

EL DIQUE SECO DE TALCAHUANO

POR

JACOBO KRAUSS

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

(Conclusion)

V

EMPLEO DE LOS CAJONES PARA LA EJECUCION DE MACIZOS CONTÍNUOS DE ALBAÑILERÍA

Consideraciones generales.—Tan pronto como se hizo una parte de la escavacion se inició la ejecucion de la albañilería sub-marina. En esta última operacion la gran dificultad consistia, dadas las dimensiones relativamente pequeñas de los cajones, en unir sucesivamente los bloques, de tal manera, que dieran garantía completa de absoluta impermeabilidad en sus juntas.

Sobre esta materia de las juntas hai que distinguir las juntas trasversales de las longitudinales. Estas últimas son las que corresponden a la parte inferior de los muros, bajo el nivel de 8 metros 50, en donde los muros tienen un espesor mayor que el ancho aprovechable de los cajones.

Ranuras trasversales.—Con la ayuda de la lámina IX, en que se representa un corte longitudinal de uno de los muros del dique en construccion, se podrá formar fácilmente una idea de cómo iban construyéndose, de una manera paulatina, trozos de 20 metros de largo. Como puede verse en ese croquis, la parte no sombreada termina en un rediente compuesto de gradas de 50 centímetros de altura i de 80 centímetros de ancho. Una vez terminada esa parte del muro, i habiendo quedado el cajon profundizado, limpiado i nivelado para su posicion sub-siguiente, se le colocaba tan cerca como era posible de la grada inferior de la albañilería ya hecha, iniciándose en esta posicion la confeccion de un nuevo trozo. A medida que se subia la capa de albañilería, se levantaba el cajon, a fin de facilitar el trabajo, dada la reducida altura de la cámara.

Habiéndose ejecutado esta capa de albañilería i habiendo alcanzado una altura un tanto superior a la primera grada del trozo hecho anteriormente, quedando así colocado el bloque A, el cajon se mueve hácia atras (en la figura queda hácia el lado izquierdo),

de modo que una de las cuchillas angostas descansa sobre dicha grada. Continuándose en esta misma forma la confeccion del macizo, se ejecuta al mismo tiempo el relleno entre el muro ya hecho i el bloque A.

Estas ranuras por rellenar tenian 60 centímetros de ancho, mas o ménos, i contenian una capa de agua igual a la altura de las gradas, o sea, de 50 centímetros, las que se cerraban por ámbos extremos con muritos hechos bajo el agua, con los mismos materiales del resto de la albañilería. Estos muritos podian así recibir, inmediatamente despues, la insignificante presion de 50 centímetros de agua.

En seguida se hacia el agotamiento de la ranura, se limpiaba cuidadosamente el fondo i sus costados i se procedia a hacer el relleno con albañilería ordinaria.

Hecho un nuevo bloque de 50 centímetros de alto, alcanzando así hasta el nivel de la segunda grada, se levantaba nuevamente el cajon, teniendo cuidado de moverlo hácia atras, i se rellenaba en la misma forma el espacio entre la nueva albañilería i la primitiva.

El trabajo de albañilería no necesitaba interrumpirse durante este movimiento ascendente del cajon, siempre que se tomara la precaucion de que el nivel de la albañilería sobrepasara en 15 o 20 centímetros al de la grada siguiente donde debia descansar la cuchilla, permaneciendo de esa manera siempre en seco el recinto de trabajo. La union que se obtenia por este medio entre los bloques era completa.

Dando a las gradas la altura indicada, jamas se podrá encontrar ranuras de una profundidad superior a 50 centímetros, lo cual puede considerarse como un límite práctico, puesto que el operario con el brazo desnudo, puede hacer perfectamente impermeable la parte baja de este murito trasversal.

Ranuras longitudinales. — El procedimiento tan simple que he descrito mas arriba sólo pudo emplearse en la parte superior de los muros donde éstos tenian un espesor igual o inferior al ancho del cajon, es decir, a 6,50 m.

Desde la fundacion de las minas hasta la cota \div 8.50 m., el cajon tenia que cambiar de posicion no sólo en sentido longitudinal, sino tambien en sentido trasversal. Esto se esplica claramente por el corte trasversal (lámina IX) donde se ve la primera posicion del cajon del lado interior del muro, para confeccionar el bloque A. En este bloque se dejaba una ranura longitudinal de 60 cm. de ancho cuyo eje estaba situado a 6,50 m. mas o ménos del paramento exterior del muro, i el fondo, a la cota \div 11.50 precisamente el mismo nivel de la primera grada de la albañilería ya hecha, llegando la albañilería a una altura suficiente para poder continuar el trabajo en seco, se colocaba el cajon de modo que el cuchillo descansase sobre dicha grada, pudiéndose así agotar i rellenar con albañilería parte de la ranura trasversal, miéntras que al lado derecho de la ranura longitudinal, se hacia subir la albañilería, a lo ménos, hasta la cota \div 10.85.

Despues se cambiaba el cajon en direccion trasversal hácia el lado exterior de muro de modo que uno de los cuchillos descansase en la ranura longitudinal, i en esta posicion se confeccionaba el bloque B., debiendo provisionalmente cerrar, limpiar i rellenar la ranura longitudinal donde primitivamente descansaba el cajon. Durante la confeccion del bloque B., i descansando la orilla de atras del cajon sobre la grada a la cota \div 11 m., se rellenaba el resto de la ranura trasversal entre la albañilería nueva i la recien hecha.

Hecho esto así, llevándose el bloque hasta las cotas indicadas en la figura, se cambiaba nuevamente el cajón hacia el interior del muro con el cuchillo longitudinal en la ranura recién formada a la cota $\div 11$ m. Del mismo modo se confeccionaba el tercer bloque i así se continuaba hasta la cota $\div 8.50$ desde donde el cajón podía contener el espesor total. El único cambio que entonces había que dar al cajón, era el necesario para ir montando grada por grada, movimiento que en nada molestaba al trabajo de la albañilería.

No sucede así tratándose de un cambio transversal, habiendo necesidad en tal caso, de levantar el cajón pasando por encima de *A.*, por cuya operación se inunda momentáneamente el trabajo de la albañilería al lado izquierdo de *A.*

Inoficioso creo decir que las superficies de las capas sucesivas de albañilería de 50 cm. de espesor, se dejaban en bruto, como asimismo el fondo i las cortadas de las ranuras para obtener así una unión perfecta entre uno i otro bloque. Sólo en los extremos de las ranuras, donde debían confeccionarse los pequeños diques, era necesario ajustarse estrictamente a las dimensiones prescritas para su ancho i altura; el resto podría ser más ancho i más profundo.

De la manera indicada se confeccionaron los muros, en dirección recta, hasta la cota $\div 1$; punto en el cual, durante el período de la alta marea, el cajón podía levantarse entre las lanchas planas hasta un nivel que permitía su movimiento, pasando los cuchillos sobre la superficie de la albañilería.

En este estado se esperaban las bajas mareas de aguas vivas para concluir el trabajo de la albañilería al aire libre.

Formación de los ángulos.—El calado de las lanchas planas presentó su inconveniente para proseguir la albañilería de los muros sobre la cota $\div 2.50$ en aquellas partes en que formaban ángulos rectos, como en los pozos de las estaciones de bombas i en la unión de los muros del dique con las ataguías provisionales. (Véase lámina IX donde se ha bosquejado la unión de los muros del dique con un muro trasversal de ataguía.)

En estos casos, para proseguir la albañilería hasta la cota $\div 1$, i poder después retirar el cajón, era necesario dejar en el muro trasversal, para una de las lanchas, un pasaje de 8 m. de ancho. Este pasaje sólo pudo levantarse hasta la cota $\div 2.50$, ya que las lanchas calaban 1.50 m., estando el cajón en su mayor altura; las bajas mareas llegaban hasta $\div 1$. Aquí hubo que levantar más tarde la albañilería por otro procedimiento.

Cajón chico.—El relleno en este punto se efectuó de dos maneras. En los pozos de las estaciones de bombas, donde el trabajo debía ser definitivo, se hizo uso de un cajón chico de 4.5 m. de largo, por 4.5 m. de ancho i 2 m. de altura, el cual trabajaba suspendido de la goma flotante, la misma que sirvió para la colocación de los bloques artificiales del recinto de abrigo i tenía un poder de 50 toneladas.

Para obtener una unión bien íntima en la albañilería, se siguió aquí el mismo procedimiento de los cajones grandes i por consiguiente se dejaban gradas en los muros que limitaban el pasaje.

Compuertas de madera en las ataguías provisionales.—En las partes en que quedaba una abertura de pasaje en las ataguías, se hizo uso de una construcción de madera, la cual en la lámina IX, se explica con algunas líneas. Se compone de cuatro

compuertas dentro de una construccion de marco, formado por una solera continúa, dos piés derechos, terminales, i tres cabezales intermedios.

La solera i la parte interior de ambos piés derechos terminales, fueron encastrados en la albañilería ejecutada en el cajon, poniéndose despues los cabezales intermedios por medio del buzo.

Se aseguraba su posicion vertical por medio de vigas horizontales, apuntaladas, una a marea baja i otra mas arriba. Este modo de cerrar ha dado mui buenos resultados.

Formacion del hemiciclo.—En la formacion de la parte superior del muro del hemiciclo, se hacia maniobrar el cajon de tal modo que siempre una de las lanchas recorria la circunferencia interior i la otra la exterior, de modo que esta parte de la albañilería se hizo sin interrupcion dentro de los cajones grandes, las gradas para la union sucesiva de los bloques de albañilería tenia aqui la forma de una escalera en espiral.

Otras aplicaciones del método.—Antes de terminar la descripcion del trabajo de los cajones, aun debemos contemplar un caso especial que puede presentarse en la ejecucion de albañilerías submarinas en las partes bajas de un muro de mayor espesor. Puede en este caso suceder que entre dos partes de muros ya terminados deba rellenarse un espacio rectangular $A B C D$ (Véase lámina IX), de un ancho i largo superiores a las dimensiones correspondientes del cajon.

En un caso semejante debe colocarse el cajon, para la confeccion de cada capa de albañilería, en cada uno de los cuatro ángulos, i para hacer siempre el trabajo en seco, es necesario dejar ranuras tanto trasversales como longitudinales de profundidades iguales a las alturas de las gradas de la albañilería ya hecha. En primer lugar, se coloca por ejemplo el cajon en el ángulo A , para confeccionar en esta situacion los cuatro bloques de 50 cm. de altura que llevan el núm. 1, i que son separados por ranuras. Despues se cambia el cajon en sentido longitudinal, en vista de que este cambio puede efectuarse mas fácilmente que uno trasversal. De B se pasa en seguida a C i de C a D , para terminar la primera capa de 50 cm. de espesor i pasar a la segunda capa. Continuando así sistemáticamente, siempre se hace en seco el trabajo de albañilería.

Ubicacion del trabajo submarino.—En el trabajo submarino era preciso saber en cada momento i con toda exactitud, la ubicacion i la profundidad de las gradas i ranuras que se formaban. Para esto resultó ser de absoluta necesidad fijar con precision la situacion del cajon, i trasportarla a un plano cada vez que se cambiaba de lugar. Con este objeto se hizo uso de balizas colocadas en los muros de bloques del recinto de abrigo i de cuerdas colocadas en los cuatro ángulos del cajon, cuyos extremos sobre el agua, se tendian verticalmente por medio de un plomo, de manera que fijaran la situacion exacta del cajon debajo del agua.

La situacion de las gradas i ranuras en profundidad, se fijaba desde la cubierta del cajon, determinándose al mismo tiempo su nivel por medio del largo conocido de las chimeneas de trabajo i de una regla de marea. De cada situacion de los cajones se levantaba un croquis en el cual se marcaban con claridad, las dimensiones de las escalas i ranuras.

La ejecucion del trabajo submarino, significó, por consiguiente, una labor bastante

pesada para el personal encargado de su direccion i vijilancia, tanto mas, cuanto se trabajaba de dia i de noche, sin interrupcion.

Con todo esto, no fué un inconveniente para que el trabajo marchase con bastante rapidez alcanzándose a hacer, mensualmente, con los dos cajones, 3,000 m.³ de albañilería submarina.

En cada cajon trabajaban solamente 6 albañiles i rara vez siete, por ser limitado el acarreo de piedra. Cada albañil estaba ausiliado por dos ayudantes para mover las piedras pesadas i acarreo del mortero.

Cada cuadrilla trabajaba seis horas en el interior del cajon, cualquiera que fuese la profundidad en que se encontrase.

Agotamiento del dique por parcialidades.—No obstante la actividad con que se proseguia el trabajo, tardó mucho tiempo antes que los muros apareciesen en la superficie del agua, debido principalmente al largo trabajo de la escavacion submarina para preparar el asiento de las fundaciones, circunstancia que determinó a la Empresa a poner en evidencia una parte de su obra, para demostrar su bondad, ante el público que se mostraba impaciente. Para esto se resolvió no unir los muros a la entrada del futuro dique, sino, mas o ménos, en la mitad de su lonjitud, por medio de una ataguía provisional a fin de agotar i terminar los primeros cien metros, a contar del hemicycle, dejando a los cajones la tarea de la escavacion i de la albañilería submarinas hasta terminarla obra. De esta ataguía intermedia se habló ya mas arriba con el ausilio de la lámir na IX.

En el mes de Abril de 1893 se agotó esta fraccion del dique, dejándose en seco una parte del fondo del mar i demostrándose así que los muros resistian con todo éxito la presion del agua, lo cual trajo la tranquilidad i confianza al ánimo del Gobierno i del público. Ésta fué la mejor prueba de que por el procedimiento descrito se podian ejecutar albañilerías submarinas continuas e impermeables, con tanto éxito, como con un cajon grande.

Filtraciones.—Sólo en dos puntos se notaron filtraciones de alguna consideracion, localizadas en los primeros bloques ejecutados, cuyas ranuras se rellenaron con hormigon puesto en el agua i contenido por diques de sacos llenos del mismo material. Este procedimiento, que no permitia limpiar de un modo satisfactorio las paredes de las ranuras, para obtener una union íntima, resultó imperfecto, i, por lo mismo, se abandonó desde un principio.

Estas filtraciones se reconcentraban en tubos de plomo rellenando cuidadosamente su alrededor con un hormigon de superior clase, preparado con todo esmero. Despues de haber hecho presa el hormigon, se cerró la estremidad del tubo doblándolo, con lo cual dichas filtraciones desaparecian completamente.

El concepto favorable que desde un principio se formó, respecto a la impermeabilidad del fondo, resultó tambien comprobado mas tarde. Sólo en la segunda parte del dique, la cual se puso en seco un año mas tarde (Abril de 1894) despues de haber construido una segunda ataguía provisional a su entrada, el fondo submarino comprendido entre los muros del dique; mostró algunas pequeñas vias de agua, las cuales, por medio de un drenaje establecido debajo del radier, se las condujo a la fosa de timon.

Tambien hubo filtracion en la parte baja del muro longitudinal del pozo correspondiente a la estacion sur de las bombas. Este muro se ejecutó sin juntas en su longitud total de 20 m. i a fin de que bastase el solo ancho del cajon i para ganar tiempo, ademas, se le dió un espesor de sólo 5.70 m. a la cota $\div 11$ m. Este espesor era suficiente para la estabilidad del muro en razon de que los dos muros trasversales del pozo hacian en este caso el papel de sólidos machones, pero no resultó suficiente para dar una impermeabilidad absoluta o una profundidad tan grande, produciéndose filtraciones, que, por lo demas, eran de poca consideracion.

VI

ACCIDENTE DE LA GRUA FLOTANTE

Su causa.—Estando la segunda parte del dique casi en estado de ser agotado sobrevino un inesperado accidente que retardó considerablemente la terminacion de la obra.

En esa época, una gran parte de los muros del dique aparecian ya sobre la superficie del agua, mientras otra parte sólo habia podido levantarse hasta la cota $\div 2.50$. La grua flotante de 50 toneladas, con el cajon chico de 45 m. por costado, se ocupaba de rellenar una de las aberturas de 8 m. de ancho del pasaje de las lanchas, acerca de las cuales se ha hablado anteriormente. El ponton de la grua, de 24 m. de largo por 16 m. de ancho, se encontraba colocado con el objeto antedicho, entre ámbos muros del dique con la popa sobre el muro poniente, el cual, en este punto, sólo se encontraba terminado hasta la cota $\div 2.50$, de modo que la grua que sólo calaba a popa 1.50, sin lastre, no podia tocar el muro aun en las mareas mas bajas.

En estas circunstancias, sucedió que, por descuido de uno de los marineros, se colgó una ancla a popa, de tal modo que sus puntas quedaron debajo del ponton.

En medio de una noche tempestuosa, cuando el cajon tocaba la albañilería i por consiguiente lo que tenia un máximo de calado a popa, llegó al período de la baja marea quedando el ancla comprimida entre el muro i el fondo del ponton.

El resultado del accidente fué que se perforó el fondo, se llenó de agua el ponton, i la grua quedó en la situacion que se demuestra en la lámina X.

En un principio se hizo la tentativa de poner la grua a flote por medio del agotamiento del ponton, para lo cual se cerraron previamente todas las escotillas de la cubierta con el auxilio del buzo. Pero esto no dió resultado, porque la cubierta no resistió la presion, teniendo la Empresa que buscar los medios para aislar esa parte del dique.

Por este accidente, no sólo la grua flotante i el cajon chico quedaron fuera de servicio, sino que lo peor del caso fué, que la grua tomó tal situacion que los muros quedaron inaccesibles a los cajones colgados de las lanchas planas en una estension considerable.

Colocacion del hormigon debajo del agua.—Felizmente todo el trabajo de albañilería alcanzaba ya a la cota $\div 2.50$, i en estas circunstancias se resolvió terminar los muros con hormigon colocado en cajones de madera, el cual en caso de dar buen resultado

se recibiría como trabajo definitivo. En la lámina X se indica en pocas líneas el modo de operar.

Con la ayuda de una pluma montada en lancha, se colocaban sobre los muros compuertas ensambladas de 3.70 m. de largo para formar los cajones, los que, en su parte inferior, tenían mayor ancho que en la superior, a fin de facilitar su desarme haciendo saltar las cuñas en las uniones con el marco. Esta operación se efectuaba con facilidad, i tan pronto como hacia preso el concreto, se sacaban estos revestimientos de madera i eran nuevamente utilizados en otro punto.

Con la ayuda del buzo se limpiaba la parte superior de las muros i se tapaban las ranuras que quedaban entre la albañilería i las compuertas i entre dos compuertas sucesivas. El buzo también limpiaba la superficie del hormigón, cada vez que había interrupción en el trabajo, sacando la capa de lechada de cemento que se hubiera formado.

El hormigón se colocaba debajo del agua por medio de las cucharas representadas en la lámina X, las que se manejaban por medio de un aparejo colgado a una superestructura de madera.

La colocación del hormigón se hizo por capas delgadas, las que se pisoneaban con cuidado, evitando en lo posible la formación de taludes donde pudieran rodar las piedras unas sobre otras, en vista de que el buzo había observado que de este modo se formaba sobre el muro una capa de piedras aisladas que impedía la adherencia del conjunto.

El hormigón se componía de dos partes en volumen de piedra quebrantada de 5 c. m. en sus mayores dimensiones i una parte de mortero fabricado con 650 kilogramos de cemento por metro cúbico de arena. Durante la marea baja ordinaria había sobre el muro 2 m. de agua i 3.50 m. en marea alta. Sobre la cota—0.50 el muro se terminaba con albañilería.

En la parte del muro donde descansaba el pontón de la grúa no había bastante espacio para hacer la ataguía del hormigón, i fué necesario formar en una longitud de 8 m una sólida compuerta de madera apoyada en los muros de concreto i en una solera de mismo material.

Cuando las bombas pusieron en seco esta parte del dique se pudo constatar que el hormigón era bastante impermeable i se encontraba suficientemente adherido a la albañilería inferior.

Reparación de la grúa.—En este estado el trabajo, se procedió a sacar la grúa de la posición en que se encontraba, separando i cerrando con este objeto el pontón. Puesta a flote, se procedió a hacer entrar el agua, i a fin de someterla a un calafateo definitivo, se la remolcó a la fosa chica en la que ya se había terminado el revestimiento de piedra canteada i cuya ataguía provisional se había demolido previamente.

Los fotogramas explican las situaciones sucesivas de la grúa.

VII.—MATERIALES DE CONSTRUCCION

Piedra bruta.—Se ha dicho mas arriba que los bloques con que se formó el recinto de abrigo dentro del cual se construyó el dique, se confeccionaron con piedra esquitosa de San Vicente. En los muros del dique se empleó una piedra mas resistente, un buen gra-

nito, o mejor dicho, sienita, pues contiene anfíbola en vez de mica, procedente de las canteras de San Rosendo, canteras que se instalaron con este objeto i se hallan situadas a una distancia de 85 kilómetros de Talcahuano.

Los Ferrocarriles del Estado tenían a su cargo el transporte de la piedra.

Explotacion de las canteras de San Rosendo.—En la explotación de las canteras, la Empresa siguió el sistema de grandes polvorazos, tal como ya lo había empleado en Trieste en mayor escala. Siendo escasos los datos a este respecto, se indicará en seguida el modo como se han fijado las cargas en algunos casos especiales.

Los grandes polvorazos.—En el plano de la lámina X, la línea $D F$ representa el pié de la roca granítica que en parte se quería hacer saltar. Con este objeto, se instaló a una altura de 4.4 m. sobre el nivel del terreno, una galería horizontal de 0.80 m. de ancho por un metro de alto, en una longitud de 12 m., desde cuyo extremo partían ramificaciones a derecha e izquierda sobre longitudes de 7.40 m. i 10.80 m., respectivamente.

Estas galerías laterales terminaban en pozos verticales, los cuales, mas o ménos a la altura del suelo, recibían un ensanchamiento destinado a depósito de la pólvora.

Para calcular el cubo de la piedra que podía removerse con una carga proporcionada a la mina, se fijaron los perfiles verticales de la roca sobre el eje de la galería (perfil $A B$) i paralelos a aquel sobre los dos pozos verticales (perfiles $C D$ i $E F$). Como la roca presentaba un perfil mucho mas reducido en la dirección $C D$, se determinó también el perfil en esta dirección tomándolo en cuenta para la cubicación (perfil $M N$). El límite hasta donde se quebraría probablemente la roca se calculó a la simple vista. Se supuso que era una línea recta $J K$, que iba subiendo desde el fondo de los depósitos de pólvora para ir a cortar el perfil de la montaña en un punto situado aproximadamente 12 m. mas al interior, medidos horizontalmente.

El perfil $C D$ tenía, dentro de estos límites, una superficie de 590 m.² el perfil $M N$, 515 m.², siendo el término medio de ámbos, 553 m.². El perfil $E F$ contenía 597 m.² siendo el término medio entre esta cantidad i la anterior de 575 m.². El perfil intermedio $A B$ no era tomado en consideración i se aceptó los 575 m.² citados como superficie media de los perfiles en la parte que se removía. La cuestión que había necesidad de resolver en seguida, era la de determinar el largo de esta parte, determinación que descansaba también en una suposición bastante vaga. Siendo la distancia de los dos depósitos de pólvora de, mas o ménos, 20 m. se supuso que la roca sería removida en 8 m., mas en ambos lados, o sea, en un largo total de 36 m. medidos al frente de la cantera. La carga de pólvora debía, pues, ser suficiente para remover 36 m. \times 575, o sea mas o ménos 20,000 m.³ de piedra.

La mina era cargada con pólvora preparada en el mismo sitio, mezclando 70% de nitrato con 15% de azufre i 15% de carbon de madera en polvo. Esta pólvora de fabricación especial, era ménos rápida i ménos eficaz en su acción que la del comercio pero en cambio resultaba mucho mas barata.

Poniendo mucha pólvora en la carga, se corría riesgo de que saltaran hacia el frente grandes bloques, lo que se quería evitar porque la línea de los Ferrocarriles del Estado pasaba a sólo 40 m. de la cantera. Ahora, si se ponía una carga demasiado débil de pólvora,

vora habia el inconveniente de perder el efecto del tiro i de gastar inútilmente tiempo i dinero.

La mina de que se trata costó unos 15000 pesos.

Fuera de lo incierto en la determinacion de la esfera de accion de la carga, la fijacion de la cantidad de pólvora que debia ponerse para remover cada metro cúbico de piedra, constituia otro punto delicado, tanto mas, cuanto que esa cantidad debia depender de la naturaleza de la piedra i de la forma estratificada del cerro.

El granito del Arenal (San Rosendo) es de la clase mas dura. Ahí se podia fijar como límite de lo que se necesitaba en: 1 kg. de pólvora para hacer saltar 3 i hasta $3\frac{1}{2}$ m.³ de piedra. De manera que para los 20.000 m.³ calculados mas arriba, se necesitaba una carga de 5,700 a 6,600 kg. Siendo la roca sana i sin fallas por donde se pudieran escapar los gases con mucha rapidez era sin duda mas prudente inclinarse al límite inferior. Así se determinó la carga en 6,000 kg. De esta cantidad, se pusieron 2,900 kg. en el pozo derecho i 3,100 kg. en el izquierdo, porque la direccion de las capas daba a suponer que se necesitaba mas fuerza de este lado que del otro.

El éxito de esta mina fué completo.

El cerro se levantó sólo un poco en sentido vertical para caer en seguida partido en bloques casi en el mismo lugar en que se encontraba, sin que saltaran piedras que impidieran el tráfico de la línea férrea que era lo que se habia previsto. Ademas, la cantidad de piedra removida, fué, aproximadamente la calculada.

Las demas figuras de la lámina X se relacionan con otro ejemplo. La línea *a, b, c, d*, representa aquí el pié del cerro del cual se habia sacado anteriormente la parte señalada en la esquina *V' F'*. En este punto se aprovechó una falla del cerro para hacer al galería principal de la mina, pensando hacer saltar solamente la parte derecha de dicha falla.

Se habia estimado aquí la cantidad de piedra por remover en 5,500 m.³ mas o menos, i la carga en sólo 1,500 kg. El resultado fué tambien tan satisfactorio como en la mina anterior.

Modo de cargar i de prender fuego a las minas.—Estas operaciones se hicieron, de la manera siguiente. Primeramente se puso en la galería un tubo *c* de madera (véanse secciones *G U*), de seccion cuadrada de 10 c. m., mas o ménos, por costado. Este tubo tenia por objeto abrigar los hilos eléctricos. En seguida se puso otro tubo de plomo cuidadosamente relleno con pólvora de grano gruesa i dos mechas impermeables.

En una mina con dos pozos para la pólvora es ventajoso i práctico que las dos explosiones se hagan exactamente al mismo tiempo. Por esta razon se ha hecho uso, preferentemente, de una máquina eléctrica. Para proceder, se unen las estremidades con una cápsula de las que se encuentran en el comercio i se pone esta cápsula en un cartucho de dinamita. Por precaucion se toman dos, uno despues del otro i se les coloca en un saco bien cerrado que contiene unos 20 kg. de pólvora granulada. En seguida se coloca cada saco en cada uno de los pozos.

En los mismos sacos terminan los ramales del tubo de plomo que han de servir para el caso de que la máquina eléctrica no funcione. Si se da a ámbos ramales el mismo largo desde el punto de separacion, la explosion efectuada por ellos seria tambien casi si-

multánea. Finalmente, las guías sirven para el caso de que el tubo de plomo no haga explosión por falta de pólvora.

Estando todo en su lugar, se cubren los pozos polvoreros con viguetas de madera para hacer descansar en ellas una gruesa capa de mampostería hecha con fuerte mezcla de cemento. Al rededor de la parte vertical del tubo de madera, se deja libre en estas operaciones el espacio necesario para poder vaciar en el pozo los sacos de pólvora.

Desde el momento en que se hace el acarreo de la pólvora es prohibido el uso de luz artificial i hasta les es prohibido a los trabajadores llevar calzado con clavos de fierro.

Estando toda la pólvora en los pozos debe protejérsela de la humedad por medio de una capa de paja. En seguida se rellena con mampostería el hueco dejado al rededor del tubo como tambien todo el largo de las galerías. En las galerías verticales i laterales se hace esta albañilería con mezcla de cemento, miéntras que la mampostería de la galería matriz se hace en seco. Así, por ejemplo, se usaba en la mina grande seis barriles de cemento.

En el pozo chico de 1,500 kg., cuyas galerías eran relativamente cortas, se juzgó prudente empotrar dos pedazos de viga gruesa (véase corte *G' H'*) por temor de que se perdieran los gases demasiado pronto quedando la mina sin efecto.

Piedra canteada.—De las canteras de San Rosendo no sólo se sacaron las piedras brutas para el dique, sino que tambien una gran parte de la que se necesitaba para cantear. Pero pronto se vió que esta cantera no podría suministrar en el corto tiempo que se tenia disponible, una cantidad bastante considerable de bloques grandes i sanos a fin de conseguir los 4,000 m.³ necesarios para la obra. Entónces se habilitaron nuevas canteras en Gomero destinadas, exclusivamente, a suministrar la piedra canteada. Esas canteras estaban situadas en la estacion del mismo nombre del ferrocarril central a 63 kilómetros de Talcahuano.

De estas canteras se sacaron principalmente las piedras planas de revestimiento, que sirvieron para unir los muros laterales con el fondo del dique. Las piedras de revestimiento de las banquetas, las ranuras de los barcos-compuertas i, en jeneral, toda la piedra de revestimiento espuesta a grandes presiones o choques, se sacó de San Rosendo, por ser la piedra de estas canteras mucho mas dura que la de Gomero. Esta última es excelente, sin embargo, para construcciones. Aunque en Talcahuano se calificaba esta piedra de granito, es el hecho que no es otra cosa que un arcocuarzo. Las canteras de Gomero suministran bloques mui sanos que fácilmente pueden partirse o elaborarse. En cuanto al costo de estas canteras, se puede decir que su precio fué la mitad del costo de la de San Rosendo.

La cantidad total de mampostería ejecutada en el dique fué en números redondos, de 50,000 m.³ i el revestimiento canteado alcanzó a una hectárea de superficie. Uno de los problemas mas difíciles que se presentaron en la construcción del dique fué el de proporcionar a tiempo la cantidad de piedra canteada que se necesitaba.

Mortero.—La mezcla que se usaba en la construcción era preparada con arena cuarzosa, limpia, sacada del estremo de la bahía de Talcahuano, denominado: «Punta Parra» i su transporte al dique se hacia por medio de lanchas. Por cada metro cúbico de esta arena se agregaron 600 kg. de cemento belga de la marca «Niel on Rupel.»

Mampostería provisional.—Los dos muros provisorios, situado el uno mas o ménos a la mitad del largo del dique i el otro cerca de la entrada, se construyeron con la piedra esquitosa de San Vicente, i un mortero compuesto de la arena negra de esta misma bahía, 390 kg. de cal hidráulica «du Feil» (rechazada para el dique por haber estado almacenada durante mucho tiempo) i 130 kg. de cemento. La destruccion de la mayor parte de este último muro tuvo que efectuarse, naturalmente, debajo del agua por medio de un cajon de aire comprimido.

Si los barcos-compuertas hubieran estado concluidos con anterioridad, o por lo ménos uno de ellos, se habria podido ahorrar una parte considerable de mampostería, puesto que habria sido fácil hacer en buenas condiciones, dentro de un cajon de aire comprimido, una ranura provisional de madera.

VIII.—BARCOS-COMPUERTAS

Quedan aun por hacer algunas observaciones sobre los tres barcos-compuertas del dique.

Se pidieron planos i presupuestos de esta clase de barcos a cuatro fábricas europeas, comprometiéndose la Empresa a mandar construirlos a aquella fábrica cuyos planos i presupuestos fueron aprobados. Nuestro consocio del Instituto, el ingeniero constructor naval i profesor, señor H. Cop, se encargó con la mejor buena voluntad de examinar los planos que se presentaran así como de la supervijilancia de la construccion. A su cooperacion i a la del ingeniero, señor L. Beau, de la sociedad belga Willebroeck, debe el dique de Talcahuano un trabajo que funciona perfectamente i que se hizo con la mayor economía.

Los barcos fueron contruidos de acero dulce con todas las exigencias que impone el Lloyd ingles para sus construcciones marítimas. Esa construccion trabaja con una tension de 9 kilogramos por milímetro cuadrado.

Los dos barcos grandes cierran una área de 246 metros cuadrados, pesan, fuera de lastre 162 toneladas i costaron 119,000 francos cada uno por construccion, fletes, armadura, etc., lo que corresponde a un gasto de 484 francos por metro cuadrado de cierre de la entrada del dique. La lámina XI da una idea de la construccion.

El lastre permanente de los barcos grandes, con un peso de 134 toneladas, debia introducirse de tal manera que cayera el centro de gravedad lo mas abajo posible; i de ninguna manera, a un nivel superior al que los constructores habian calculado. Fué posible conseguir el lastre de la densidad necesaria de un modo económico, pues sin fabricar piezas especiales se hizo uso de rieles viejos. A esos rieles se les dió el largo de las divisiones de la armadura, cortándoles ademas las dos planchas del pié de manera que podian trabarse, aprovechando aun las planchas cortadas para los intersticios i rellenando todos los demas huecos con los desperdicios de fierro elaborado, clavos viejos i todavía con arena cuarzosa.

Fuera del lastre permanente de 134 toneladas, los barcos-compuertas tienen todavía 32 toneladas de lastre de agua, que se saca de los depósitos correspondientes, para hacer flotar el barco. Sin este lastre líquido la línea de flotacion se encuentra 20 centímetros debajo del puente de flotacion. Introduciendo entónces el agua en los depósitos

por medio de las válvulas de escape, se sumerge este puente llenándose automáticamente de agua el espacio superior del barco.

La palanca de estabilidad del barco, estando este sin agua, es de 0.722 senos θ . Cuando se llenan con agua los depósitos que se hallan debajo del puente de flotación la palanca mide 0.70 senos θ . De manera que no se necesitan aparejos para equilibrar la puerta.

Se puede vaciar una parte del lastre líquido en el mismo dique, antes que éste se haya llenado completamente de agua por medio de las cuatro válvulas de los barcos-compuertas, disminuyendo naturalmente, por este medio el tiempo que se necesita para vaciar a mano los depósitos de los barcos. Pero es preciso tener mucho cuidado con este procedimiento para que no se ponga a flote el barco antes que las aguas de ambos lados no tengan el mismo nivel. Las piezas de apoyo de los barcos-compuertas contra las ranuras de la esclusa son de madera «greenheart.» Sobre estas ranuras se clavó un tejido de cuerdas, tal como se usa en Marsella, pudiéndose evitar de este modo todo género de filtraciones.

IX CONCLUSIONES

Finalmente, puede ser útil apuntar aquí algunas conclusiones a las cuales dió lugar la construcción del dique, aunque se hayan hecho valer en el curso de la presente Memoria.

El dique tiene la particularidad de poder servir simultáneamente a dos buques, i persiguiendo este objeto se construyó con un ancho menor la parte norte de 70 metros de largo. La economía que se consiguió con este menor ancho es mas ilusoria que efectiva, porque debido a la manera obligada de operar con cajones chicos de aire comprimido, éstos tuvieron que vencer dificultades muy importantes al pasar de un perfil trasversal del dique hacia el otro.

La idea de cerrar la fosa chica por medio de un barco-compuerta de dimensiones reducidas, no ha sido muy feliz. Habiendo proyectado unos cuantos metros hacia el sur la ranura respectiva, se habria podido economizar el barco-compuerta chico, bastando los dos grandes.

En vista de la ubicacion especial del dique en el banco de Marinao, en toda mar, se habrian podido proyectar entradas a ambos extremos de la obra tal como estan dispuestos los diques Tilbury, evitándose así el grande inconveniente de que un buque que entre primero al dique, tenga que esperar la salida de otro buque que entre despues a pesar de estar ya reparado el primero.

En cuanto al perfil trasversal, ya se ha hecho presente que durante la ejecución no se tuvo escrúpulos en disminuir en un metro el espesor del emplantillado de la fosa grande. Fundándose en consideraciones análogas, se habrian podido suprimir sin peligro las gradas que tanto lo estrechaban en su parte inferior, obteniéndose así un perfil mas en armonía con la forma actual de los cascos de los buques de fierro.

El número de banquetas en los muros laterales no es suficiente, ya que rara vez los puntales que en ellas descansan quedan a la altura conveniente. Se ha subsanado esta di-

ficultad por medio de la colocacion de vigas horizontales en las alturas intermedias (véase lámina XI). Sobre esas vigas descansan ahora los puntales, cuyos extremos opuestos están suspendidos por medio de los aparejos. Estos puntales tienen una parte fija i otra movable, i hai juegos de puntales de distintas dimensiones, segun sea el tamaño del buque.

Para la explotacion del dique habria sido mas ventajoso, si se hubieran colocado las cuatro bombas en un solo departamento hácia su entrada. Es cierto que dentro de los cajones de aire comprimido habria sido mui difícil dejar en los muros el hueco de una canal, pero en cambio, se habrian podido colocar cañones de 1 metro 20 de diámetro en una parte fuera de la mampostería que se ejecutaba dentro de los cajones. Así se habria podido comunicar las secciones del norte con las bombas que habrian quedado reunidas cerca de la entrada del dique. Esos cañones habrian servido igualmente para llenar el dique de un modo mas rápido i mas uniforme que lo que se hace hoi dia, por medio de las válvulas de los barcos-compuertas.

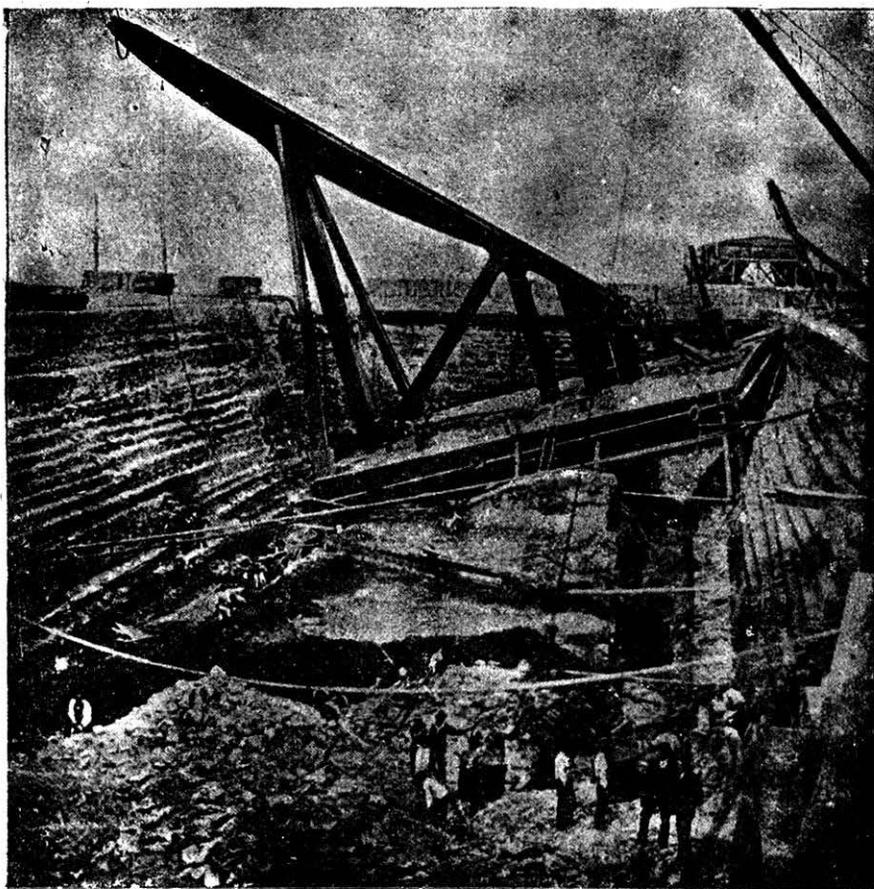
Finalmente, en vista del ancho considerable de los cimientos de los muros laterales, hechos así por la gran profundidad que alcanzan, no se necesitará probar que en la construccion, en cuanto a dar facilidades de ejecucion, habria sido preferible usar cajones de aire comprimido de algunos metros mas de ancho.

Por lo demas, los resultados obtenidos han probado con toda evidencia, que aun con cajones de dimensiones reducidas se puede ejecutar debajo del agua mampostería continua e impermeable de primera calidad.

JACOBO KRAUSS.

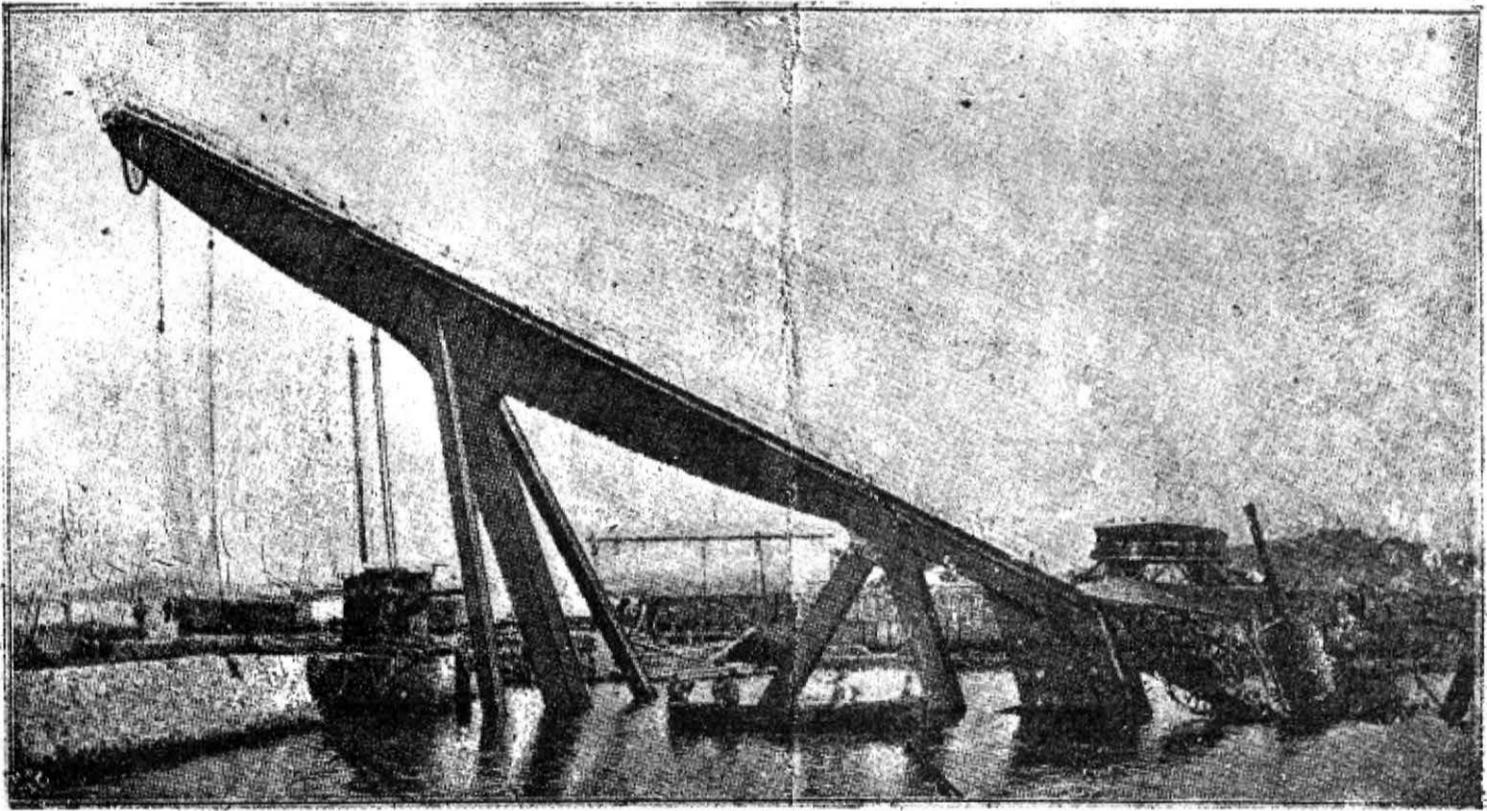


EL DIQUE SECO DE TALCAHUANO, *por Jacobo Kraus.*



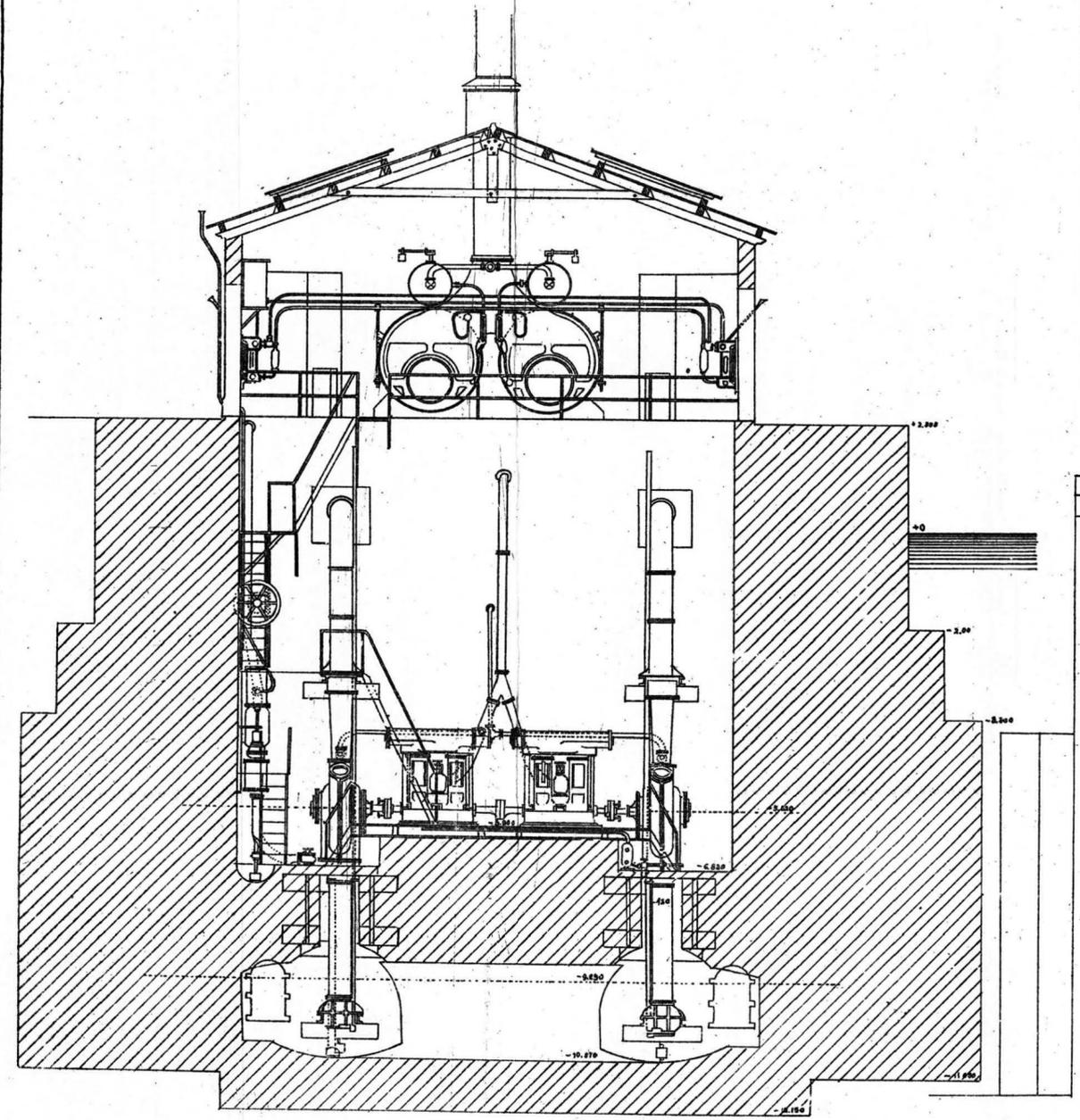
LA GRUA PUESTA EN SECO

EL DIQUE SECO DE TALCAHUANO, *por* *Jacobo Kraus.*



LA GRUA A PIQUE

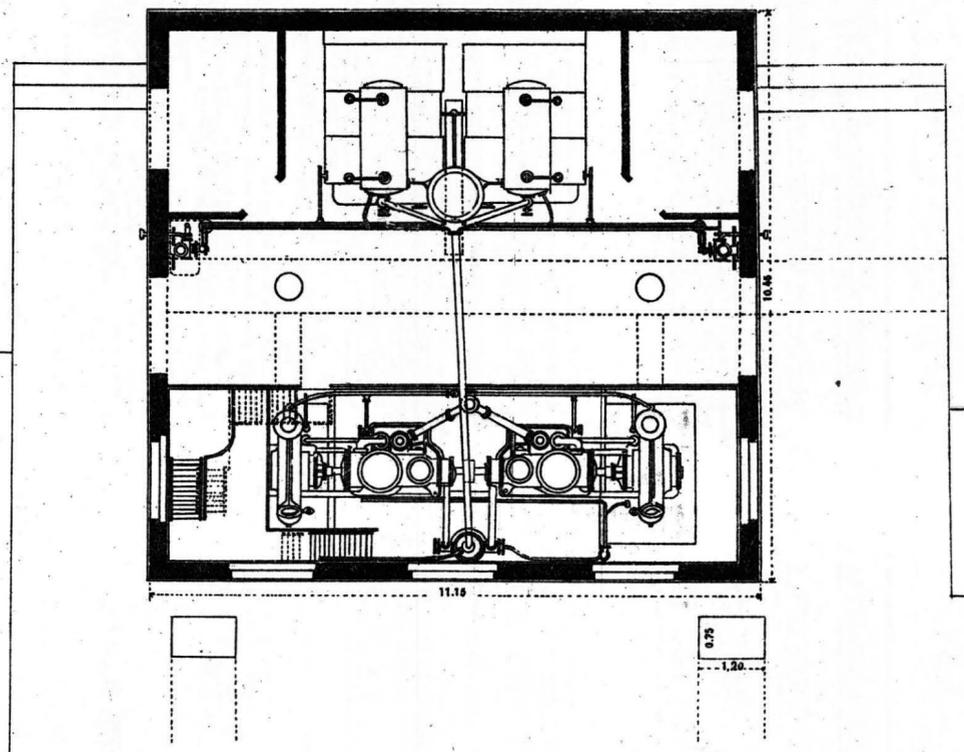
CORTE LONGITUDINAL.



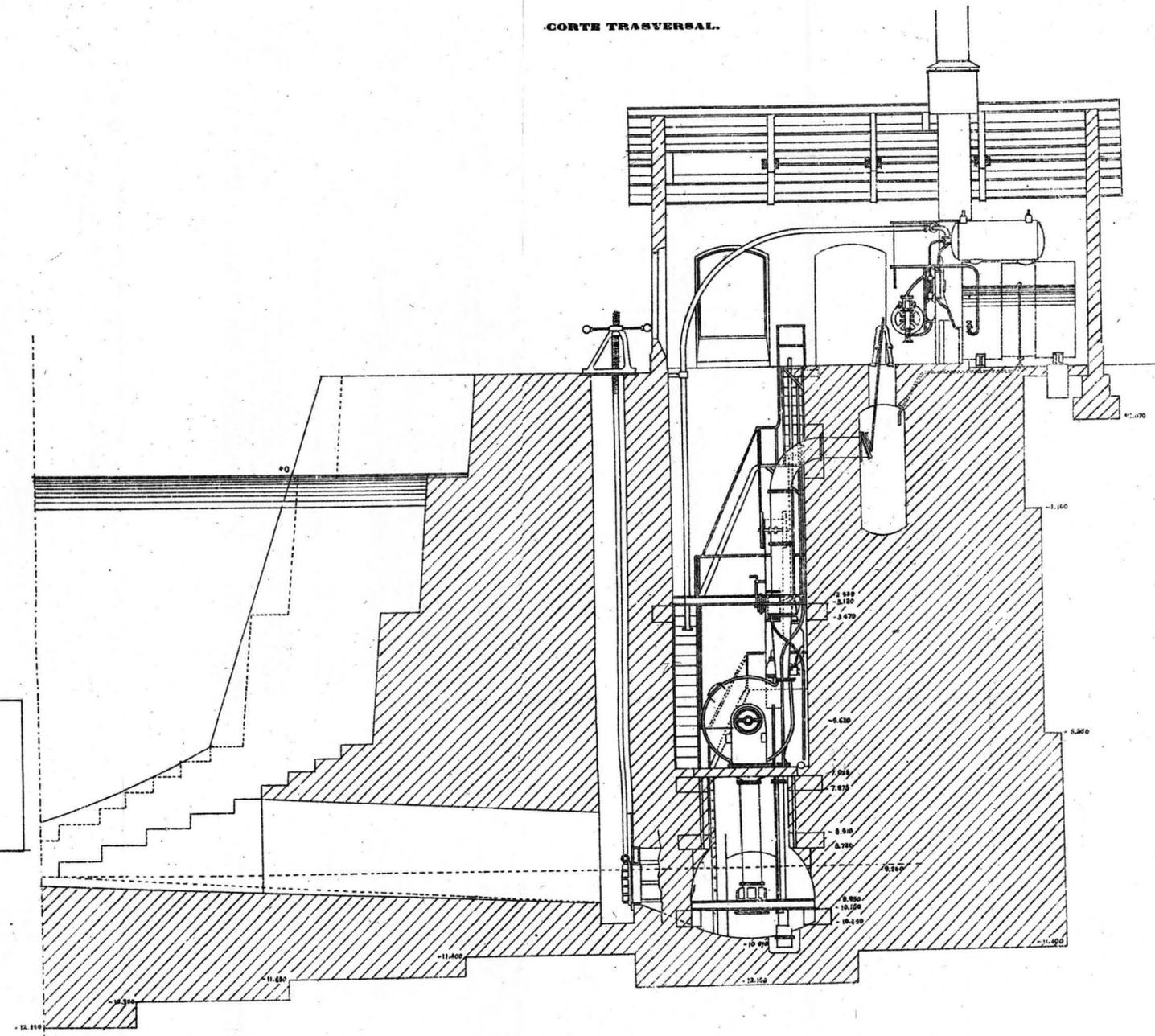
INSTALACION DE LAS BOMBAS.

ESCALA 1:100.

PLANO HORIZONTAL.



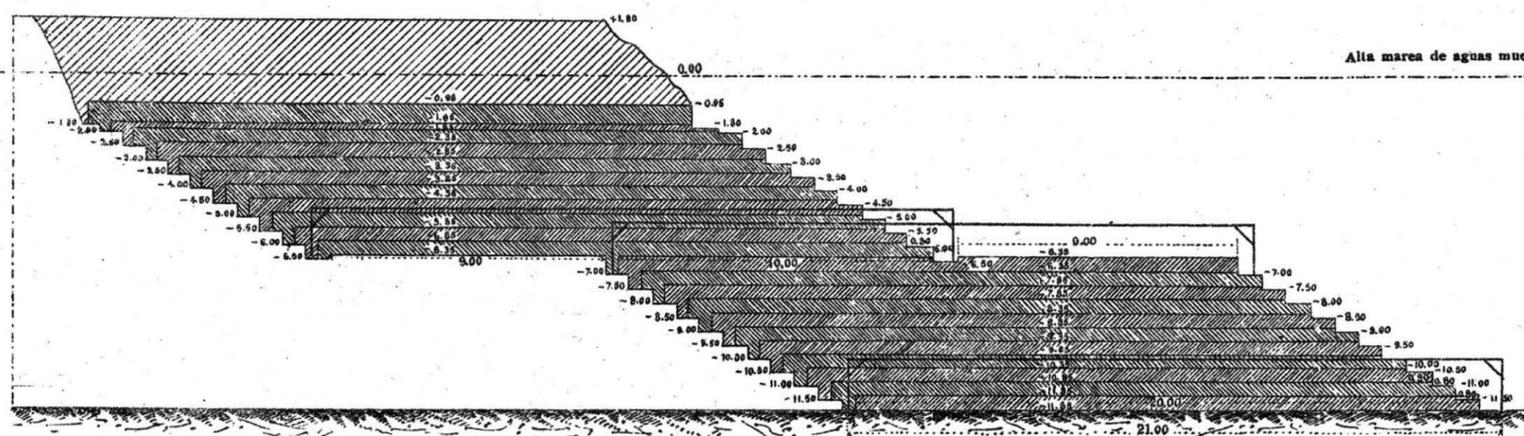
CORTE TRASVERSAL.



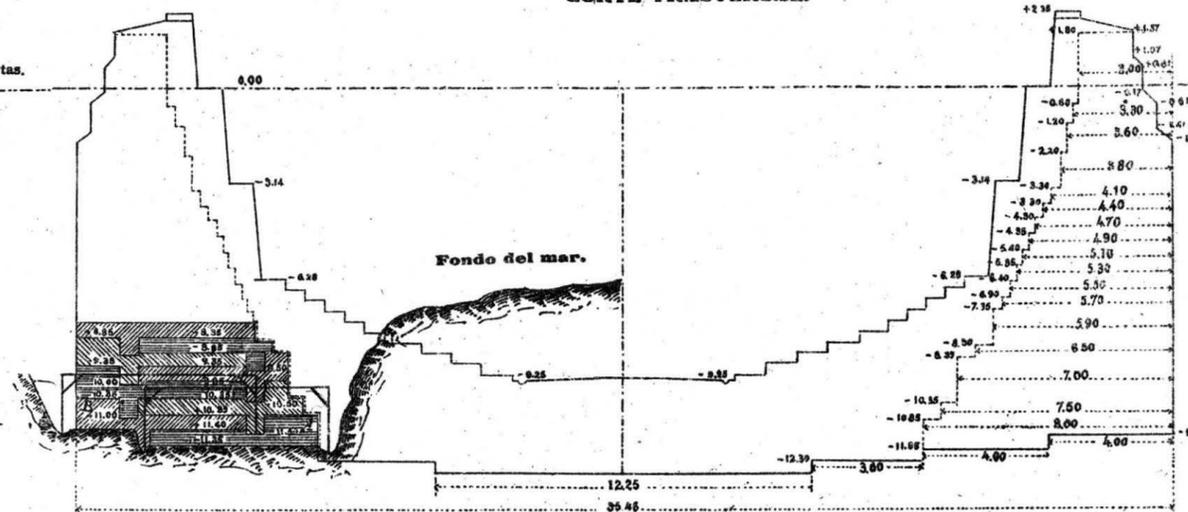
MODO DE EJECUTAR LA ALBAÑILERIA PARA EVITAR LAS JUNTURAS.

ESCALA 1:200.

CORTE LONJITUDINAL.

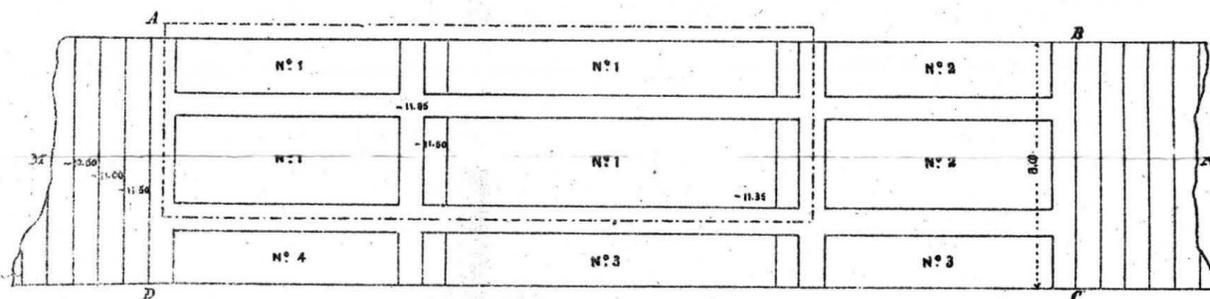


CORTE TRASVERSAL.

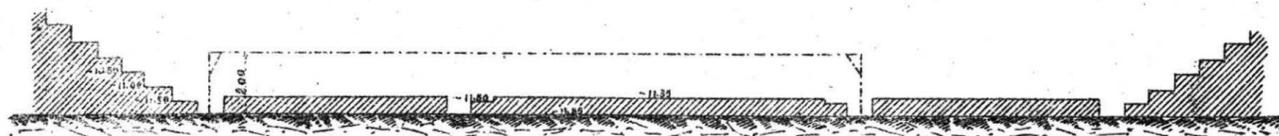


RELLENO DE UN ESPACIO RECTANGULAR

PLANO HORIZONTAL.



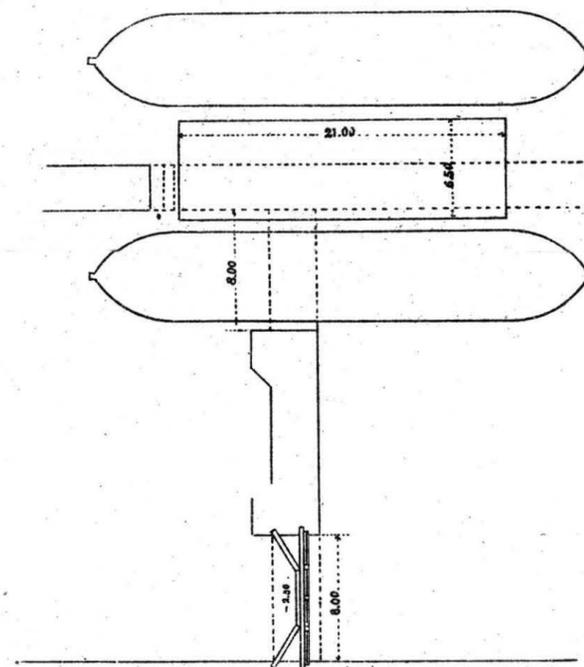
CORTE LONJITUDINAL.



ESCALA 1:200.

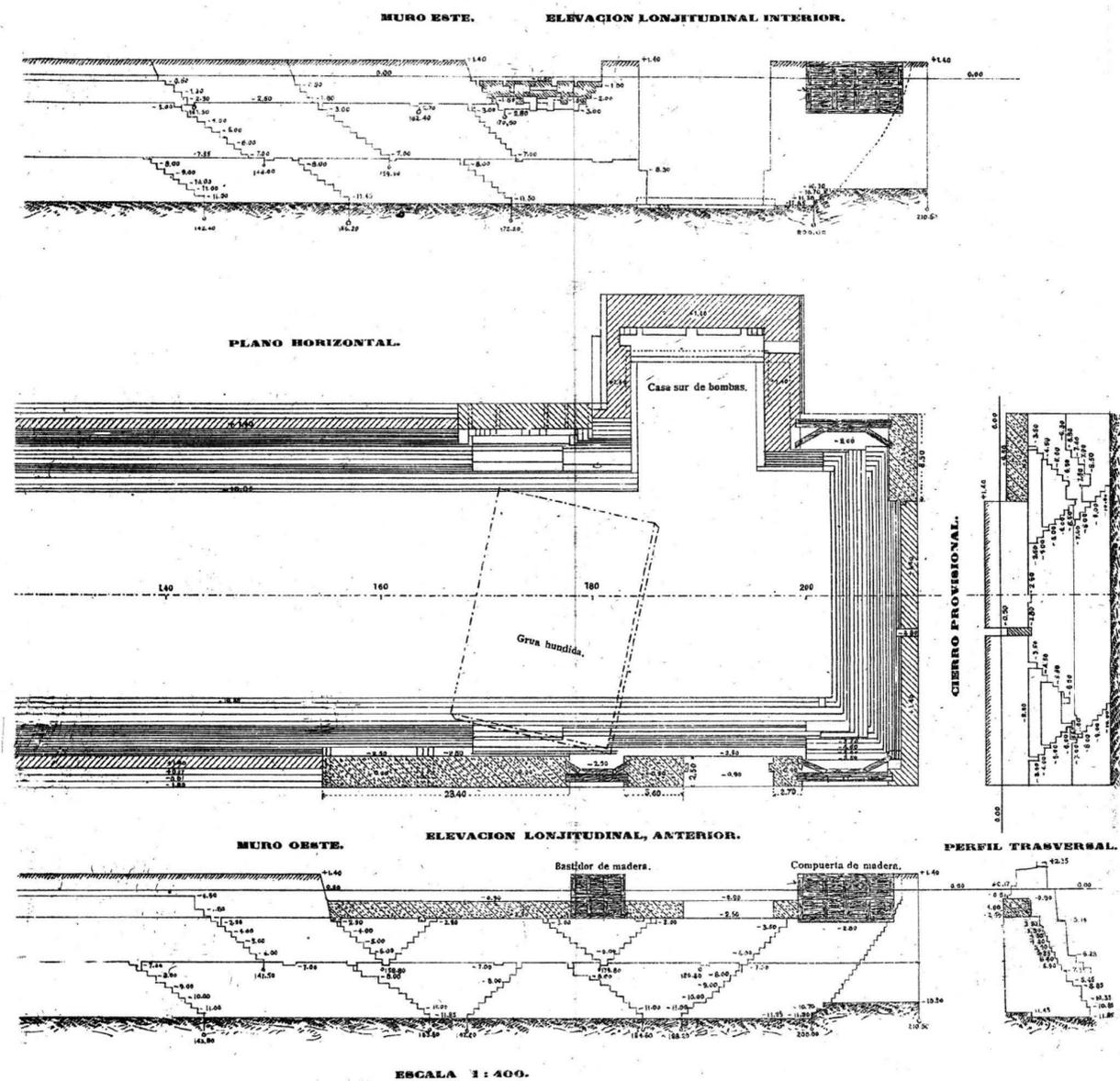
UNION DEL MURO PROVISIONAL CON LOS MUROS DE DIQUE SECO.

PLANO HORIZONTAL. UBICACION DEL CAJON NEUMÁTICO.

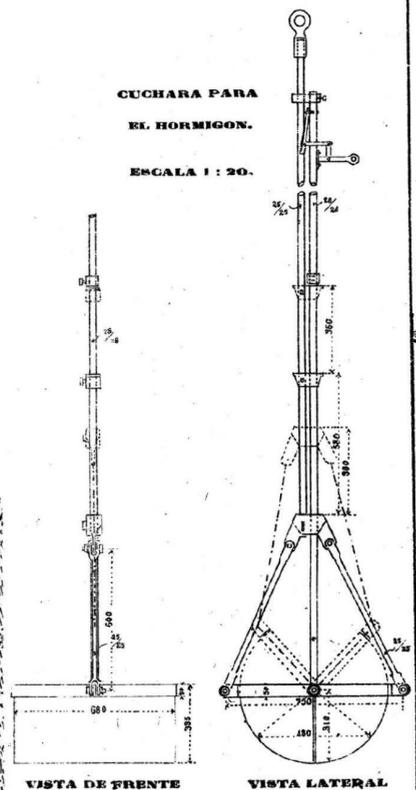


ESCALA 1:400.

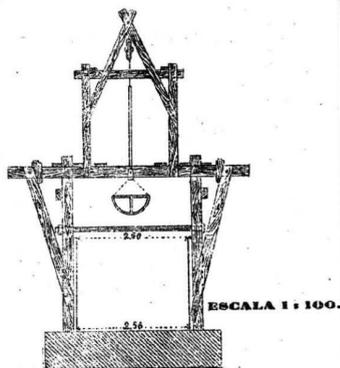
POSICION DE LA GRUA A PIQUE EN EL DIQUE SECO



CUCHARA PARA EL HORMIGON. ESCALA 1:20.



ANDAMIO I CUCHARA PARA BAJAR EL HORMIGON.



EXPLORACION DE LAS CANTERAS DE SAN ROSENDO.

