

## DESCRIPCION DE LAS OBRAS HIDRO-ELECTRICAS

que la Compañía de Tranvías Electricos de Valparaíso posee en Peñuelas i en especial los nuevos trabajos cuyo objeto es aumentar su poder

---

El estero de la Lechuza en el cuai rebalsa el Lago de Peñuelas cuando su nivel llega a la cota de 346 m. sobre el mar, tiene su oríjen en los confines del fundo de las Tablas en donde deslinda con la Melozilla, atraviesa el valle de las Tablas dejando al norte el lago de Peñuelas. Su pendiente es de 6 por mil hasta en donde existe el tranque de granito hecho por la Empresa de Tranvías el año 1906. 400 m. mas abajo principia el estero a caer en cascadas, cosa que su desnivel es de 300 m. en el espacio de 6 kilómetro; atraviesa el valle del Sauce i desemboca en la caleta de Curau-milla al sur del puerto de Valparaíso.

Este desnivel se ha aprovechado atajando las aguas por el tranque antedicho llevándolas por un túnel de 1 200 m. de longitud con un desnivel de 1 100 i dejándolas caer en las ruedas Pelton.

El tranque no capta mas de 200 000 m. habiendo tenido presente al construirse-le que no debía almacenar mas que lo necesario para 4 o 5 días de consumo, puesto que las aguas que lo alimentan son compradas al lago de Peñuelas cuya empresa las mide por medio de un medidor en un arranque que tiene la cañería de estraccion. De ahí pasan libremente al estero de la Lechuza. Hubo que hacer una obra en corto tiempo dejando para mas tarde la oportunidad de agrandar la potencia de las obras. No es por lo tanto un embalce propiamente dicho, es simplemente un ataje. En una de las alas del tranque están las compuertas, una de estraccion que da las aguas al túnel i la otra de desagüe. Las aguas son pues conducidas por el túnel a la cámara de agua para su sociogo embocándose en seguida en 2 cañerías de alta presion.

Estas son de acero de 11 m/m de espesor 30.55 m. de  $\phi$  abajo i 8 m/m 30.75  $\phi$  arriba. Su longitud es de 600 m. i su inclinacion llega en algunas partes hasta 45°. Las cañerías son montadas sobre blocks de concreto. Solamente está fija en 3 puntos; por sobre los blocks puede dilatarse rodando sobre rodillos de fierro fundido.

En los espacios entre los puntos fijos se han interpuesto cilindros que permiten a la cañería seguir los movimientos que le imponen los cambios de temperatura.

La caída representa un desnivel de 270 m. verticales.

El muro actual tiene una longitud de 80 m. i una altura media, desde su fundamento de roca, de 9 m. La forma del muro es en su longitud rectilínea, aguas arriba es a plomo, mientras que por delante tiene un talud de 1.'3. La corona llega a la cota de 311 500. La mezcla que se usó en la obra fué 1 cemento Alsen i 3 arena mezcla que como explicaré mas atras no es impermeable o hidráulica, prueba de ello es que el tranque se filtra i suda.

La taza hidrográfica es de 3 865 hectáreas que en horas de gran lluvia derrama en el estero de la Lechuza hasta 120 m<sup>3</sup> por seg. En término medio trae el esterc en verano 30-35 litros por segundo en la épocas mas secas. Habiendo necesidad de 420 litros por seg. para que cada una de las Turbinas desarrolle en mayor poder de 1 200 PS. se comprende pues que hai necesidad de aguas extraordinarias lo que se consigue comprando estas aguas al lago de Peñuelas.

Estas suman 6 000 000 m<sup>3</sup> al año.

Habiéndose aumentado considerablemente el consumo de fuerza i luz en la ciudad de Valparaíso, ha habido necesidad de recurrir a las aguas de invierno i para captar parte de estas aguas se está ejecutando un nuevo tranque 350m aguas abajo del existente. Este podrá retener 9 000 000 m<sup>3</sup> de las avalanchas de invierno. El año pasado, es decir, 1907, notoriamente seco pues el agua caída fué en Peñuelas 678 m/m, pasaron solamente por encima del tranque existente 12 000 000 m<sup>3</sup>.

Se deduce pues que fácilmente se podrá llenar el nuevo embalse, alcanzándose a aprovechar 2 veces el contenido i sumando las aguas confiadas al lago de Peñuelas, se podrá contar para mas tarde con 20 000 000 m<sup>3</sup>.

Antes de hablar sobre estas nuevas obras, haré una corta reseña de las instalaciones de la estacion primaria o planta eléctrica i de la trasmision a la estacion secundaria ubicada en la calle de Condell de Valparaíso.

La estacion primaria está dotada actualmente de 3 nuevas Pelton de 1200 P. S. cada una, siendo su consumo al desarrollar su mayor poder de 420 litros por seg. El número de revoluciones por minutos es de 428.

Para la excitacion de los jeneradores de estas turbinas hai ademas 2 pequeñas ruedas de 65 P. S. i un gasto de 24 litros porseg. siendo sus evoluciones 900 por minutos. Estas máquinas, salidas de los talleres famosos de Escher Wyss de Furiche, tienen sus reguladores de aceite, patente de la casa ante dicha. El principio de estos reguladores es el de oponer presion de aceite a la presion del agua en la lengüeta, regularizando así el consumo de agua necesario al que pide la corriente del jenerador.

Esto es de capital importancia tratándose del servicio de tranvías, pues orijinan muchas fluctuaciones al contrario del servicio de luz.

Las turbinas están acopladas directamente a los jeneradores por el sistema elástico Fodel-Voith. Los jeneradores son de corriente alterna trifase de 1000 kilowatts cada uno.

Estas máquinas han sido construidas por la casa Allgemeine Electricitätsgesellschaft, Berlin. Las ruedas chicas están acopladas a dinamos de corriente continua. Además de estos excitadores, existe una pequeña batería de acumuladores con el mismo fin.

Los generadores son de inducido fijo el inductor móvil. Su tensión es de 7 000 volts.

En los talleres de distribución, tanto de la corriente trifase de 7 000 volts i la corriente continua de 65 volts, hai corta-circuitos, voltantes i amperímetros. Para disminuir las dimensiones del arco que se produce al cortar, existen corta-circuitos sumergidos en aceite.

Las dos líneas de transmisión son aéreas siendo su longitud 9,5 kilómetros.

Los cables conductores, que son 3 para cada línea, son tendidos sobre postes de  $10 \times 10$  i 8 metros de altura, dejando entre sí estos postes 30 metros de claro. La sección de cada cable es de 70 mm cuadrados. Los aisladores sobre los cuales van montados los cables, son de porcelana i están forrados con una tensión de 20 000 volts.

Al llegar la línea al cerro de la mariposa se transforma en línea subterránea en la casa de Transición. En esta casa los alambres de la línea aérea se unen a cables subterráneos que van a la Estación secundaria que dista de ahí 350 metros.

La Estación secundaria comprende actualmente tres motores alternos trifases, sincrónico de la casa Schuckert Werke.

La corriente trifase de alta tensión es aplicable al estator fijo.

El rotor móvil está formado por 10 faces de polos que se excitan con una corriente continua de 140 amperes.

Esta corriente proviene de dinamos calados en el mismo eje de los motores alternos.

Estos motores, con 300 revoluciones por minuto, tienen una frecuencia de 50 periodos por seis, i una potencia de 875 kilowatts. Están directamente acoplados con tres dinamos de corriente continua de 700 kilowatts cada uno.

Existen además las baterías de acumuladores, i una planta a vapor movida por locomóviles de Wolff, Magdeburgo de 250 p. s. cada uno.

Ultimamente se han instalado un cuarto motor trifase alterno sincrónico, i además una turbina a vapor de 1,800 p. s. de poder.

La distribución de la energía para la tracción se hace a 500 volts por medio de feeders; la red de alumbrado es independiente, es del sistema de tres alambres, que permite tener 220 volts por hora.

Las obras nuevas en ejecución comprenden el tranque i su rebalse, torres de estiración i ensanche de la cámara de agua. Además, colocación de una cuarta turbina de 2 400 p. s. de fuerza.

El tranque será todo de granito. Las dimensiones en el perfil trasversal son 19 metros de ancho en la base, 3,50 en la corona i 30 metros de altura desde su fundamento de concreto. La cota de la corona es de 328 nudos sobre el nivel del mar, es

decir, 22 metros mas abajo que la corona del tranque de Peñuelas. Aguas arriba, tiene el tranque un talud de 1 : 15 i por delante hasta una altura de 10 metros sobre su base un talud de 1 : 1,52 paralelo a la resultante estando el embalse lleno; para arriba sigue el talud, una curva que se adapta a la resultante del cálculo gráfico.

El coronamiento tiene un radio de 125 metros formando así todo el muro un arco, teniendo semejanza a un arco de bóveda; sin embargo, no obrando como tal. El objeto del arco es mas bien el de impedir rajaduras en la mampostería cuando cambios bruscos de la temperatura imprimen al muro dilatacion o compresion. Un muro de estas dimensiones en forma rectilínea estaria espuesto al dilatarse o comprimirse, a formar un arco que produciria rajaduras de mas peligrosas consecuencias. La lonjitud del arco es de 130 metros en la corona. A la cota es de 303 lleva, un desagüe en forma de una cañería de 1 metro de  $\Phi$  con su respectiva válvula atrás i adelante.

El fróntis se estucará para impedir mejor el sudor de la piedra. Ademas se pintará con una composicion especial que impide las rajaduras del estuco.

A principios de marzo de 1907 se dió principio a las escavaciones para fundar el muro. El estero dejaba ver que su lecho era de roca; sin embargo, siguiendo mas abajo se pudo constatar que era solamente una capa suelta, i así se siguió con dos capas mas, hasta encontrar roca firme, compacta i uniforme de granito ríjido azul. La cota del lecho del estero era 300, i hubo de bajarse hasta profundidades de 10 metros mas abajo. Por eso es el caso de llamar la atencion de no formar grandes presupuestos hasta no tener abierta i limpia la boca firme en obras de tranques.

Ocho meses mas tarde, es decir el 7 de Enero de 1908, se pudo dar principio a la obra de fundamento. Esta es una capa de concreto de 6 m. de grueso por 20 de ancho i 50 de largo, lo que representa 6 000 m<sup>3</sup>. Despues de bien lavada i escobillada hasta que no hubo duda que todo, hasta su última rendija era roca firme, se procedió a concretar, habiéndose baldeado primero con un caldo de una parte de cemento i una parte de Trass del Rhiu para que las rendijas i pequeños orificios quedasen llenos i para que el concreto adaptase mejor.

Se eligió para el concreto la mezcla siguiente:

1 parte cemento Alsen.

0.5 partes Trass.

3.5 partes arena.

5 partes piedra chancada.

La mezcla de este concreto a prueba de traccion alcanza 32 k. cent<sup>2</sup>, segun experimentos hechos por mí en el laboratorio.

Todo el muro representa una mole de 25 000 m<sup>3</sup> de mampostería fuera de su base. Para la construccion de esta clase de tranques, como se comprenderá, hai que ejercer la vijilancia mas estricta para su ejecucion conforme a la ciencia de la injeniería, i creo no decir demas cuando exijo que la asistencia del injeniero debe ser

continúa en el trabajo desde temprano hasta la tarde, fuera de varios inspectores que vijilan a cada uno de los albañiles. La obra de mano está dada a contrato, así es que fácil es suponer que la jente trabaje mal i lijero, siendo mui fácil para ellos hacer daños si no hai vijilancia. Los albañiles están acostumbrados a trabajar en muros mui distintos en objeto a las obras de tranques de piedra. Acostumbran a formar las hiladas i rellenarlas con cuanto ellos pillan, siendo su mayor esmero que la superficie quede lisa i bonita.

A cada albañil que llega a la obra hai que enseñarle i después de dos semanas aprende. Es, pues, difícil encontrar jente que sepa de un principio lo que debe hacer.

El porte de la piedra es en término medio 30 a 40 dm<sup>3</sup>, sin embargo han habido escepciones que hasta piedras de 15 dm<sup>3</sup> han sido puestos. Los huecos son rellenos con piedra laja completamente envuelta en mezcla. La piedra es, naturalmente, lavada i escobillada, primero con escobillas de acero i después con escobillas de rama.

Andando el trabajo como debe ser, cada albañil vivo puede hacer hasta 3 m<sup>3</sup> de albañilería al dia, i es lo que sucede en la obra.

El mortero para la mampostería es de una parte de cemento Alsen, una parte de Trass i 3.5 de arena lavada a máquina. La operacion de lavar la arena es imperiosa, pues en el estero no basta la corriente. La máquina lavadora es un cilindro provisto de una espiral agujereada interiormente, teniendo todo el cilindro una inclinacion de 20° de la base final al eje. Por medio de un juego de ruedas se hace rotar el cilindro por su eje. La arena se patea por la culata mas baja i sube por la espiral hacia adelante. Mientras tanto un chorro de agua inunda el interior del cilindro. La arena limpia sale por delante, mientras que el fango, arena delgada, palillos, etc., son llevados por el agua para atras. Esto cae en un canal con pendiente i se escurre i asienta lejos del sitio donde se hace la mezcla.

La mezcla se revuelve tambien a máquina, es decir, solamente el cemento con el Trass separadamente. Mui necesario tambien si se tiene presente que el Trass se endurece solamente en union intima con el cemento; dándole a éste elasticidad i su union con la arena impermeabilidad.

Después de 180 dias bajo agua el mortero de esta mezcla me ha dado 30 k. p. cm.<sup>2</sup>. Considero que es un buen resultado para la seguridad del muro. Al llegar a este punto me es grato llamar la atencion sobre el cemento romano de la fabrica de cemento La Cruz. He hecho varias pruebas con cemento importado unido al cemento romano La Cruz, en proporcion de 1×1×3.5, i resulta que con la union de este cemento la prueba a traccion aumenta. I no solamente eso, el cemento Romano es superior a muchos, fuera de pocas escepciones, a los importados de Alemania i Europa en jeneral.

La manera empirica práctica para determinar el grado de impermeabilidad de una mezcla cualquiera es la siguiente: en el cociente entre la materia ligante i los huecos de la arena debe ser el denominador menor que el numerador.

Por ejemplo la mezcla:

- 1 cemento,
- 1 Trass,
- 3.5 arena,
- 1.2 agua,

resulta impermeable tomando en consideracion que el beneficio de cemento o Trass es de 48% i los huecos de la arena sean 40%.

	Materia ligante	Huecos	
1 Cemento.....	0.48		
1 Trass.....	0.48		2.16
3.5 Arena.....		1.30 (40%)	<u>1.66</u>
1.2 Agua.....	1.20		1.30
	<hr/>		
	2.16	1.30	

(El agua debe permanecer en la mezcla).

Por ejemplo:

	Materia ligante	Huecos	
1 Cemento.....	1.48		1.12
3 Arena.....		1.20	<u>0.93</u>
0.64 Agua.....	1.64		1.20
	<hr/>		
	1.12	1.20	

Si se le agrega a esta mezcla Trass o se le dá ménos arena resulta impermeable. Esto coincide con la práctica, siendo puramente empírico el método; no está de acuerdo con esperimentos físicos o químicos.

Despues de todos estos racionios se comprobó que la mezcla mas económica i adoptable para la obra en cuestion, es la ya nombrada.

La maniobra de colocar la piedra en el muro se hace ahora con 8 grúas a mano que dan abasto para 6m<sup>3</sup> de albañilería al día, para mas tarde cuando llegue el muro a cierta altura se han consultado grúas a vapor i varios ascensores i donkeis para subir tanto la piedra como la mezcla.

Las máquinas revolvedoras de cemento, i Trass la lavadora de arena, como algunas

bombas centrifugas son movidas por corriente eléctrica que es conducida desde las turbinas por una línea especial que tambien proporciona luz en todo el campamento.

Puesto que es peligroso dejar caer las aguas de una altura tal como la que tiene el muro—30m.—es decir, dejar rebalsar el tranque por su corona, se está ejecutando un rebalsadero por donde se rebalsarán las aguas cuando su nivel llega a la cota de 326,—es decir 2m. mas abajo que el coronamiento del tranque.

Estas aguas se desalojan por una quebrada lateral i se reunen al estero de la Lechuza aguas abajo del nuevo tranque.

La boca-toma del túnel conductor de las aguas a las cañerías de presion se encuentra en una ala del tranque existente aguas arriba i su solera está a la cota de 306,—es decir 30 m. mas abajo que el nivel futuro de las aguas. Las compuertas existentes habrán que eliminarse i en su lugar se han acordado torres de estraccion. Estas torres, que son dos, están ideadas de tal manera que el agua necesaria se toma a diferentes alturas por válvulas distribuidas convenientemente.

La segunda torre sirve de reserva.

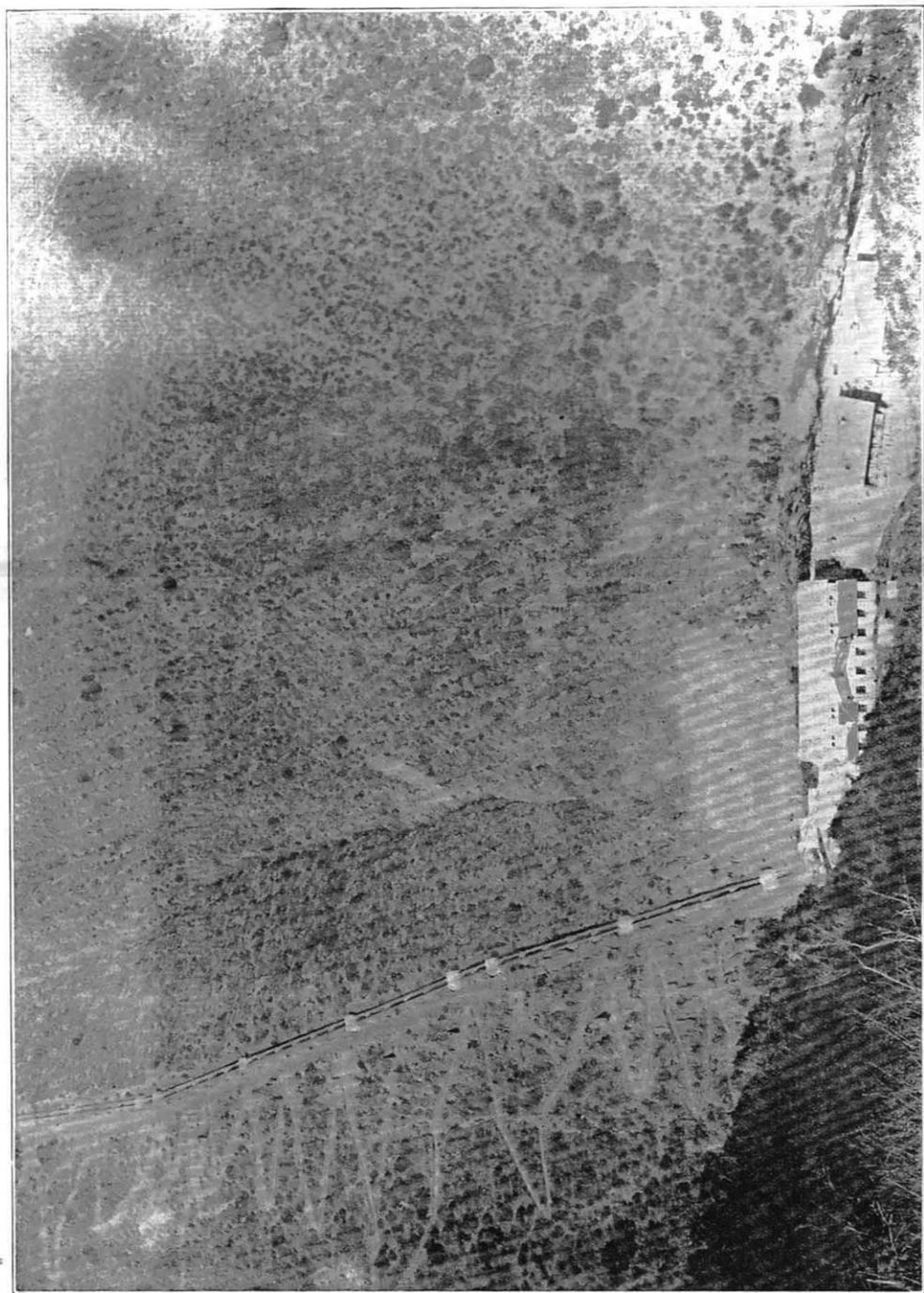
Las torres están unidas a tierra firme por medio de un puente de fierro.

Puesto que el servicio de tranvías orijina fuertes fluctuaciones de consumo en mas o ménos cortos intervalos, es necesario tener un regulador o un recipiente en conexion inmediata a las cañerías de alta presion. Hai, pues, que tener una cierta cantidad de agua, vulgarmente dicho, a la mano, pues un aumento de agua dado desde la compuerta en el tranque se demora mas de media hora en llegar a la boca de las cañerías, tiempo necesario para orijinar serias interrupciones en el tráfico. El estanque en construccion podrá almacenar 4,000m.<sup>3</sup> de agua, lo necesario para 3 turbinas durante 4,1 horas con su poder máximo. Este estanque tiene su rebalsadero en un costado para impedir que el túnel éntre en presion.

Estando la obra concluida se podra distribuir en traccion, luz e industrias, aproximadamente 9 000 000 kilowatts horas en la ciudad de Valparaiso i sus alrededores.

ALFREDO LYNCH L.



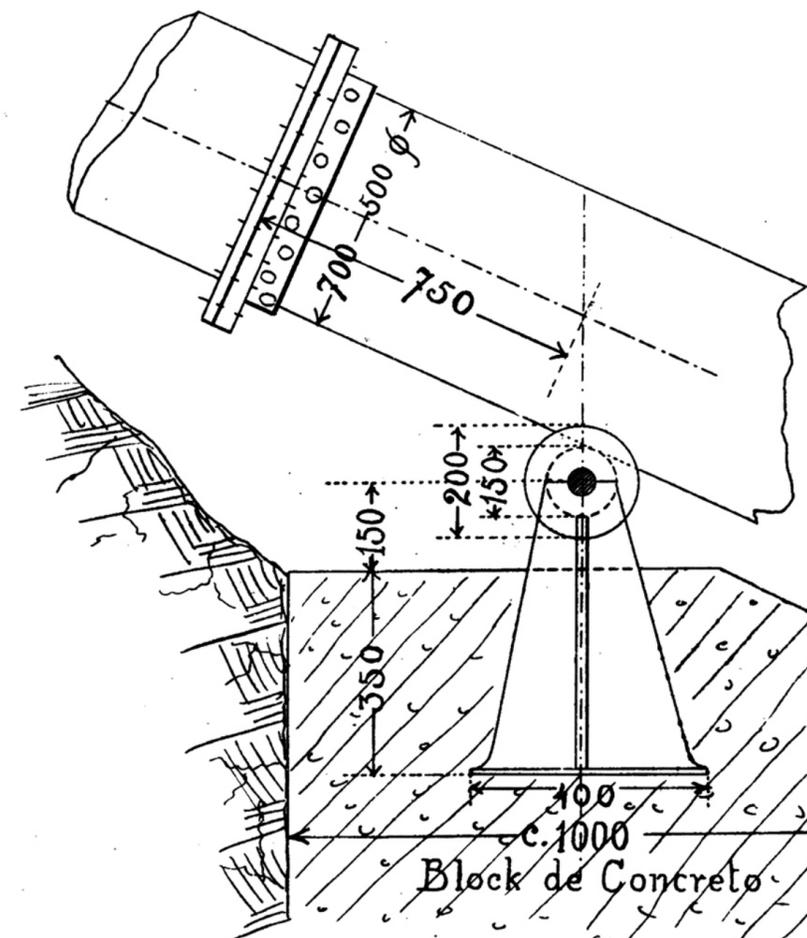
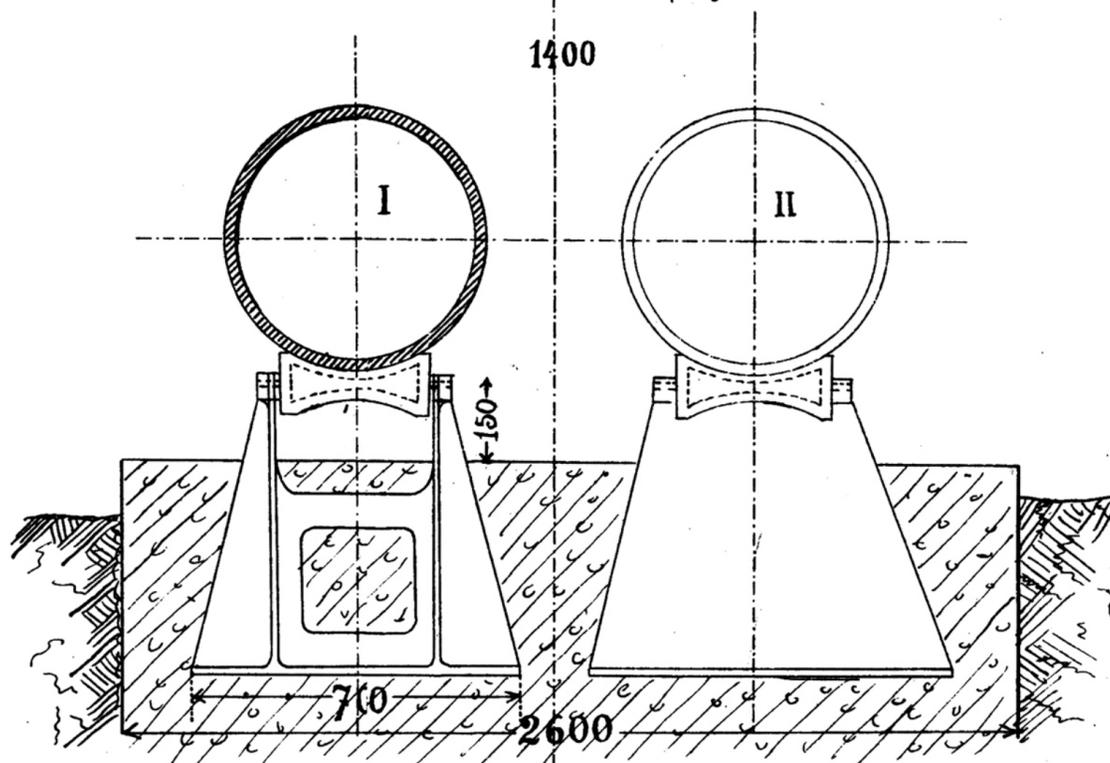


Vista de los cañones de alta presión Instalación hidroeléctrica de la Compañía de Tránsito Eléctrico de Valenciana en D. N. 10

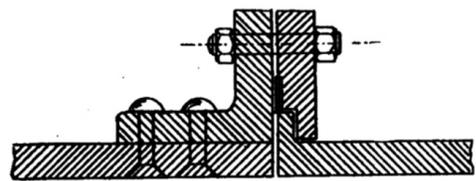
Detalles de la cañería de alta presión  
C.T.E. de V.

Lynch.

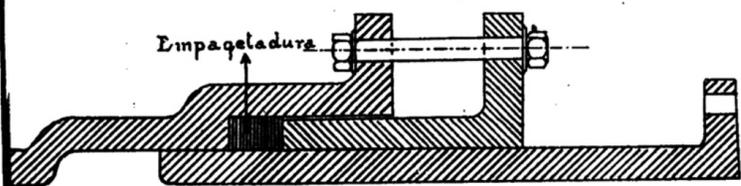
Corte trasversal de los apoyos móviles



Corte longitudinal de los apoyos móviles



Plancha con empaquetadura de goma



Pieza interpolada en la cañería para permitir los movimientos de dilatación o contracción.

