
ANALES DEL INSTITUTO DE INJENIEROS

SUMARIO.—Empresa de trasmision de fuerza de Chivilingo, por Guillermo E. Raby.—El dique de Carena de Talcahuano, por Domingo Casanova O.—Sesiones del Instituto.—Bibliografia.

EMPRESA DE TRASMISSION DE FUERZA De Chivilingo

Creyendo de interes para el Instituto de Ingenieros i para el pais en jeneral, una descripcion de la planta para el aprovechamiento de la fuerza hidráulica que la Compañía Esplotadora de Lota i Coronel está actualmente instalando en su establecimiento de Lota, me permito dar a continuacion los datos i pormenores referentes a esa empresa, única en su jénero todavía en Chile.

La creciente necesidad de fuerza motriz barata i de fácil aplicacion al interior de las minas de carbon de Lota, indujo a la Compañía a encargar al que suscribe, en un viaje que hice a Estados Unidos i Europa en 1893, un estudio especial de este ramo importante de la esplotacion submarina, donde las distancias son cada dia mayores, con las dificultades consiguientes.

Conociendo las facilidades que ofrece la electricidad para la trasmision de fuerza a grandes distancias, i el gran desarrollo que ha tomado en este sentido en los últimos años, se pensó en aprovechar la fuerza de las caídas de agua de los esteros de Chivilingo, lugar situado a unos seis kilómetros de Lota, i utilizarla en el interior de las minas, en lugar de pedir una planta

a vapor para mover los dinamos jeneradores que se pensaba colocar en una de las principales minas del establecimiento.

Por el lado económico tambien ofrece ventajas mui importantes el aprovechamiento de la fuerza hidráulica de las cascadas de Chivilingo, pues el consumo de carbon para la jeneracion de fuerza en el interior de las minas de Lota es mui considerable, por las grandes distancias a que hai que trasmitirla a los motores subterráneos.

Por las condiciones especiales en que funcionan los motores a vapor o de aire comprimido empleados en las minas, es imposible aplicar los últimos adelantos en la materia; tiene que ser necesariamente mui poco económico su funcionamiento. No es, pues, exajerado calcular el consumo de carbon en 10 kilos por hora por cada caballo de fuerza.

Aceptando este dato, es fácil calcular la economia de combustible que tendrá la Compañía de Lota con la nueva instalacion. Significaría para una fuerza de 500 caballos, un ahorro de 28,800 toneladas anuales, estimando en 20 los días de trabajo al mes. Hai que tomar en cuenta, ademas, las facilidades que da esta clase de fuerza para la explotacion, economizando brazos, caballos, etc.

En el mes de Marzo del año próximo pasado, se midieron las aguas de las cascadas de Chivilingo con el siguiente resultado: la del Norte o principal, 297 litros por segundo; la del Agua Potable, 100 litros, i la de la Cascada, 90 litros, formando un total de 487 por segundo en la época mas seca del año.

Faltaba determinar la mayor caída que se pudiera dar a estas cantidades reunidas en un solo punto, para conocer la fuerza que desarrollarían, lo que dió una altura de 212 metros verticales, i, en consecuencia, una fuerza teórica de 726,88 caballos.

Las aguas de los dos primeros esteros habia que traerlas por laderas escabrosas i difíciles, de una distancia de 2,300 metros, i las de la Cascada, de 600 metros, por terreno ménos difícil.

Se reconoció tambien que no era posible hacer esta reducida cantidad por canales abiertos sin perder un 30 o 40%, lo que reduciría la cantidad tanto, que no valdria la pena de seguir adelante con la empresa. Despues de comparar el costo de un canal revestido, con el precio de la cañería de arcilla que se fabrica en Lota, se optó por los tubos, por ser mas baratos i reunir todas las condiciones deseables para el objeto.

Faltaba aun resolver la dimension e inclinacion que se deberian dar a la cañería para que pudiera conducir los 397 litros por segundo que daban los dos esteros principales. Como la Compañía no fabrica tubos mayores de 0.60 m. de diámetro, hubo que adoptar esta dimension, i dar a la cañería un desnivel de 1 en 250. Con este desnivel el acueducto daba un largo total de 2,300 metros. La cascada, con 90 litros por segundo, daba al lado opuesto, i exijía, por consiguiente, un ramal aparte que viniera a unirse al motriz en el punto A. El largo de esta cañería es de 600 metros con un diámetro de 0.45 metros.

El punto A quedaba con las inclinaciones indicadas, a una altura vertical sobre el punto B, de 112 metros. Este sitio, por ser el mas bajo, fué elegido para la estacion jeneradora de fuerza.

En vista del resultado satisfactorio obtenido, la Compañía resolvió pedir propuestas a las principales casas constructoras americanas i alemanas, para la ejecucion del trabajo, tanto hidráulico como eléctrico. Se dejaba ámplia libertad a los proponentes para indicar el sistema de trasmision de fuerza que creyeran mas adecuado a las circunstancias, i a las necesidades de las minas. Se indicó sí, que el motor hidráulico fuera del

sistema Pelton, por dar éste mayor rendimiento, i ser mas apropósito a las condiciones de la empresa. Los proponentes tenían que indicar la presión eléctrica mas recomendable, como tambien si la corriente debiera ser continua o alternativa, teniendo presente la distancia a que habia que transmitir la fuerza, consultando la economía del primer costo i la seguridad en el funcionamiento de la planta.

El mayor efecto útil i ménos precio eran condiciones primordiales.

La materia del contrato consistiría en suministrar lo siguiente: desde el punto A, la cañería hidráulica hasta el punto B, de 255 metros de largo para surtir uno o mas motores hidráulicos; uno o dos motores Pelton en la estacion jeneradora B, de capacidad suficiente para utilizar la fuerza teórica de 728 caballos; los dinamos jeneradores de fuerza correspondiente con todos los instrumentos i aparatos del caso; los cables de cobre conductores hasta el punto C, en Lota, de 6,300 metros; i los ramales a los piques Alberto, Grande Carlos, i Chiflon, de 1,300, 500 i 800 metros de largo, respectivamente. En estos puntos de término se colocarían los trasformadores necesarios para dejar la corriente reducida a 500 volts, ya en aptitud de ser utilizada sin peligro en el interior de las minas. Tales eran las condiciones principales que deberian llenar las propuestas.

El material i maquinaria para el aprovechamiento de la fuerza en el interior de los piques seria materia de un nuevo concurso.

Mientras se presentaban las propuestas, se iniciaron los trabajos hidráulicos con la formacion de los cortes para la colocacion de la cañería desde la boca-toma hasta el punto A, trabajo costoso i difícil, pues en muchas partes tenían los operarios que sujetarse por cuerdas para poder trabajar con seguridad.

En el verano del año corriente se construyó el tranque para la boca-toma de sólido concreto. Hubo que escavar el lecho del

estero hasta llegar a la roca para interceptar las filtraciones subterráneas que se escapaban por entre la arena i guijarros del lecho. Se desvió el agua del estero para construir el muro, que tiene en su base una anchura de dos metros, i una altura de seis en la parte mas alta.

La embocadura de la cañería arranca desde este punto, que permite la entrada del agua hasta llenarla; el sobrante se escapa por sobre el muro, cayendo en forma de cascada al lecho del estero.

Este trabajo se ejecutó con toda felicidad mediante las medidas tomadas para mantener en seco la fosa. En la composicion del concreto entraron 16 partes de arena i piedra por 1 de cemento Portland, proporcion que aseguró una solidez i resistencia a toda prueba en el tranque.

La cañería atraviesa en el trayecto una pequeña quebrada de 22 metros de ancho, que se salva por un tubo de fierro de la misma dimension de los tubos de arcilla. Este acueducto está sostenido sobre dos machones tambien de fierro. Queda por hacer otro acueducto para un tubo de 0.45 m. diámetro, que empalmará en la cañería principal para conducir el agua del estero del Agua Potable.

Se encuentran actualmente muy adelantadas la colocacion de la cañería matriz, i los cortes i escavaciones concluidos en todo el trayecto.

Reunidas las aguas de los tres esteros en un estanque que se construirá al efecto en el punto A, a 112 metros sobre el punto B, entran en el tubo hidráulico de acero, de 255 metros de largo i 0.914 milímetros de diámetro. Este tubo está dividido en tres secciones iguales, pero de distintos diámetros, como sigue:

1.ª	Seccion:	de 0.914 met.	diámetro de acero	N.º 8
2.ª	id.	, 0.809 ,	, ,	, 6
3.ª	id.	, 0.729 ,	, ,	, 3

Con estas dimensiones se pierde por el roce solamente la fuerza correspondiente a medio metro de altura, o sea 3.24 caballos.

En el punto A habrá un canal de derrame para el agua sobrante cuando los motores no estén funcionando a toda fuerza cuando estén paralizados.

Las costuras longitudinales de los tubos llevarán doble hilera de remaches i las trasversales una sola hilera. En la entrada el tubo tendrá una llave-compuerta de dimensiones adecuadas.

Para la conservacion del tubo se pintará con una preparacion de asfalto.

La estabilidad de la cañería se asegurará por medio de fuertes amarras de cabo de alambre galvanizado, aseguradas en el terreno. En la parte inferior llevará una válvula de seguridad.

El peso de esta parte de la obra será de 32.816 kilos.

Como he dicho ántes, se ha adoptado el motor hidráulico sistema Pelton como el mas adecuado a las condiciones del proyecto, i por ser el que da mayor rendimiento de fuerza.

Las ruedas serán dos, de fierro fundido de 2.025 metros de diámetro, i de 215 revoluciones por minuto. Cada rueda será de 400 caballos de fuerza. Estos motores tendrán capas de ferro dulce, dobles boquillas, marcos pesados de fierro fundido, motor regulador de marcha constante, ejes, descansos i conexiones completas.

El efecto útil garantizado es de 85 por ciento.



Los dos motores hidráulicos transmitirán su fuerza directamente a dos dinamos jeneradores colocados sobre la prolongacion de los ejes de las ruedas, de modo que la instalacion está

dividida en dos secciones distintas, pudiendo funcionar aisladamente o en conjunto por medio de un interruptor de tres polos, segun lo exijan las circunstancias. Se ha consultado esta distribucion para el caso de accidentes o descompostura, evitando así la paralizacion completa si algo sucediese a alguna de las secciones.

Se ha adoptado el sistema de corriente alternativa de tres fases de alta tension para la trasmision de la fuerza, por ser el mas económico en conductores i de mas efecto útil.

Se ha tenido presente tambien que esta clase de corriente se puede emplear con ventaja en las minas de motores trifaciados que han alcanzado mucha perfeccion i sencillez en su construccion, pues no necesitan de escobillas, conmutadores ni anillos colectores para su funcionamiento, reduciéndose así al minimum la posibilidad de accidentes i descomposturas.

Son, ademas, mui compactos i de fácil manejo.

Los dinamos jeneradores serán, como he dicho, dos, desarrollando cada uno 315 caballos de fuerza, 215,000 watts, 400 volts i 360 ampères. Cada dinamo tendrá un dinamo excitador propio acoplado al dinamo principal, con un rendimiento de 2,275 watts, 65 volts i 35 ampères; darán el mismo número de revoluciones de los motores hidráulicos i dinamos, a saber: 215 revoluciones por minuto. Las frecuencias o alteraciones de la corriente serán 50.

El efecto útil de los dinamos será de 93 por ciento. Los descansos serán de lubricacion automática.

La construccion de los dinamos será de armadura fija, i campo magnético movable, evitando así los conmutadores, escobillas, etc., que son siempre causa de inconvenientes para la marcha regular de los dinamos.

La corriente de los jeneradores pasa a la tabla de intercalacion, que será de mármol, dotada de todos los instrumentos i aparatos necesarios, como ser: ámmetros, voltmetros, corta-circuitos, interruptores de tres polos, etc.

De la tabla de intercalacion pasa la corriente a 400 volts por cables aislados a los trasformadores, que serán dos, los que elevarán la corriente a 10,000 volts para la económica trasmision por la línea a Lota.

Los trasformadores serán para corriente de tres fases, i alternativa, con rendimiento de 97 por ciento, 200,000 watts, 10,000 volts i 17 ampères, aislados en aceite, con para-rayos, interruptores, etc., completos.

Despues de trasformada la corriente, pasa a los cables de la línea. Estos serán tres, del mejor cobre, desnudos, i sostenidos sobre postes de pelltin de 9 metros de largo por 0.25 m. $\times$ 0.25 m. en la base, i 0.20 m. $\times$ 0.20 m. en el otro extremo, enterrados firmemente en el suelo, por lo ménos un metro. Debido a la alta tension empleada, la pérdida será solamente de 2.4 por ciento en la línea.

Los postes llevarán una cruceta de madera que tendrá un aislador doble en cada estremidad, i un tercer aislador colocado sobre el mismo poste, en la punta.

La distancia desde la estacion jeneradora hasta el punto de distribucion C, en Lota, es de 6,300 metros, i el número de postes será 200 mas o ménos.

Los conductores de cobre tendrán una longitud de 18,900 metros, con un diámetro de 6.5 milímetros.

En el punto C, se reparte la corriente en tres ramales; uno al pique Alberto, que tendrá capacidad para 125 caballos de fuerza; otro al pique Grande Carlos, para 262 caballos; i el tercero al pique Chiflon, para 125 caballos.

En estos ramales se empleará alambre de cobre en las cantidades i dimensiones siguientes:

2,400	metros	alambre	de	3	m. m.	
3,900	»	»	»	3.5	»	»
1,500	»	»	»	3.5	»	»

Ademas la instalacion será dotada de una línea telefónica que úna los puntos de término con la estacion jeneradora de Chivilingo. Las estaciones i líneas serán protejidas contra las descargas eléctricas por para-rayos.



En los puntos de término, o sea en las bocas de los piques, la corriente de alta tension se trasformará en una de 500 volts, por medio de trasformadores adecuados.

En el pique Alberto habrá uno de capacidad de 92,000 watts, 500 volts i 164 ampères con ámmetro, vóltmetro, interruptores de tres polos, etc.

El pique Grande Carlos tendrá uno de 211,000 watts, 500 volts i 355 ampères con los instrumentos del caso.

El pique Chiflon será dotado con un trasformador igual al del pique Alberto.

En estos puntos termina la seccion de jeneracion i trasmission de fuerza, i principia la instalacion para su aprovechamiento i consumo.

Esta instalacion fué encomendada a la acreditada casa alemana de Schucker i C.^a, de Nürenberg, por ofrecer, a juicio de la Compañía de Lota, mayores ventajas que las demas, dadas las propiedades especiales del trabajo i condiciones impuestas, aunque todos los proponentes estuvieron a la altura del merecido crédito que gozan como constructores de maquinarias eléctricas.

El efecto útil garantizado por la casa constructora es de 72.7%, o sea 512 caballos de fuerza entregados en los puntos de término.

Para la planta de aprovechamiento de esta fuerza se ha pedido propuestas para una parte, que consistirá por ahora de lo siguiente:

3	Locomotoras eléctricas de 15 caballos	
2	Bombas	id.
2	Motores	id. de estraccion
100	Luces	id. para el interior

A esta planta se le irá agregando hasta absorber el total de la fuerza.

Tal es la instalacion para la trasmision de fuerza que la Compañía de Lota realiza en estos momentos; primera en su jénero en el pais, i destinada probablemente a llamar la atencion pública hacia las posibilidades i gran porvenir que indudablemente tendrá en adelante el aprovechamiento para las industrias de las fuerzas hidráulicas, que tanto abundan en Chile, debido a la configuracion favorable del terreno. Esto no habria sido posible sin los adelantos sorprendentes que ha hecho en los últimos años la electricidad para la trasmision de la fuerza a grandes distancias, con pérdida de fuerza relativamente insignificante. Corrientes de 50 o 100,000 volts son hoi dia cosas posibles i hacederas, i distancias de 100 i mas millas, hechos consumados.

Con los numerosos rios correntosos que atraviesan a Chile de la Cordillera al mar; la inagotable fuerza almacenada en la Cordillera misma en forma de nieve; los grandes desniveles que se pueden conseguir en esas montañas para empresas hi-

dráulicas; i la corta distancia que hai en toda la estension de Chile de esos manantiales de fuerza a los centros industriales, hace concebir la esperanza de que algun dia se verán las ciudades totalmente alumbradas por la electricidad; los vehículos de todas clases arrastrados por esa fuerza; i sus ferrocarriles, minas e industrias movidos por el mismo poder. ¡Indudablemente, la fuerza hidráulica en combinacion con la electricidad, tendrá un gran porvenir en el pais el dia en que sus habitantes i Gobierno le dediquen la atencion que merece, i dejen de ocuparse con esclusion de todo otro asunto, de predominio de partidos políticos i ambiciones personales, que todo lo malean i corrompen.

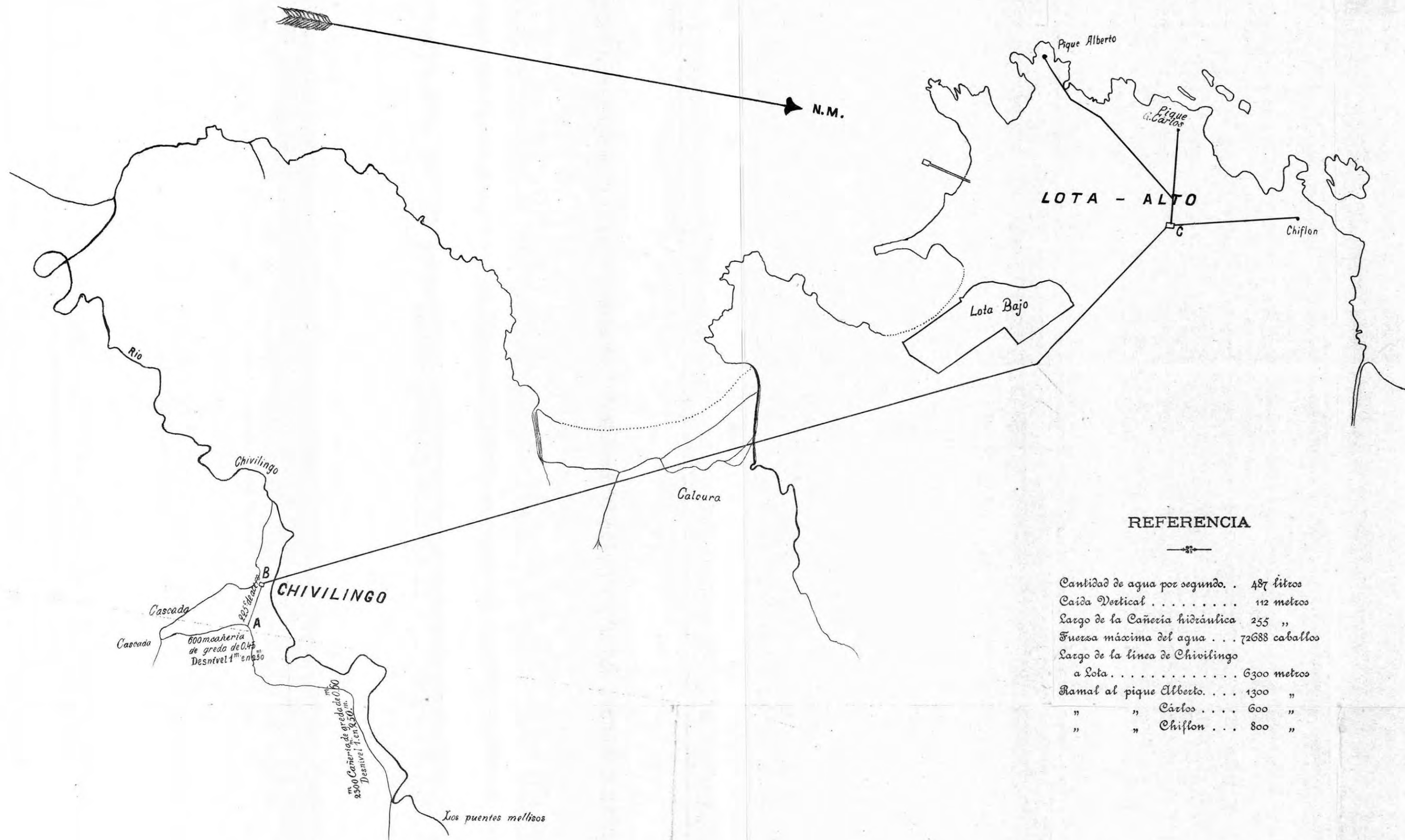
GUILLERMO E. RABY

Lota, Agosto 3 de 1896.



PLANO

RELATIVO A LA TRASMISION DE FUERZA A LOTA-ALTO



REFERENCIA

Cantidad de agua por segundo . . .	487 litros
Caida Vertical	112 metros
Largo de la Cañeria hidráulica . . .	255 "
Fuerza máxima del agua	72688 caballos
Largo de la línea de Chivilingo a Lota	6300 metros
Ramal al pique Alberto	1300 "
" " Carlos	600 "
" " Chiflon	800 "

PERFIL ESCALA: 1:20000 (horiz.)

