

EL DIQUE SECO DE TALCAHUANO

POR

JACOBO KRAUSS

(Traducido de los «Anales del Instituto Real de Ingenieros de Holanda», por el señor Martin den Dulk i revisado por el señor Enrique Barraza O).

I

INTRODUCCION

Situacion. — La costa oriental del Pacífico comprendida entre el Cabo de Hornos i el Canadá, no contaba ántes del año 1875 sino con dos diques flotantes de madera en Valparaiso i con otro del mismo material en el Callao.

En aquella época, Chile se veia obligado a enviar sus principales buques de guerra a puertos europeos para ser carenados, medida que exijia sacrificios pecuniarios de consideracion.

Mas adelante, durante la guerra del Pacífico, pudo palparse mejor que nunca, la necesidad de construir en el pais un dique seco que permitiera carenar los mas grandes buques de la Armada Nacional.

Con anterioridad a aquella época, el Gobierno chileno se habia preocupado seriamente de la construccion de un dique seco, sin haber llegado a un resultado práctico. Entónces se pensó que la bahía de Talcahuano o de Concepcion, como se le denomina en algunas cartas, situada a 36°40' de latitud sur, ofrecia un abrigo natural en todo tiempo, señalándosela como un lugar apropiado para tal objeto. Poco despues, en 1878, habiéndose arraigado esta idea, el Gobierno encargó al ingeniero frances, señor Alfredo Lèveque, el estudio del proyecto correspondiente.

Los primeros proyectos. — Este ingeniero, segun el proyecto que formuló con este motivo, se proponia ubicar el dique en las inmediaciones de la Estacion de los Ferrocarriles del Estado, en el hemiciclo de la costa, debiendo ejecutarse el trabajo al abrigo de una ataguía jeneral de hormigon que debia formarse en el mar.

Cuando ya se habian construido las obras preliminares: edificios para la administracion, almacenes i talleres, i se habia adquirido en Europa gran parte del material, entre el cual se hacia notar una draga i bombas definitivas para que prestasen sus servicios en el agotamiento del pozo de fundacion, el ingeniero encargado de la construccion

notó que su proyecto necesitaba una modificación sustancial, proponiendo, en consecuencia al Gobierno, un nuevo proyecto que consistía en la construcción del dique por medio de un inmenso cajón de aire comprimido, a imitación de la manera como se construyeron los diques de carena de Missiessi (Tolon). Agregó que por medio de este sistema de construcción, se quedaba al abrigo de todas las eventualidades que pudieran surgir a consecuencia de un mal fondo, de dificultades en el agotamiento del foso de fundación o por causa de los temblores (1).

Esta idea, enteramente nueva en el país, tenía la gracia de su misma novedad. El sistema de construcción de obras hidráulicas por medio del aire comprimido, aun no se había aplicado en Chile.

Al mismo tiempo apareció un serio contra-proyecto de los señores Valentin Martínez i Domingo V. Santa María, que tendía a efectuar la construcción en tierra, para lo cual proponían la caleta del Manzano. Agregaban que se podría dejar, delante del foso de fundación, una faja angosta de la costa que viniese como ataguía natural, formando mas tarde el canal de acceso por medio de dragados.

Proyecto Dirks.—Dada esta situación, el Gobierno de Chile resolvió invitar al ingeniero holandés señor J. Dirks, para que se trasladara al país e informara sobre los diversos proyectos de dique de carena presentados a su consideración.

La opinión del señor Dirks se halla espuesta en una interesante i voluminosa memoria cuyo título es: «Informe sobre la construcción de un dique seco en Talcahuano, presentado al Supremo Gobierno de la República de Chile, por el ingeniero en jefe del Waterstaat, Sr. J. Dirks.—Santiago, 1883.»

En este informe, el señor Dirks espresa que en manera alguna el ingeniero debe buscar dificultades i si tratar de combatirlas en caso de que no puedan evitarse con facilidad, por cuya razón, en tésis jeneral como en el caso particular de que se trataba—debía preferirse la tierra al mar como lugar de construcción.

El empleo de fundación neumática en este caso, lo considera mal aplicado, espone en seguida el sistema de fundar el dique por medio de pilotajes, dado el caso de encontrarse un suelo sin resistencia suficiente.

Conjuntamente con esta Memoria, el señor Dirks presentó al Gobierno un nuevo proyecto, cuyo presupuesto ascendió a 405,000 libras esterlinas. Según este proyecto, el dique debía tener una longitud exterior de 174 metros 40; un calado de 9 metros 25 en el marco de entrada con referencia al nivel de las pleamares de aguas muertas—i un ancho de 16 metros 80 a la altura de las intersecciones de los muros inclinados i la bóveda. El zampeado del dique tendría en este caso en el centro un espesor de 2 metros 50 i estaría formado por una bóveda inversa de ladrillos especiales, que quedaria cubierta

(1) El autor hizo sondeos geológicos en el sitio indicado cerca de la estación con el objeto de construir malecones, i de ello resultó que el fondo del mar en ese punto es compuesto de fango blando i jabonoso hasta una profundidad mínima de 30 metros. Se comprende, por consiguiente, la impresión que causó cuando la draga subió aquel material: se tuvo miedo por la construcción de ataguía i se buscó entonces la solución del problema por medio de otro sistema de construcción. Sin embargo, el hecho de que el terreno resistente no se encontrara aun a los 30 metros de profundidad, no era indicio favorable al proyectado cajón de aire comprimido.

por un revestimiento de piedra canteada en forma de escalas para la colocacion de los puntales i para facilitar el tráfico.

Salvo las dimensiones jenerales, el perfil interior del dique adoptado para la construccion definitiva, es el mismo del proyecto Dirks i, por consiguiente, conforme a los cortes *A B G H* de la lámina VI como asimismo por lo que respecta a las banquetas que se han formado en los mismos laterales revestidos de piedras canteadas en toda su altura.

Licitacion.—Desgraciadamente el señor Dirks residió sólo algunos meses en Talcahuano, faltándole así la oportunidad de formarse una opinion definitiva acerca del lugar mas adecuado para la construccion.

Es verdad que el valle de «El Manzano» lo calificó como un terreno conveniente, pero tambien hizo presente que talvez podria encontrarse en otro lugar de la costa un terreno mas apropiado.

Trascurridos cinco años, en 1888, se resolvió contratar en licitacion pública la construccion de un dique seco en Talcahuano que se ubicaria en el valle de «El Manzano,» pero al mismo tiempo se dejaba al empresario la facultad de proponer otro lugar de construccion, en caso que de un exámen posterior resultase que el terreno del Manzano no daba garantías suficientes para la solidez de la obra.

El proyecto del señor Dirks, en cuanto a las dimensiones de longitud, ancho i profundidad es la base de este contrato, que se celebró en términos mui incompletos para una obra que debia ser ejecutada por un empresario. Por lo demas, se prescribió que los detalles de construccion serian análogos a los de los diques de Tolon, Marsella i Jénova; que seria de albañilería i construido por el sistema de «fundacion de un cajon o cajones para aire comprimido.» Se ve por esta última i estraña determinacion cuán poca importancia se dió a los valiosos consejos del experimentado ingeniero señor Dirks, lo que trajo por consecuencia que, al llevar a cabo el trabajo, no se sabia todavía lo que propiamente se deseaba.

Señalándose el valle de «El Manzano» como lugar de ubicacion i prescribiéndose al mismo tiempo la aplicacion del aire comprimido, se trató de satisfacer los dos partidos que cinco años ántes habian combatido con ardor sobre esta materia. El proyecto Dirks, minuciosamente detallado, serviría únicamente para fijar las dimensiones principales que mas tarde fueron modificadas en diversas ocasiones.

Los únicos proponentes que se presentaron a la licitacion pública fueron los señores Dussaud i Chambon, en calidad de empresarios, por una suma alzada, los cuales encargaron la direccion técnica de los trabajos a su compatriota, el mismo ingeniero que cinco años ántes habia iniciado el trabajo por cuenta del Gobierno chileno.

El monto del contrato ascendió, en un principio, a 446,000 libras esterlinas; pero a causa de repetidas modificaciones en las dimensiones jenerales se elevó a 546,320 libras esterlinas. El material adquirido ántes por el Gobierno, como la draga, la grua flotante de 50 toneladas, las bombas, etc., fué comprado por los empresarios.

Lugar de la construccion.—Despues de estos preliminares i llegando al terreno de los hechos, se calificó el valle de «El Manzano» como terreno inútil para la construccion del dique i de nuevo se principió a buscar una ubicacion en plena mar, hasta que por fin

quedaron aprobadas unánimemente las proposiciones formuladas por uno de los jefes de la Marina chilena, el señor Enrique M. Simpson B. El Gobierno, de acuerdo con los empresarios, resolvió unir la costa con el Bajo de Marina o por medio de un rompeolas i fundar el dique sobre el declive del dicho bajo.

En 1889 se iniciaron de nuevo las instalaciones provisionales.

II

INSTALACIONES PROVISIONALES

Línea férrea a San Vicente.—Uno de los primeros trabajos de instalacion consistió en la construccion de una línea férrea de trocha de 1 metro, desde la bahía vecina de San Vicente, donde se instalaron canteras, hasta la estacion de Talcahuano, i desde allí, a lo largo de la costa, hasta el arranque del rompeolas que debia unir la playa con el Bajo de Marinao. Ademas, se emprendió la construccion del rompeolas que debia tener una longitud de 600 metros i la formacion de una esplanada de 125 metros por 15 metros sobre el bajo citado, i destinada a galpones, almacenes, oficinas i algunas habitaciones para obreros (véase lámina I, figuras 2 i 3).

Las canteras de San Vicente, situadas a unos 5 kilómetros de distancia de esta esplanada, suministraron una clase de piedra esquistosa mas o ménos compacta, i en bloques grandes, los cuales sirvieron para el revestimiento del talud norte del rompeolas de union.

Rompeolas de union.—Entre la costa i el Bajo de Marinao habia una profundidad media no mayor de 5 metros. El lado sur o interior, del rompeolas se rellenó con bloques naturales de cantera cuyo peso varió entre 300 i 1,000 kilogramos, formándose un talud de mas o ménos 1 por 1. El talud norte, espuesto a los temporales del norte, se formó con bloques tambien de cantera de 1 hasta 5 toneladas, permaneciendo en equilibrio con un declive de mas o ménos 1.5 por 1. En el coronamiento se dió al rompeolas un ancho de 7 metros.

El relleno para la línea férrea, el cuerpo del rompeolas i la esplanada formada sobre el bajo, se estrajo de las puntillas de los cerros vecinos.

Punto de la construccion.—Para alcanzar la profundidad necesaria donde debian fundarse los muros de albañilería i para la ejecucion de esta misma, se hizo uso de cajones de aire comprimido suspendidos entre lanchas planas. Para el correcto funcionamiento de los cajones, se estimó conveniente cerrar, por medio de bloques artificiales, el espacio dentro del cual se debia trabajar.

De este modo se formó una pequeña dársena de 230 metros de largo por 120 metros de ancho (véase lámina I, fig. 2) dándose a los muros de bloques artificiales, un perfil tal, que pudiesen mas tarde servir de revestimiento para rellenos posteriores a ambos lados del dique.

En los muros de este recinto de abrigo entraron 120 bloques artificiales, de 10m³ cada uno, i de un peso de 25 toneladas, los cuales fueron confeccionados en los terraplenes inmediatos a la estacion de los Ferrocarriles del Estado, local que se habia formado

por medio de rellenos hechos en virtud del primer proyecto de dique i en el que se construyeron talleres i almacenes.

En la confeccion de estos bloques de albañilería se empleó piedra esquitosa de San Vicente, arena poco cuarzosa de este mismo lugar, i cal hidráulica de Teil, en la proporcion de 300 a 400 kilógramos por metro cúbico de arena.

A pesar de que esta cal no se encontraba en perfecto estado de conservacion por haber sido almacenada hacia tiempo por cuenta del Gobierno para la construccion del dique, los bloques se han conservado en escelente pié, i aun hoi dia, despues de seis años, el mortero no da muestra de la menor descomposicion.

La instalacion de la cancha para la confeccion de los bloques, la manera de cargarlos en lanchas planas, i de colocarlos por medio de la grua flotante, ofrecen poco de nuevo e interesante, por cuya razon pasaremos pronto a la verdadera construccion del dique seco, dentro del recinto de abrigo.

Galpon.—En 1890 cuando el autor de esta Memoria se hizo cargo de la vijilancia técnica de estas obras, en calidad de ingeniero en jefe de la empresa, los trabajos se encontraban en el estado que se ha descrito. Se inició entónces la construccion de un gran galpon para abrigo de los elementos de trabajo, confeccion del mortero e instalacion de las compresoras de aire, dinamo para el alumbrado eléctrico de los cajones, oficinas, etc., todo distribuido como se indica en la lámina I, figura 3.

Cajones para aire comprimido.—En la misma época se hacia el montaje de los cajones para aire comprimido i el de las lanchas planas respectivas, todo lo cual vino desarmado de Europa.

De estos cajones se habian pedido dos ejemplares, fieles reproducciones de los que aplicaron los señores Zschokke i Terrier en la construccion de los muros de los diques secos de Jénova: tenian 21 metros de largo por 6 metros 50 de ancho i 2 metros de altura debajo del techo. La figura 4 de la lámina 2, esplica la manera de colgarlos entre las lanchas, por medio de cadenas de eslabones largos terminados en la parte superior por tornillos provistos de tuercas de palancas. El espacio para lastre, encima del techo, tenia una altura de 1 metro 30 i se cargó con trozos de rieles inutilizados.

La cámarà de trabajo de 2 metros de alto se puso en comunicacion con el exterior por medio de tres cilindros verticales: uno que servia para la entrada i salida del personal, provisto de una esclusa de aire del tipo ordinario, otro destinado a la estraccion a las escavaciones del fondo o para la bajada de piedra para albañilería, i finalmente, el tercero para bajar el mortero.

En el segundo de los cilindros citados habia un balde de mas o ménos $\frac{1}{2}$ de metro cúbico de capacidad que se movia con la interposicion de una cadena sistema Galle, por medio de un motor de aire comprimido hasta de seis atmósferas.

El aire era llevado por un tubo especial provisto de un receptáculo para almacenarlo.

Llegando el balde a la parte superior, se cerraba automáticamente la cámarà de entrada.

El aire que movia el motor, se introducía por una série de tubos especiales i estaba comprimido hasta seis atmósferas.

Por lo demas, los planos adjuntos de los cajones (figs. 2, 3, 4 i 5), dan todos los detalles.

Aquí debo observar que la operacion regular del motor con cilindro oscilatorio i la trasmision de la fuerza por medio de ruedas de friccion, dejó bastante que desear, sucediendo que repetidas veces se descompuso la cadena Galle. Ademas, un solo tubo para la subida i bajada de los materiales era insuficiente para una explotacion ventajosa. El resultado de esto fué que siempre tuvo que limitarse a seis el número de albañiles en cada cajon, a pesar de haber espacio suficiente para ocho o nueve.

Dos tubos para la entrada i salida de los materiales colocados próximamente a las estremidades del cajon, habrian facilitado tambien la distribucion de los materiales en la cámara de trabajo.

Las oscilaciones de la marea que eran de 1 metro 50 mas o ménos, por término medio, dieron bastante que hacer para mantener el cajon a un nivel mas o ménos constante, por lo que continuamente era necesario aumentar o disminuir la longitud de las cadenas de suspension.

III

DESCRIPCION DE LA OBRA EJECUTADA

Disposicion jeneral i dimensiones principales.—Antes de proceder a describir la construccion del dique, creo conveniente entrar en algunos detalles acerca del proyecto definitivamente adoptado, valiéndome de la lámina VI.

Como se vé en el plano horizontal i corte longitudinal, el dique tiene una longitud de 200 metros i un ancho variable, pues en una longitud de mas o ménos 70 metros a contar desde el hemiciclo, el ancho del dique es inferior en 6 metros al que se le ha dado al resto; de tal modo que en él se distingue una fosa grande i una fosa chica. Esta disposicion que no puede considerarse ventajosa, se debe a modificaciones posteriores del largo de la construccion que se ha querido realizar sin aumentar el cubo de albañilería.

La fosa grande tiene en su boca una gran ranura, i otra a mas o ménos 20 metros de distancia de la ranura que se encuentra a la entrada de la fosa chica, por medio de las cuales pueden hacerse varias combinaciones.

En el centro de la solera circular de entradas hai, como en el proyecto Dirks, a contar del nivel de pleamar de aguas muertas, 9 metros 25 de agua; pero el ancho tomado a la cota $\div 6$ metros 28 en la interseccion de la solera con el muro inclinado de mas o ménos 1 metro 32, se aumentó de 16 metros 80 a 21 metros 50.

La seccion de la ranura intermedia tiene las mismas dimensiones que la anterior, pero la correspondiente a la fosa chica, no tiene sino 8 metros 36 de agua sobre la solera i un ancho de 15 metros 50 a la cota $\div 6.28$.

El espacio libre entre los muros laterales del dique, tomado a la misma cota, es de 23 metros en la fosa grande i 17 metros en la fosa chica, muros que tienen una inclinacion de 1 metro 20, i están dotados sólo de dos banquetas de 1 metro de ancho: una a la cota $\div 3$ metros 14 i la otra a ± 0 . La cara superior de las piedras del coronamiento está a la cota $+2$ metros 35.

La gradería entre los muros laterales i el fondo, está formada por piedras planas de 0.33 m. de altura, i su ancho fluctúa entre 0.75m., 1 metro i 0.64 m.

Estas medidas fueron tomadas del proyecto Dirks, dando un resultado un tanto caprichoso en su aplicacion por el perfil de bóveda un tanto inversa propuesto por dicho ingeniero.

El perfil del radier del dique se puede decir que está mal estudiado, pues no guarda armonía con la forma plana que tienen, por lo jeneral, las quillas de los modernos buques de guerra. Así se puede notar, en realidad, que uno de los blindados de la marina chilena, el *Capitan Prat*, que tiene 100 metros de eslora, 18.50 de manga i 7.05 de calado a popa, no tenia espacio suficiente en la fosa grande, a ménos de aumentar la altura normal de los picaderos o que se modificara el perfil de la gradería, dándole una forma mas plana en la parte central.

Como esta modificacion no presentaba inconveniente bajo el punto de vista de la solidez del dique, se procedió a ejecutar el trabajo por administracion, a principios de 1895, de acuerdo con la empresa constructora.

El nuevo perfil adoptado para el radier en una estension de 63 metros 60 de la fosa grande (véase lámina VII), dió un ancho de 16 metros 38 para la parte plana, i costó 58,000 pesos (1.)

Picaderos.— Los picaderos constan de una base de fierro fundido sobre la que descansan dos trozos de roble de Maule de 0.40 centímetros de ancho. El primer trozo de madera está unido a la base de fierro por medio de pernos i este trozo, con el de mas arriba, por medio de anillos colocados en las estremidades de las piezas de roble. La altura de los picaderos era de un metro mas o ménos, la cual variaba por no ser igual la inclinacion del radier de ámbas fosas en sentido del eje longitudinal. La pendiente en la fosa grande es de 1 en 182 (5.45 m. m. por metro) i de 1 en 250 (4 m. m. por metro) en la fosa chica. La parte superior de todos los picaderos se encuentra en un mismo plano que tiene una pendiente uniforme de 1 en 160 (6.24 m. m. por metro).

La lámina VII da todos los detalles de los picaderos. No cuentan, como se ve, con cuñas de fierro semejantes a las de los empleados en el dique de Hamilton en Malta o como el dique Alexander, en Belfast, o como se proyectó en un principio para Talcahuano. Esas cuñas habrian orijinado mayores gastos, pero habrian permitido, en cambio, una esplotacion mas fácil.

La distancia entre los picaderos es de 2 metros de eje a eje, tal como fué indicado por el señor Dirks. Despues se colocaron picaderos intermedios, fundándose en el hecho de que el Almirantazgo Ingles, para hacer entrar a los diques sus blindados, no admite un espacio libre entre los picaderos, mayor de 0. 57 m.

(1) El Presidente de la República en aquella época, Vice Almirante don Jorje Montt, i el Ministro de Industria i Obras Públicas, don Juan Miguel Dávila Baeza, ordenaron la modificacion del radier bajo su propia responsabilidad, en vista de aquellas poderosas razones. Como el dique aun no habia sido entregado por los empresarios, éstos consintieron en que se hiciera el trabajo sin eximirse por esta causa de la responsabilidad que les cabia por contrato en la utilidad de la obra. El Gobierno chileno se aprovechó con bastante intelijencia del tiempo que faltaba para la espiracion del plazo de la garantía establecida en el contrato con los señores Dussaud y Chambon, para ordenar que se hiciera el trabajo con la lijereza necesaria i en vista del jeneroso consentimiento acordado por éstos.

Planos inclinados.—En las inmediaciones del hemicíclo del dique, las banquetas quedan interrumpidas por planos inclinados de 2 metros de ancho que sirven para bajar maderas u otros materiales, siendo su inclinación igual a la de los muros de las ranuras de los bancos-compuertas. No hai necesidad de argumentos para convencerse que habria sido preferible hacer los planos con una inclinación mas suave, como los adoptados por ejemplo en los diques de Jénova o de Amberes.

Escalas.—Un número conveniente de escalas de piedras facilitan el tráfico dentro del dique.

Agotamiento.—Esta operacion se efectua por medio de cuatro bombas centrífugas de 2 metros de diámetro con tubos de aspiración de 0.42 m. Están movidas por otras tantas máquinas verticales Compound, de acción directa. El vapor es jenerado por cuatro calderas de 2 metros 22 de diámetro i 2 metros 60 de largo que trabajan a una presión de 4.5 kilogramos por cm.² Estas bombas con sus anexos, son las mismas que 14 años ántes se habian adquirido para el agotamiento del pozo de fundación del proyecto primitivo. Además, existen dos bombas chicas auxiliares. Esta instalación completa, pero sin su fundación i montaje, costó 324,000 francos i fué suministrada por la Compañía de Forges et Chantiers de la Méditerranée, de Marsella.

Las cuatro bombas no se instalaron en el mismo edificio, de modo que hubo necesidad de construir dos pozos impermeables. Las bombas de la estación norte se comunican con el dique por medio de dos desagües que parten de uno i otro lado de la ranura del barco-compuerta de la fosa chica, desagües que pueden cerrarse por medio de compuertas.

La lámina VIII da un plano horizontal i dos cortes de la instalación de la estación de las bombas del norte (1).

Respecto a la capacidad de las bombas, puede decirse que trabajando todas a la vez, llegan a vaciar el dique, cuyo cubo es de 32,630 m.³, a media marea, en 6 horas 25 m. La fosa chica, aislada por su correspondiente barco-compuerta, de un cubo de 8,000 m.³, puede agotarse, con las dos bombas de la estación norte, en 3 horas 12 m. La fosa grande, que contiene 24,600 m³ de agua, puede agotarse, en caso de que trabajen las cuatro bombas, en 4 horas 25 m. Prolongando la fosa chica en 20 metros, da un cubo de 11,800 m³, i sólo por medio de dos bombas, puede secarse en 4 horas 43 m., mientras que para el agotamiento de la parte restante, de un cubo de 20,800 m³, se necesita, a lo ménos, 8 horas 19 m. pues, en este caso, la fosa grande no puede ser agotada sino por las bombas del lado sur.

Naturalmente, los períodos anotados disminuyen de un modo considerable cuando el buque que debe entrar al dique, ha desplazado ya un buen cubo de agua.

Largo útil del dique.—Respecto al largo máximo de los buques que pueden entrar al dique, fácilmente puede deducirse de las cotas indicadas en la lámina I, figura 3. Estando el barco-compuerta, que tiene 4.5 metros de ancho en la ranura estrema, el largo útil, medido a la altura de la banqueta a la cota ÷ 3.14 es de 188 metros en números redondos. La fosa chica puede dar 63 metros i 83 metros, respectivamente.

(1) Esta lámina se dará en el número siguiente de los *Anales*.

IV

COMIENZO DEL TRABAJO

Dragado.—En primer lugar debió dragarse la capa mas blanda del fondo, operacion que pudo llevarse hasta la cota $\div 5.50$, siendo necesario continuar con aire comprimido el derrocamiento hasta llegar a la profundidad requerida.

Profundidad de las excavaciones.—Habiéndose proyectado el fondo del dique a la cota $\div 9.75$ inmediatamente despues del umbral de entrada, i juzgándose necesario un espesor de 3.5 metros para el fondo del radier a fin de quedar a salvo de toda eventualidad, hubo que llevar las excavaciones hasta $\div 13.25$. Sin embargo, se acordó, despues de muchas dificultades i en vista de la forma de bóveda adoptada para el perfil del radier, que bajo los muros laterales bastaria una profundidad inferior, naciendo así los perfiles para las excavaciones del fondo que se indica en la lámina VI.

Programa.—Ahora bien, el programa de trabajo adoptado, que se siguió con buen éxito fué el siguiente:

En vez de escavar el fondo con la ayuda de los cajones, en toda la estension que ocuparia el dique, se limitó la operacion tan solo a la formacion de un canal estrecho hasta las cotas $\div 11.45$ metros i $\div 11.85$ donde se emplazarian los muros laterales levantándose así hasta el nivel de alta marea.

En seguida se procedió a construir una atagüa provisional, se agotó el pozo así formado i de este modo se pudo escavar al aire libre la roca del fondo del mar en el espacio comprendido entre los muros laterales, hasta la cota correspondiente.

Hecha esta excavacion, se construyó el radier de albañilería i se procedió a su revestimiento con piedra canteada.

Pozo de ensayo.—Antes de adoptar el programa indicado se hizo un pozo de ensayo en la parte del baio de Marinao que quedaba sobre la superficie del agua.

Se constató la impermeabilidad del terreno, deduciéndose de este hecho que no habria serias dificultades para agotar el recinto, durante el tiempo que faltara el radier en la fosa.

Ancho de construccion de los muros.—En este estado de las cosas, debia determinarse el espesor de los muros en su base, los que quedaron fundados a $\div 11.85$, debiendo sufrir una presion de agua de 12.75 metros durante el agotamiento.

Un sencillo cálculo demostró luego que el ancho máximo de albañilería que podia ejecutarse en un cajon de 6.50 metros, o sea 5.70 metros, era enteramente insuficiente para resistir la presion indicada.

Deseándose evitar fuerzas de tension en la albañilería, era menester, por consiguiente, dar a la base del muro un ancho de 8 metros, de manera que el fondo de las excavaciones debia tener, a lo ménos, 9 metros de ancho, agregándose aun a sus costados el talud correspondiente para evitar los derrumbes.

Dadas estas circunstancias, ni la excavacion ni la albañilería podrian efectuarse dentro de un solo ancho del cajon.

Estraccion del fondo.—Cada vez que bajaba el cajon en el fondo 1 metro, mas o

ménos, se levantaba i se cambiaba de posicion con el fin de escavar uniformemente hasta una misma hondura todo el ancho de la escavacion necesaria.

Cuando se bajaba demasiado en una misma posicion, el cajon se enterraba, presentándose entónces muchas dificultades para levantarlo. Raras veces podian hacerse las escavaciones a mano, directamente, i casi siempre era preferible removerse primeramente el terreno por medio de dinamita.

Tan pronto como las cuchillas del cajon tocaban el fondo en cualquiera parte, se procedia a la estraccion de todo el material hasta que el cajon descansaba uniformemente continuándose con la escavacion en todo el perímetro para hacer siempre el trabajo en seco con escepcion de las orillas.

El cajon bajaba lentamente. En 24 horas, trabajando en las cámaras alumbradas con luz eléctrica dos cuadrillas de veinticuatro hombres cada una, el cajon no bajaba mas de 20 o 30 centímetros, de modo que diariamente i por cada cajon, se extraian mas o ménos 35 m.³ Fijando en 5.50 metros el espesor medio de la capa escavada i en 10 metros su ancho, resulta que se estrajeron mas o ménos, 25,000 m.³ de roca por medio de los cajones.

Heterojeneidad del fondo.— La naturaleza del fondo no era en todas partes la misma. El bajo de Marinao está constituido por una roca gris-azul, clasificada como arenisca. En muchas partes el fondo removido era duro como piedra i mezclado con fósiles de crustáceos o con troncos de árboles petrificados.

En otras se encontraba una materia mas blanda que tenia el carácter de arcilla consistente bajo el influjo de la humedad.

Por lo jeneral, las capas mas duras eran gris-azules i las mas blandas amarillosas, encontrándose las primeras, a menudo, a mayores profundidades que las segundas.

Esta circunstancia no constituia una regla fija, pues a veces, habia dentro de un mismo cajon fajas de un terreno amarilloso, de algunos metros de ancho, que atravesaban el terreno el cual era, por lo demas, la materia gris-azul i mas duro. En otras ocasiones no se encontraba sino el terreno amarillo i relativamente blando.

Las dificultades apuntadas dieron lugar a muchas inquietudes, considerándose por numerosas personas como un absurdo la fundacion de la obra sobre un terreno heterojéneo, al punto de que el Gobierno exigió a la Empresa que continuara las escavaciones hasta que se encontrara uniformemente el terreno gris-azul.

Como esta profundidad era indefinida, pretender que se continuaran las escavaciones, era disponer desembolsos i sacrificios estériles. En vista de estas circunstancias, la Empresa, apoyándose en su responsabilidad financiera, pudo obtener del Gobierno la autorizacion necesaria para iniciar el trabajo de la albañilería sub-marina aun en capas ménos duras a las del terreno gris-azul.

Su confianza en el buen resultado del procedimiento, la fundó la Empresa en las siguientes razones: La mayor carga sobre el fondo la ejercerian los muros durante el período de construccion en que se agotara el pozo cerrado provisoriamente. La presion del agua seria entónces, mas o ménos, de 13 metros de altura. Esta carga máxima se ejerceria naturalmente sobre la arista interior de los muros, pudiendo alcanzar a 14 kilogramos por centímetro cuadrado. Si el terreno donde se proyectaba hacer la fundacion,

podía soportar esta carga sin sufrir compresiones perceptibles, la construcción no correría peligro.

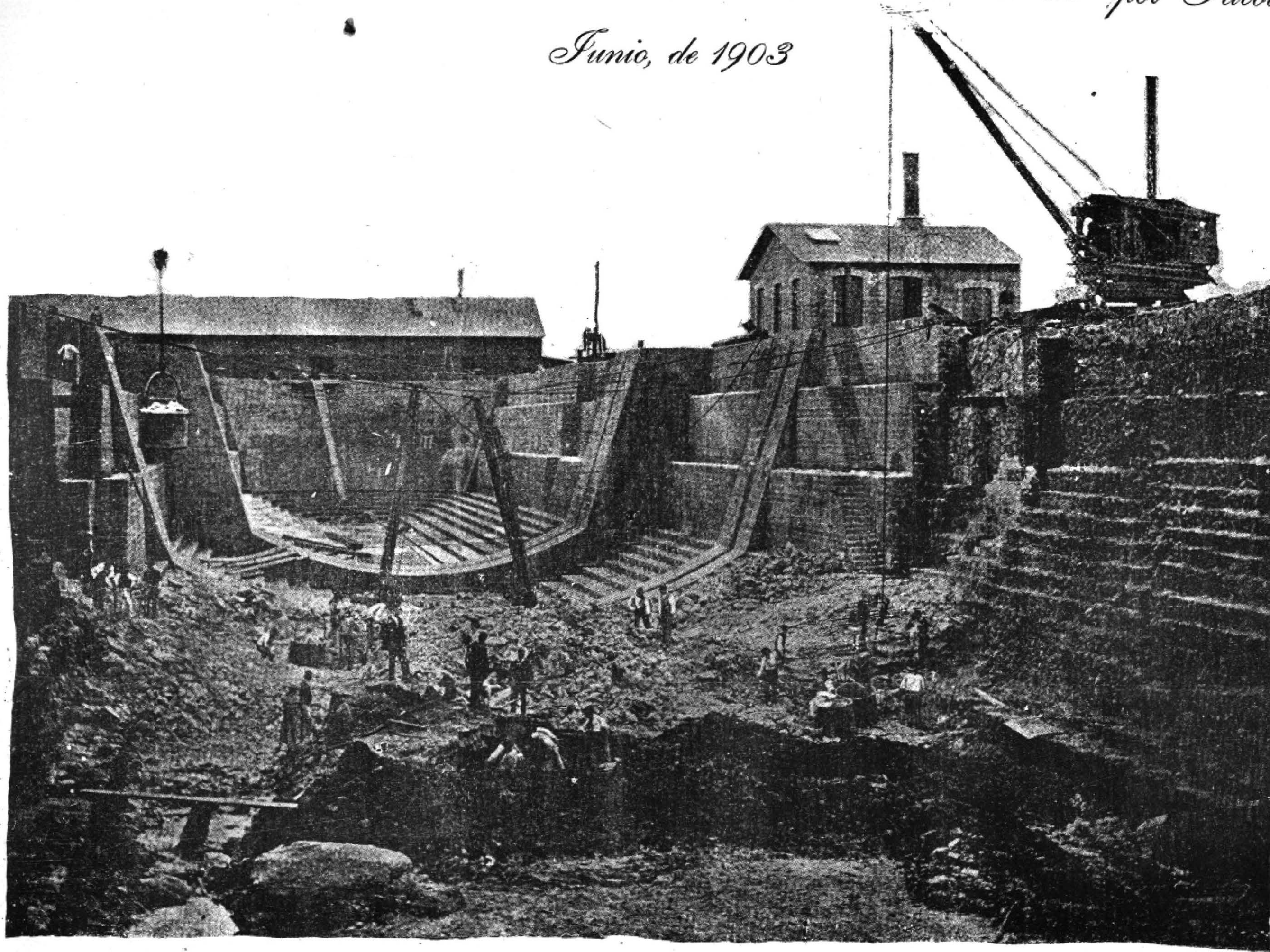
Así sucedió en efecto. Los ensayos que se practicaron dentro de los cajones por medio de un aparato improvisado con este objeto, demostraron que el terreno mas blando podía resistir una carga de 14 kilogramos por centímetro cuadrado, aplicados sobre prismas de madera de uno o de cuatro centímetros cuadrados de superficie, sin que se observaran indicios de compresión o deformación, habiéndose raspado previamente la capa delgada humedecida.

Las capas amarillas i mas blandas dieron, por lo tanto, una resistencia contra la depresión, cuádruple de la carga mayor que debían soportar, importando bien poco, en consecuencia, averiguar si las capas gris-azules pudieran soportar mucho mas todavía, hasta 60 kilogramos, si se quería, sin dar señales de hundimiento o compresión.

(Continuará).



INSTITUTO DE INJENIEROS — EL DIQUE SECO DE TALCAHUANO *por Jacobo Kraus*
Junio, de 1903



VISTA DE LA PARTE ANGOSTA YA CONCLUIDA DEL DIQUE I DE LOS MUROS DE LA FOSA GRANDE SIN REVESTIMIENTO

FIG. 1.
PLANO DE LA BAHIA DE CONCEPCION
CON INDICACION DEL PROYECTO DE LOS PUERTOS MILITAR I COMERCIAL.
ESCALA 1:100 000.

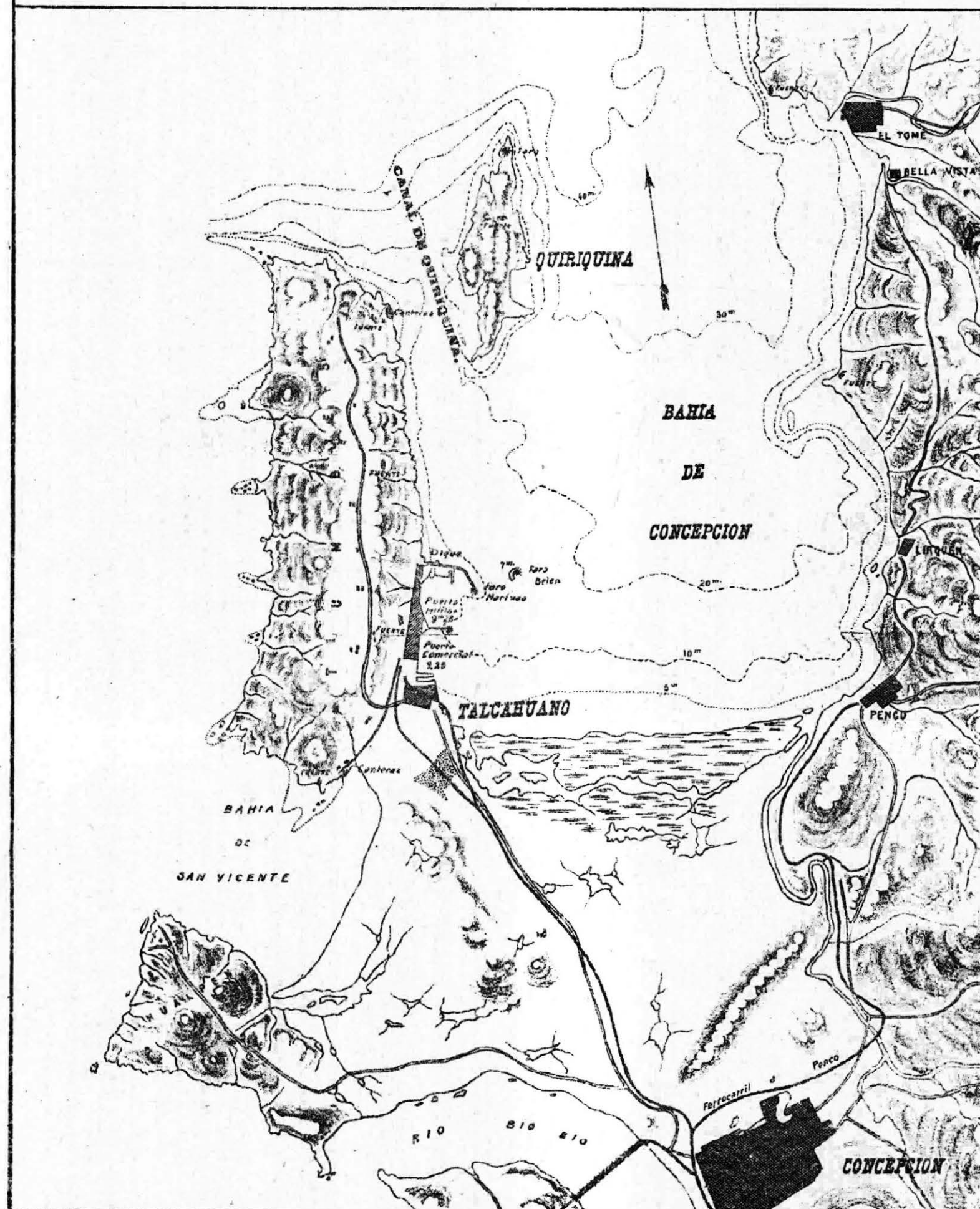


FIG. 2.
SITUACION DEL DIQUE DE CARENA DE TALCAHUANO.
ESCALA 1:4000.

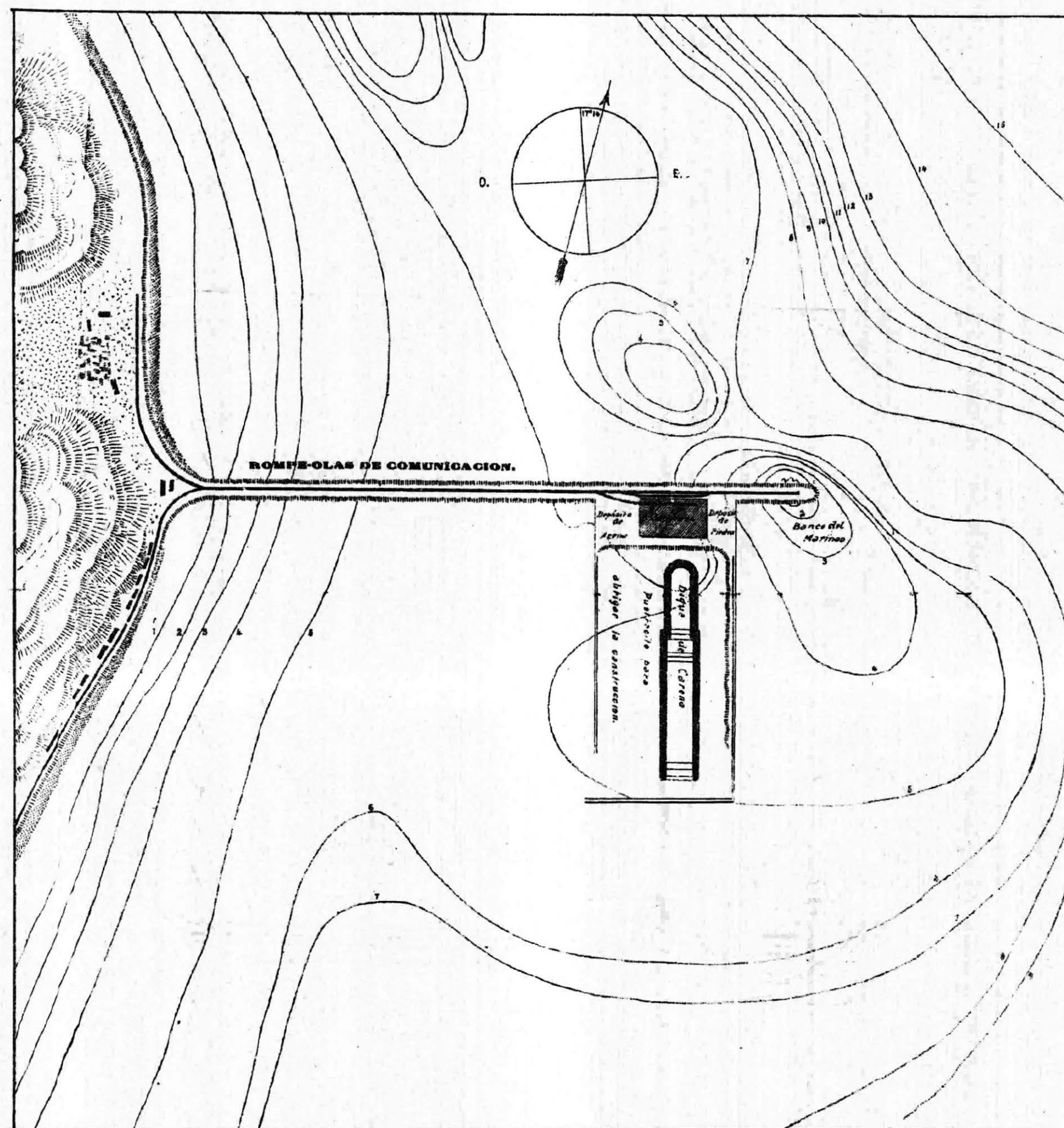
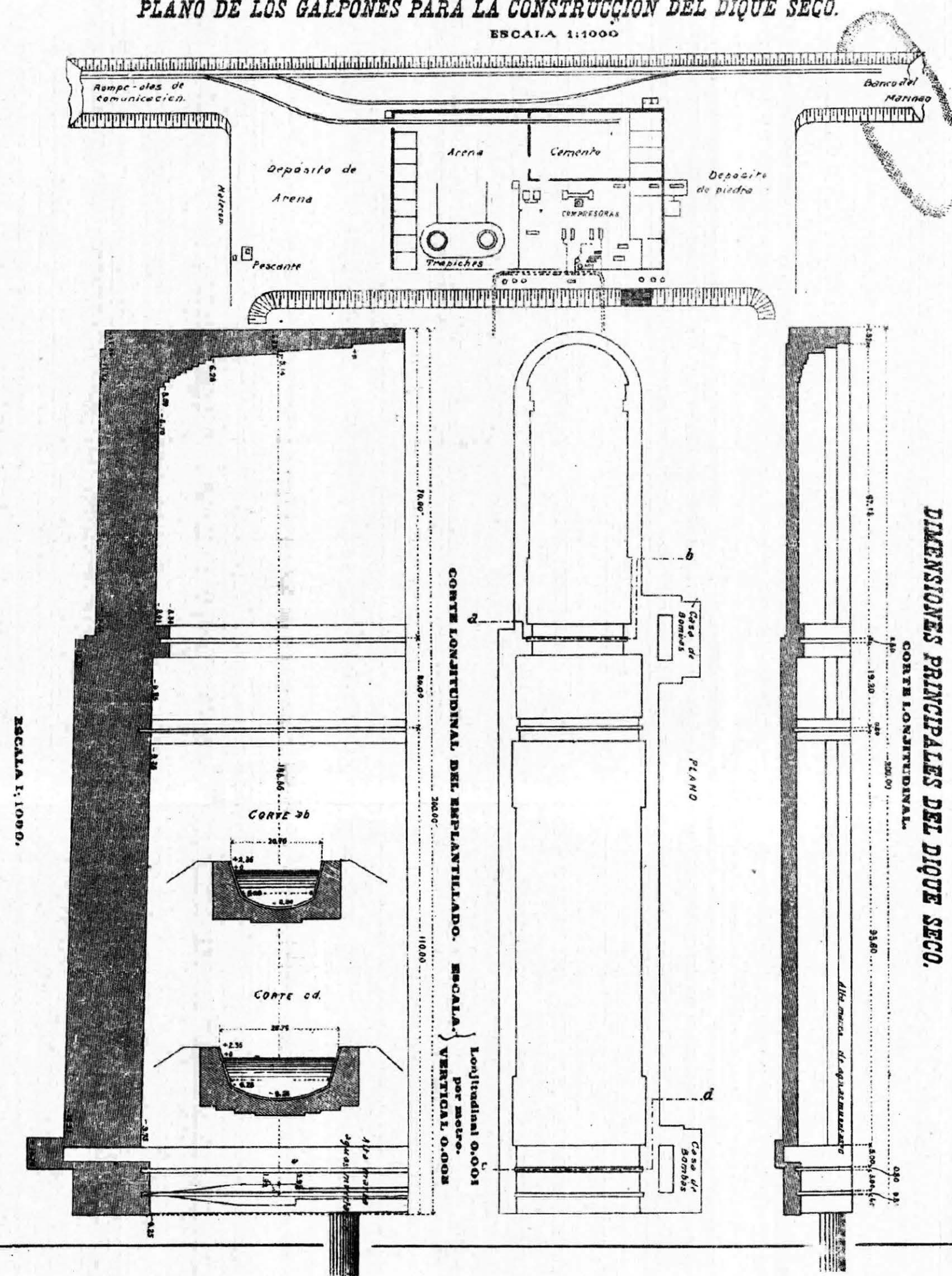


FIG. 3.
PLANO DE LOS GALPONES PARA LA CONSTRUCCION DEL DIQUE SECO.
ESCALA 1:1000



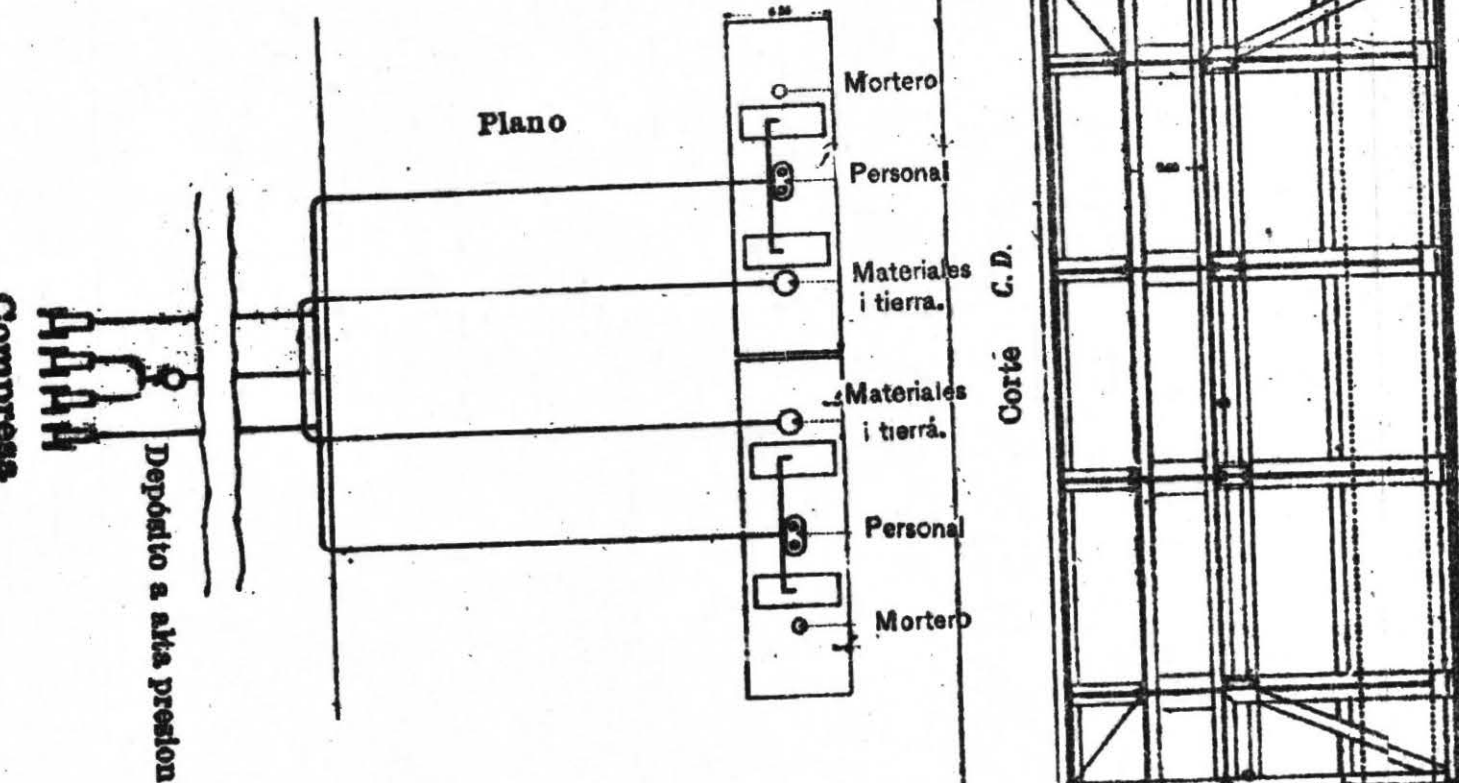
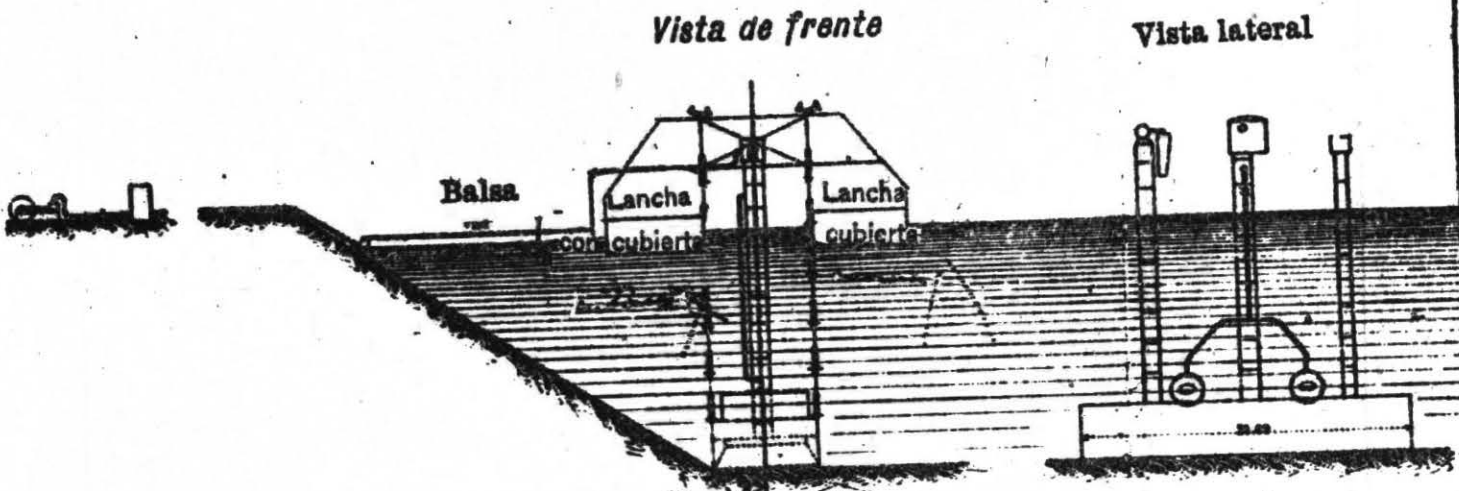
DIMENSIONES PRINCIPALES DEL DIQUE SECO.

CORTE LONGITUDINAL.

CORTE LONGITUDINAL DEL EMPLANTILLO. ESCALA 1:1000

Longitudinal 0.001
por metro.
VERTICAL 0.003

Fig. 4.
Instalacion de los cajones neumáticos

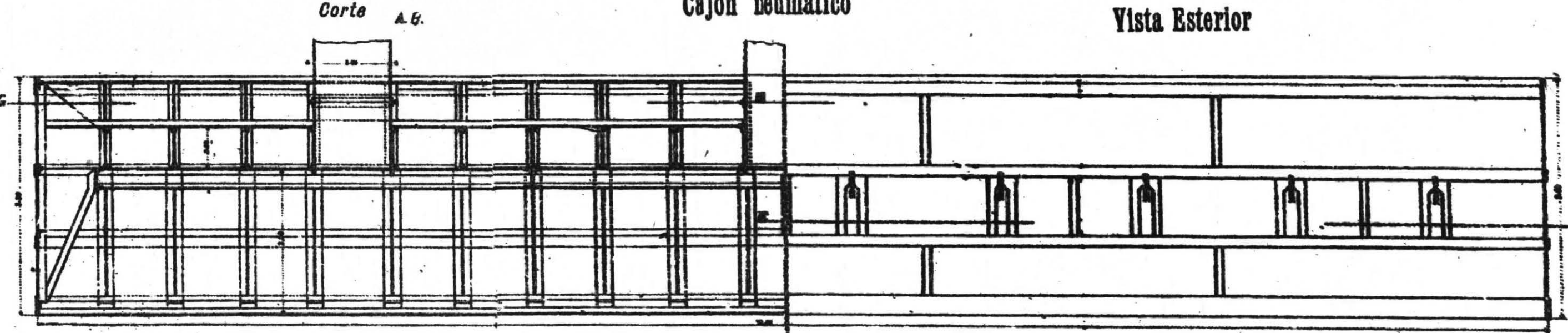


Escala 1:800

Fig. 5.

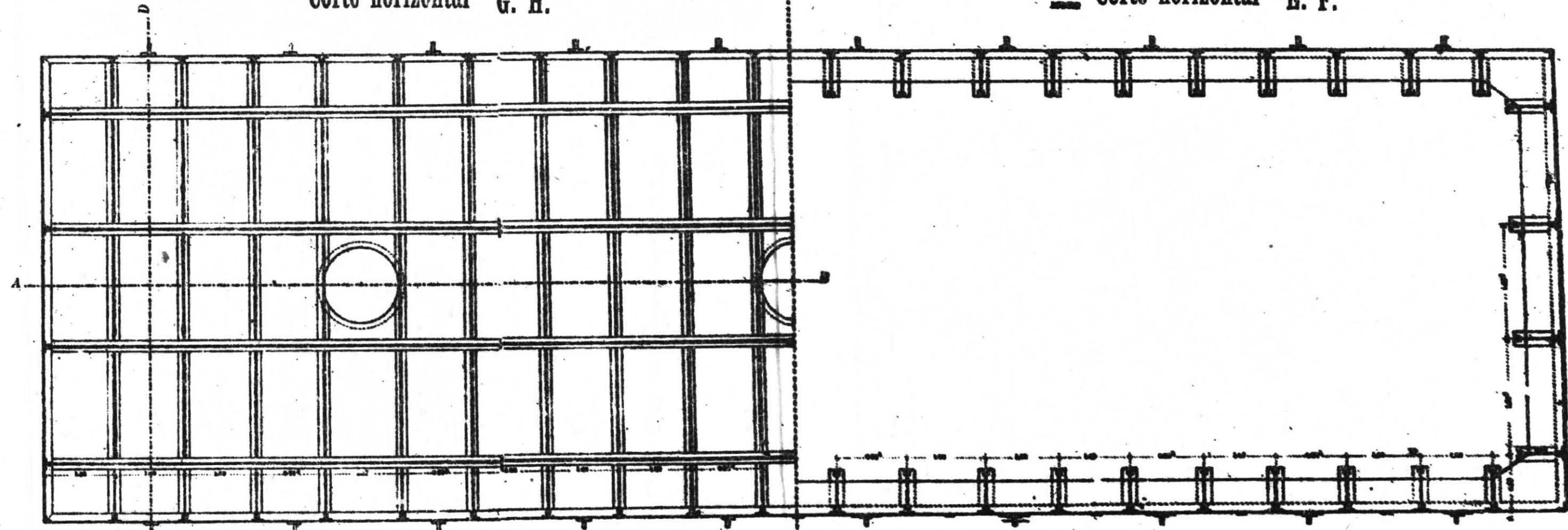
Cajon neumático

Vista Exterior



Corte horizontal G. H.

Corte horizontal E. F.



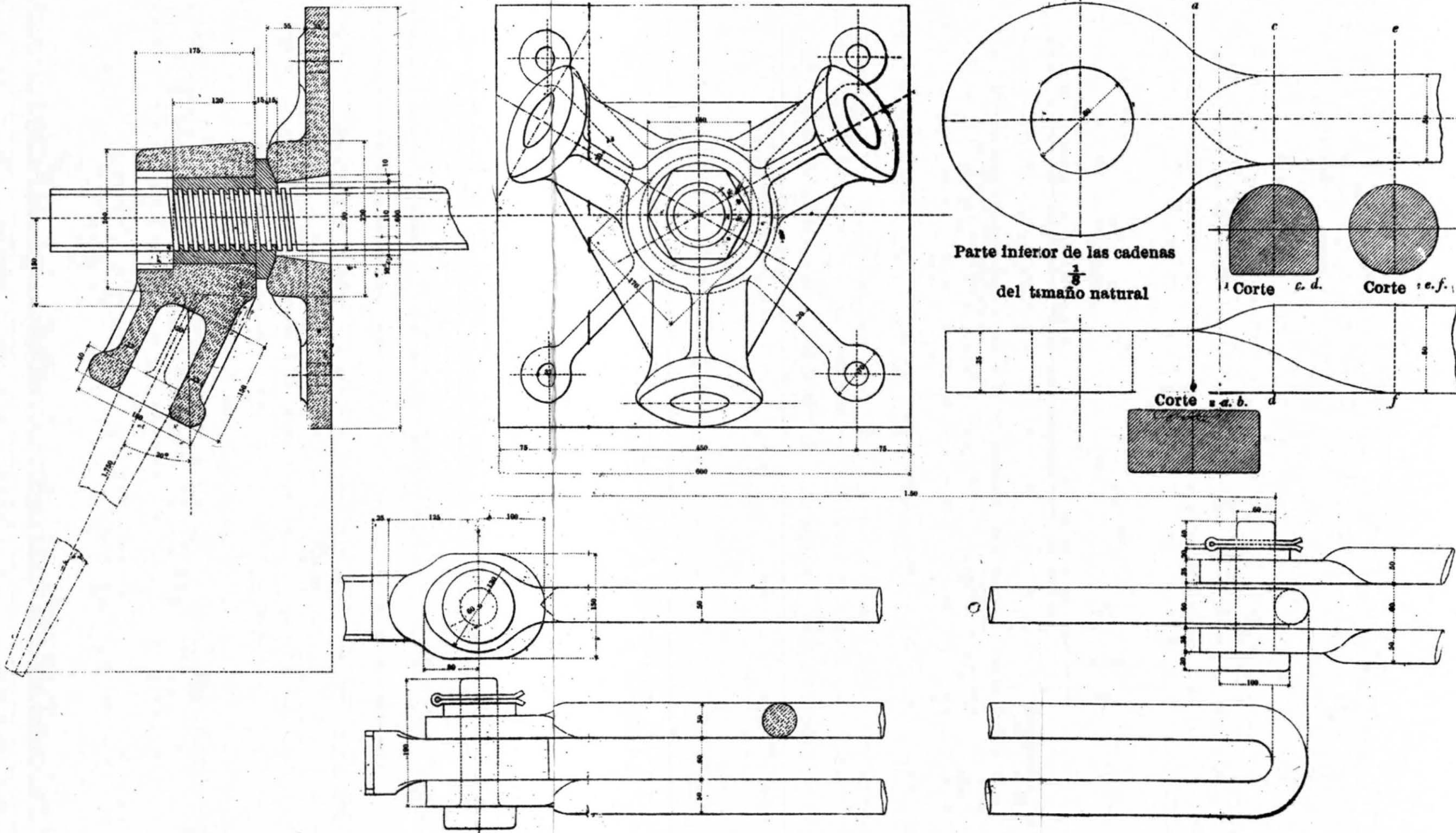
Escala 1:100

Junio, de 1903.

LAMINA III

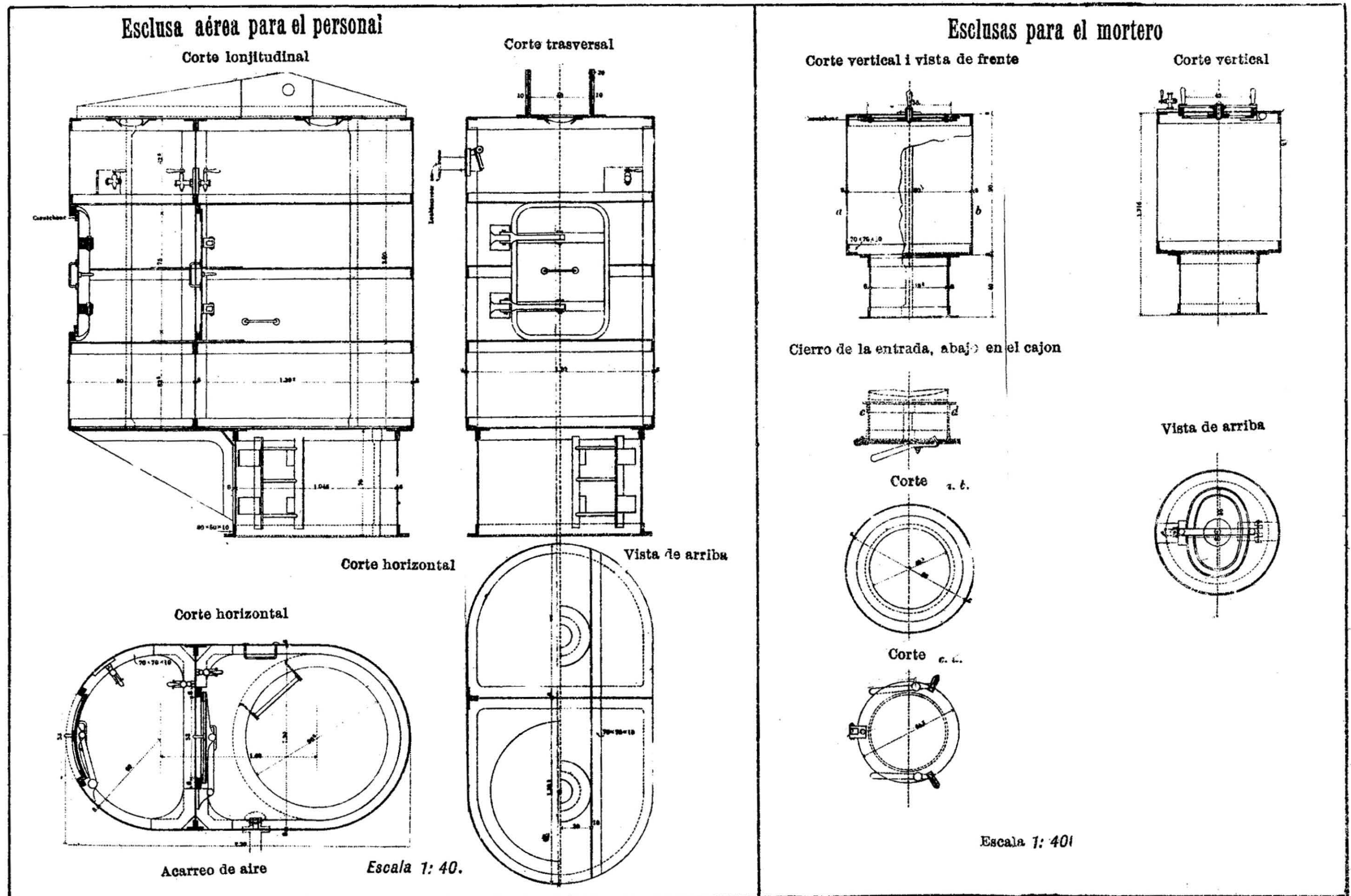
Tornillos i cadenas para colgar los cajones neumáticos

Escala 1 : 10



por Jacobo Kraus. Junio, de 1903.

LAMINA IV

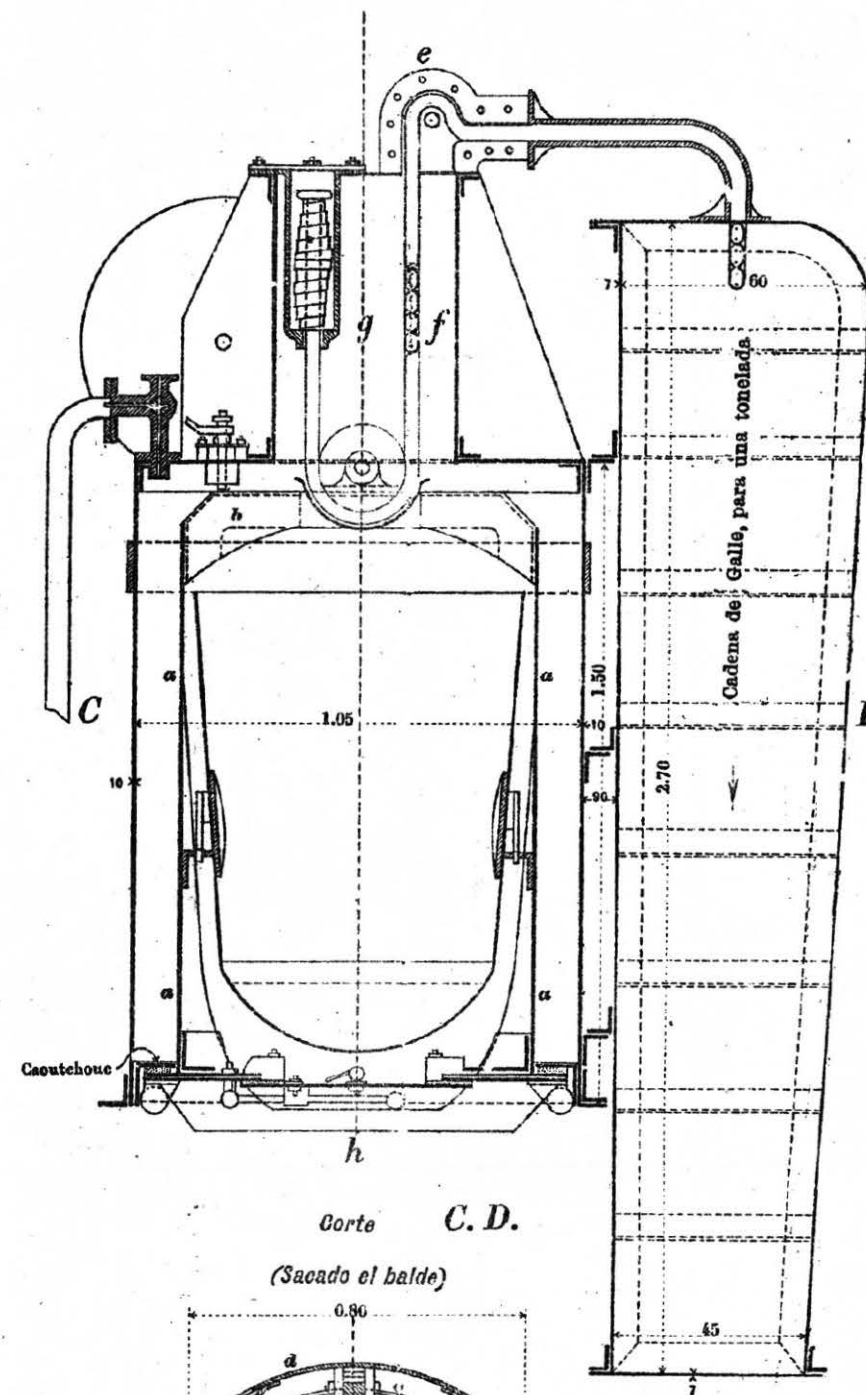
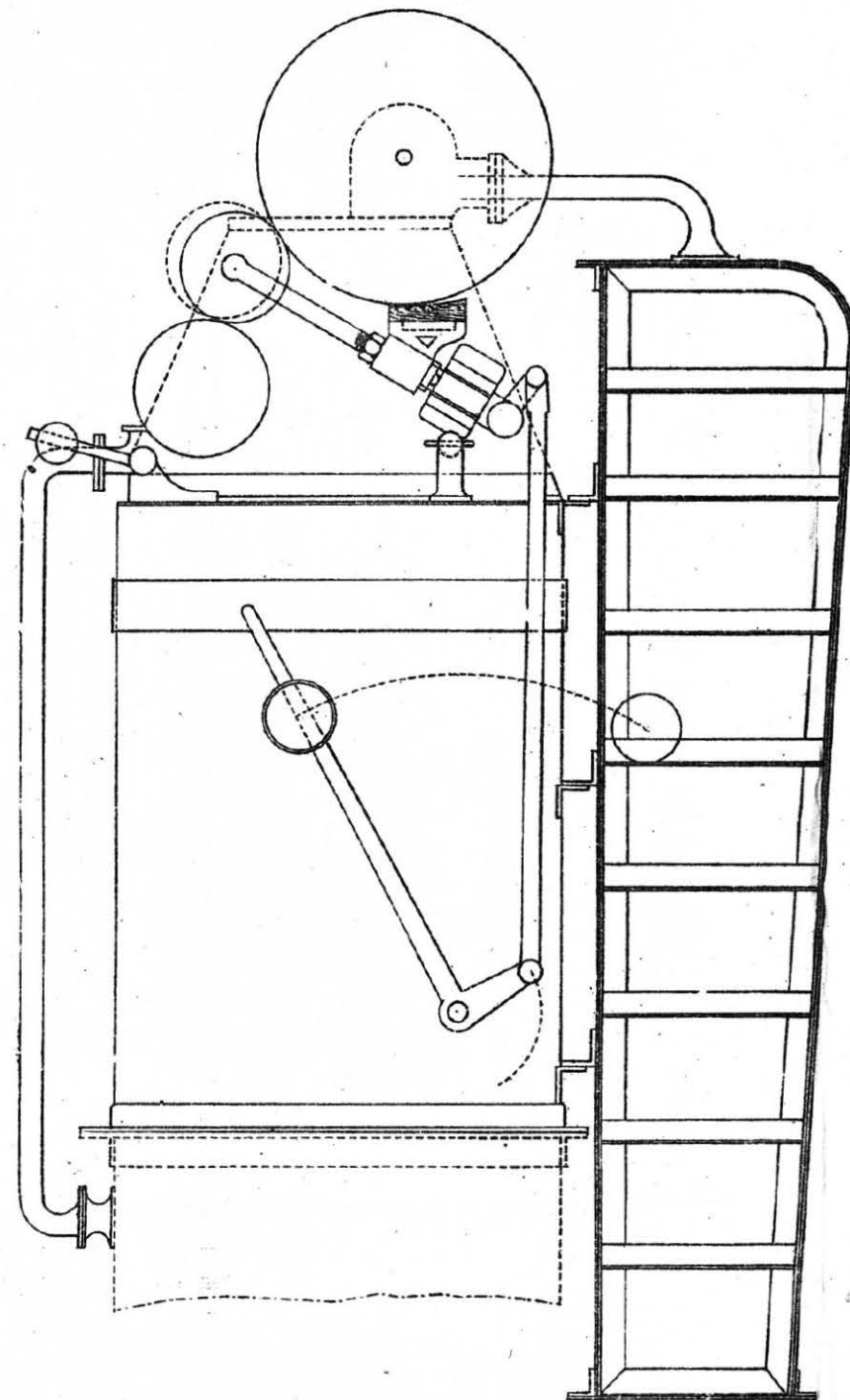


ESCLUSA AEREA PARA LOS MATERIALES

Escala 1: 20.

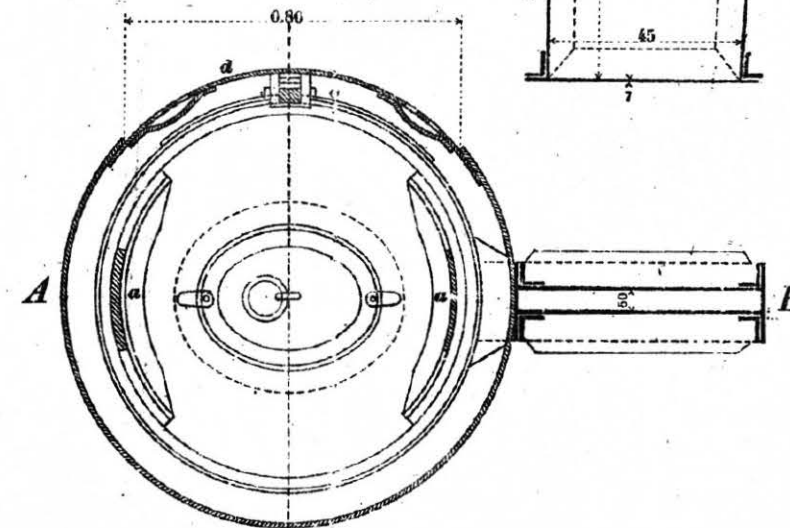
Corte A. B.

Elevacion

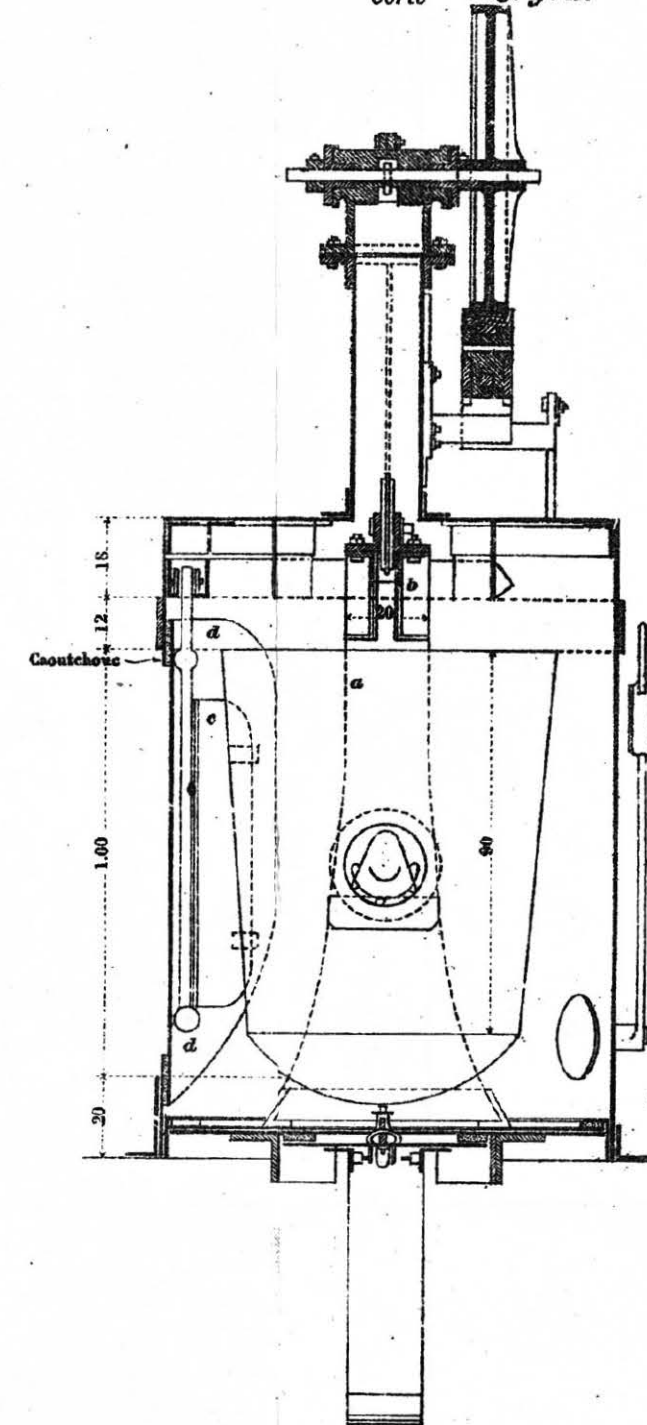


Corte C. D.

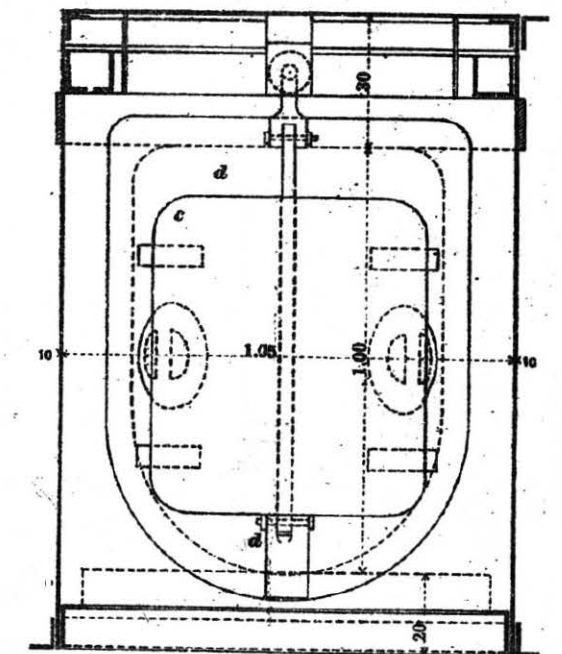
(Sacado el balde)



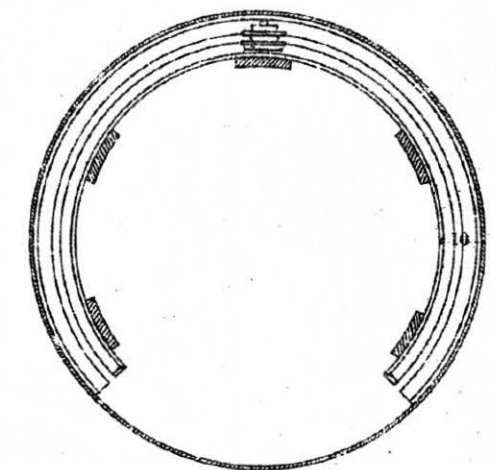
Corte e. f. g. h.



Vista interior de la puerta



Plano horizontal de las ranuras en que gira la puerta



ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE — EL DIQUE SECO DE TALCAHUANO *por Jacobo Kraus*
Junio, de 1903.

LAMINA VI

Corte A. B.

Corte C. D.

Corte E. F.

Corte G. H.

Plano horizontal

Corte I. K.

Vista de frente

Escala 1: 400.

