fundaciones, menor ancho para viga grúa etc., con el consiguiente menor costo de primera instalación.

Generadores.—El estator del alternador está conectado al espiral por medio de una corona de fierro fundido, cuyas nervaduras van hasta el eje, esta corona está provista de grandes aberturas que permiten el acceso al descanso inferior, al eje del regulador y al de los defletores.

Los tres generadores construídos por Metropolitan Vickers Electrical Company, Manchester, Inglaterra son de 13 300 Kw, 250 R. P. M., 12 000 Volts, 3 fases, 50 ciclos factor de potencia retardado 0.9, de eje vertical con el excitador directamente conectado.

El peso total de cada alternador es de 130 tons., habiéndose dividido en piezas de peso máximo de 14 tons para facilitar su transporte. El peso total de cada unidad completa turbina y alternador es de 270 tons.

El estator de cada máquina fué construído en 4 sectores para facilitar el transporte, cada sector fué embalado separadamente con su núcleo y enrollamiento completo.

El marco interior está formado por una pieza de fundición en forma de caja con fuertes nervaduras y dividido en 4 sectores que se unen por medio de un ensamble a cola de milano. Una extensión hacia arriba de este marco cierra el enrollamiento y sirve de apoyo al soporte del descanso superior.

El marco ensamblado tiene 2 m. de alto, 6.45 m. de diámetro y pesa 25 tons.

El núcleo del estator consiste en 25 tons. de hojas de acero estampado de alta calidad, siendo cada lámina aislada

por un lado con una hoja de papel aislador.

El alma de cada segmento está asegurado a la corona por medio de un ensamble a cola de milano en las correspondientes ranuras de la corona.

El rotor consiste de dos ruedas de acero fundido de 3,50 mts. de diámetro y 0,38 m. de espesor que pesan 12,5 tons. Estas ruedas han sido fundidas con el alma sólida para evitar los esfuerzos locales de contracción y sus aberturas para la ventilación han sido después taladradas.

Cada rotor tiene 24 polos que van unidos a la rueda por ensambladura a cola de milano y colocados en su posición a una presión de 50 tons.

Cada polo pesa y son intercambiables.

El eje del rotor es de acero carbono recocido, tiene 6,40 m. de largo 0,53 m. de diámetro máximo y pesa alrededor de $8\frac{1}{2}$ tons.

Exitador.—En el extremo superior del eje va acoplado el exitador. Todo el control de excitación se hace por medio de un reostato conectado en el circuito a tierra de cada alternador, este reostato está arreglado para permitir su operación a mano o eléctricamente.

El peso total del rotor con el exitador y la rueda es de 75 tons y es soportado sobre la armazón superior por medio de un descanso de suspensión tipo Michel con baño de aceite enfriado por agua. La presión del eje sobre este descanso es de 250 libras por pulgada cuadrada.

Además del descanso de suspensión el eje tiene dos descansos guías, uno situado inmediatamente abajo del descanso de suspensión y el otro inmediatamente arriba de la rueda. Estos dos descansos están lubricados por una circulación de aceite continua que es impelida por una bomba que funciona sumergida

en el aceite del descanso inferior, circulación de aceite que pasa por un pequeño estanque situado al lado del exitador.

Las garantías de calentamiento están basadas en las estipulaciones normales, pero además las máquinas son capaces de operar satisfactoriamente por un largo período a 10 800 volts. a toda carga normal y a 13 200 volts a toda carga normal. El calentamiento medido por la resistencia del estator y rotor es garantida a no más de 50° a carga normal con inyecciones de aire a 40° y a la altura de 1 300 mts. sobre el mar. El calentamiento equivalente ensayado al nivel del mar debe ser $48,5^{\circ}$, con el fin de medir este calentamiento en cada alternador se dejaron en los cascos del estator, parte que se ha estimado donde debe haber mayor temperatura, seis pares térmicos que terminan en un indicador de temperatura, que lleva cada unidad.

La eficiencia y regulación garantida en unión con los resultados de las pruebas se indican en el cuadro siguiente para un funcionamiento a 250 R. P. M.

Las máquinas están garantidas para una velocidad 100% mayor. Para dar una idea del esfuerzo a que está sometido el núcleo de la rueda del rotor a la velocidad de 500 R. P. M. se puede pensar en que cada polo ejerce un esfuerzo de 410 Tons.

Viga -Grúa.—La casa de máquinas, tanto para el montaje de las unidades como para sus reparaciones está equipada con dos vigas grúa que corren de un extremo al otro del edificio. Estas vigas soportan una grúa eléctrica de 60 tons. que tiene además una grúa auxiliar de 12 tons.

Tablero de Control.—En un extremo de la casa de máquinas se encuentra un departamento para los interruptores y tablero de control.

Factor de carga	Carga	EFICIENCIA		REGULACION	
		Garantida %	Obtenida %	Garantida %	Obtenida %
1	Toda carga	95.65	96.49	18.5	18
1	$\frac{3}{4}$	95.25	95.96	12.5	12.4
1	$\frac{1}{2}$	94.00	94.66	6.5	6.8
1	$\frac{1}{4}$	89.80	90.53	2	2
0.9	Toda carga	95.25	96.13	28	29.8
0.9	$\frac{3}{4}$	94.9	95.65	22	23
0.9	$\frac{1}{2}$	93.8	94.44	15	15.8
0.9	$\frac{1}{4}$	89.6	90.39	7.5	7.8

El tablero es del tipo de banco con tablero vertical al frente donde van montados los instrumentos indicadores. Control remoto para cuatro alternadores a exitatrices, habiendo solamente, tres instalados.

Se tiene 4 circuitos locales de 12 000 volts, 2 circuitos exteriores de 110 000 volts y un regulador de voltaje Firril para las unidades.

Además están aquí los interruptores de luz y fuerza para el uso de la planta y también para el control de los circuitos de corriente continua, que son alimentados dos por una batería de acumuladores de 200 amperes.

En el segundo tablero vertical van los «relays» para la protección del equipo y de los instrumentos indicadores.

El tablero es muy reducido y sencillo debido a que cada alternador está conectado directamente al transformador correspondiente, y desde este a las barras de 110 000 volts a través de un interruptor de aceite.

Transformadores. — La sub-estación transformadora es del tipo para funcionar al aire libre (out door soal station).

Se tiene tres transformadores fabricados por Ferranti Ltd. de Inglaterra, de 13 330 K. V. A., 3 fases, 50 ciclos.

La capacidad de transformación es de 110 000 volts con reducciones de capacidad a 107 500 volts, 105 000 volts., 102 500 volts y 100 000 volts.

El enrollamiento de alta tensión es de conexión en estrella y el de baja de 12 000 volts de conexión delta.

Cada transformador tiene su enfriamiento de agua, tres terminales de 110 mil volts, caja de cables trifásica para la conexión de los tres cables del núcleo y una válvula de drenaje.

La cantidad de agua necesaria para su enfriamiento es de 225 galones por minuto a 25°.

Los fabricantes garantizaron las siguientes pérdidas:

Pérdidas en el fierro	45 000 watts
Pérdidas en el cobre	165 000 »
Reactancia	10 a 11%
Regulación a U. P. F.	1.79
Corriente de exitación	4 a 5%

Eficiencia a U. P. F.:

Carga	Eficiencia
125%	98.24%
100	98.47%
75	98.65%
50	98.73%
25	98.30%

Cada transformador necesita 4 560 galones de aceite y pesa 56 tons.

Además en el patio de alta tensión existen 7 interruptores de 3 000 amperes y 110 000 volts de control remoto y a mano.

La corriente de 110 000 volts de los transformadores pasa a 2 juegos de barras de aluminio de 3" de diámetro sostenidas por torres de acero galvanizado, y de aquí a la línea de alta tensión a Santiago.

Línea de transmisión.—Se construyó una línea de transmisión de 110 000 volts de 35,3 Km. de Queltehues a Las Lajas donde se unió con la línea de transmisión de Maitenes a Santiago.

Esta línea de transmisión montada sobre 136 torres de acero galvanizado tiene dos circuitos con seis conductores de cobre semi duro de 10%.

Paralela a esta línea corre la línea telefónica de 2 circuitos con 4 conductores de fierro galvanizado de 8 B. W. G. y va montada sobre 500 postes de acero.

Línea de transmisión local.—Además de la línea anterior se construyó la línea de transmisión a bocatoma de 12,2 Km. de largo, 12 000 volts con un circuito de tres conductores de cobre N.º 6 montada sobre 145 postes de acero, sobre los cuales también van los dos conductores de fierro galvanizado N.º 8 para la línea telefónica.

Agua de enfriamiento para los transformadores.—El agua de enfriamiento para los transformadores se capta del

río Maipo, donde se construyó una bocatoma especial y 765 metros de cañería de cemento de 0.40 m. de diámetro. Esta cañería corre por la ribera poniente del río para atravesarlo por un puente de acero, al lado del cual se han ejecutado las obras de desarenación de esta cañería. El agua llega a un estanque terminal de 2 490 m³. de capacidad, situado 11 metros más alto que los transformadores. El estanque tiene una capacidad que permite alimentar los transformadores durante 12 horas.

TRABAJOS ACCESORIOS

Caminos.—Para la ejecución de los trabajos fué necesario hacer 18 850 metros de caminos de 1.ª clase, para lo cual fué necesario mover 118 700 m³. de tierra.

En este camino se construyeron dos puentes sobre el río Maipo, tres puentes sobre el canal, dos puentes sobre quebradas y reforzar el puente de Cristo.

El puente San Simón sobre el río Maipo es de madera de 2 tramos y el puente Ratonos es de acero de 2 tramos de 11 m. cada uno. Los puentes sobre el canal y sobre las quebradas son de acero de un tramo.

Además fué necesario hacer 8 Kms. de senderos de acceso a diversas partes del acueducto.

Ferrocarriles.—Se construyeron dos ramales desde el paradero Queltehues del F. C. Militar, uno a la casa de fuerza de 2 400 m. y otro al campamento de 2 Kms. de trocha de 0.60 m. Para ejecutar estas líneas fué necesario hacer 38 000 m³. de excavación.

Inclinados.—Paralelamente a las cañerías se construyó un inclinado permanente de 700 m. de largo.

Además para la construcción se construyeron inclinados en «El Chanco»,

entrada túnel N.º 4, «El Durazno» y Km. 3.

CAMPAMENTOS

Edificios.—En el campamento principal de Queltehues se construyeron, superintendencia, tres casas dobles para empleados, casa para carrolero, establo, escuela, 1 hospital, 1 cuartel para carabineros, 12 casas para obreros y se repararon 5 casas antiguas.

En este campamento además se construyeron jardines, una cancha de tennis y todos los demás servicios como luz, alcantarillado y agua potable.

Agua potable.—El agua potable se captó en la quebrada El Loro por medio de una bocatoma permanente y se construyó una cañería de 3" de diámetro de 3 700 metros de largo, hasta un estanque de concreto, cubierto de 66 m³. de capacidad. Se instalaron desde el estanque 5 600 m. de cañerías para los diversos servicios.

Otros campamentos.—Además del campamento permanente principal de Queltehues se construyeron 3 casas en bocatoma, 6 casas en la laguna de sedimentación, 1 casa en la quebrada El Zorro, 1 casa en el Km. 8 del acueducto y 2 casas en la cámara de carga.

Campamentos provisorios.—Para la construcción se construyeron 13 campamentos provisorios que constaban de casa para el jefe de sección, camarotes, cantinas para los obreros, oficinas, bodegas de cemento, pulperías, etc.

Conclusión.—Esta obra que en líneas generales comprende la construcción de

12,3 Kms. de canal, incluyendo las obras de arte, tales como bocatoma, desarenadores, vertederos, cruces de quebradas y cámara de carga, tres tuberías de 700 mts. de largo cada una, casa de Máquinas, 23,6 Kms. de caminos y senderos, 5,5 Kms. de Ferrocarriles, 47,5 Km. de línea de transmisión e igual cantidad de línea telefónica, 41 casas permanentes, instalaciones de agua potable y alcantarillado, instalación de enfriamiento de los transformadores con 768 mts. de cañería, trece campamentos provisorios incluyendo talleres, pulperías, bodegas y demás servicios, numerosos puentes, inclinados y que exigió hacer 814 000 m³. de excavación abierta, 47 000 m³. de excavación en túnel, colocar 78 000 m³. de concreto y albañilería, colocación y montaje de 2 800 tons. de acero además de la maquinaria generadora y auxiliar demoró menos de 2 años. La construcción fué empezada el 12 de Abril de 1926 y la planta principió a funcionar normalmente el 20 de Marzo de 1928.

El corto tiempo empleado en la construcción, a pesar de una paralización de más de dos meses por las nevadas excepcionales del invierno de 1926 y otra interrupción superior a un mes durante la primavera excesivamente lluviosa de 1927, constituye un record de construcción en cualquiera parte del mundo y demuestra la extraordinaria organización que implantó el Ingeniero Jefe en esta construcción, secundado eficientemente por sus ayudantes y lo que es más halagador, confirma la extraordinaria capacidad y resistencia del obrero chileno dirigido eficientemente.