Construcción del Dique de Carena N.° 2, en Talcahuano, con cajones de aire comprimido

POR

CARLOS PAULSEN

Para la construcción de este dique se han usado dos instalaciones completas de cajones suspendidos y aire comprimido. Una de estas instalaciones ya no trabaja por no ser económica, a causa de sus grandes dimensiones, para el trabajo que queda por hacer. Ella se usó para construir la hilada de bloques de fundación de los muros laterales del dique y las cuatro hiladas siguientes hacia arriba.

Los muros, así como el radier del dique, en la cabecera norte, están fundados en roca, a la cota—15 m., contados desde el nivel medio de las mareas, o sea, desde el 0.00 de Talcahuano, y tienen una pendiente media de 1 en 300 hacia el sur; por consiguiente,—15.90 la cota de fundación a la entrada. El dique está fundado en una meseta submarina donde la roca estaba a—7 metros, término medio, bajando hacia el sur hasta llegar a—15 m. frente al marco de entrada y 19 m. en la esquina sur-este del muro de la cámara para la compuerta corrediza.

Los muros tienen en su base 9.7 m. de espesor para terminar en 4 m. a la cota + 3.

Las dimensiones del cajón N.° 1, que ya no se usa, eran de 10×16 m. y 3 m. de alto, con su respectiva cámara de trabajo de 2 m. de alto. Este cajón se colocaba en sentido longitudinal a los muros y se hacían bloques tronco-cónicos de 9.7 m. de ancho por 15.7 m. de largo, término medio, y 1 metro de altura.

El cajón N.° 2 mide 8×16 metros e igual altura al anterior, de manera que había necesidad de colocarlo en sentido transversal a los muros para dar a éstos todo su espesor y evitar juntas longitudinales en ellos.

El cajón N.° 3 pertenece a la misma instalación del N.° 2 y reemplaza a éste para construir la parte superior de los muros, desde que su espesor lo permite. Sus dimensiones son 6×12 m. y el mismo alto que los anteriores.

La instalación completa del cajón N.° 1 (lámina 1), consiste en una campana o cajón sin fondo de las dimensiones ya indicadas. Está suspendido de dos lanchas o pontones por medio de 16 cadenas compuestas de eslabones en forma de grilletes de 1.50 m. de largo cada uno, con pasador para poderlos sacar. En su extremo superior van unidos a unos tornillos de 3.50 m. de largo, que se pueden hacer subir o bajar por medio de una tuerca con palancas para mover a mano. Esta se compone de una parte inferior, que es la tuerca propiamente dicha, y una corona superior provista de unas cuñas sueltas que resbalan sobre la tuerca cuando la corona se mueve hacia atrás, y la arrastran consigo en su movimiento hacia adelante. Además, el todo está provisto de suspensión «Cardan» con el objeto de mantener la verticalidad del tornillo.

La campana lleva al medio una chimenea de un metro de diámetro, para la

entrada de los operarios y la extracción de escombros, y dos, a ambos lados de la anterior, de 0.50 m. de diámetro, para la entrada del concreto.

Los pontones están unidos por un sistema de vigas enrejadas y sobre ellas está construída la plataforma de maniobras e instaladas todas las maquinarias, como ser calderas, motor, compresoras de aire, dinamos, etc.

La campana tiene un peso total de 450 toneladas, incluso 70 toneladas de lastre en lingotes de fundición que se colocan encima de la cámara de trabajo y que producen la inmersión del cajón y su estabilidad cuando se encuentra en posición de trabajo. Para cambiarlo de situación, se levanta, manteniendo la presión interior, de manera que el peso por levantar es sólo el de la sobre carga.

La carrera vertical del cajón depende del largo del tornillo, que en nuestro caso era de 3.50 m.; por consiguiente, aquélla sólo podía ser de poco más de 2.50 metros. La amplitud máxima de las mareas en este puerto es de 2.40 m., de manera que quedaba juego suficiente. Cuando se terminaba una hilada de bloques, para trabajar en la siguiente, a menor profundidad, había que proceder previamente al acortamiento de las cadenas de suspensión. Con este objeto se levantaba primero el cajón y se colocaba a la profundidad necesaria; entonces con un tecle y cables se amarraban y sostenían las cadenas, desde el eslabón inferior al que se necesitaba sacar. Retirado éste, se bajaba el tornillo hasta engancharlo con el eslabón siguiente y así sucesivamente se repetía esta operación con las 16 cadenas.

También había necesidad de acortar la chimenea de entrada de los operarios. Para ésto el cajón está dotado de una pluma con la cual se levanta la exclusa, que pesa 3 toneladas por sí sola. La chimenea está formada por anillos de uno y dos metros de largo cada uno y su unión se hace por medio de bridas apernadas por dentro y juntura de coutchouc. Los anillos se sacan y se ponen con la misma pluma para levantar la exclusa.

La maniobra para cambiar este cajón de situación, cuando se había terminado un bloc, se hacía aprovechando la baja marea para acortar las cadenas de suspensión. Con la marea alta el cajón había subido lo suficiente para pasar por encima del bloc construido en su interior. Estos, como hemos dicho, tenían, generalmente, un metro de altura. Otras veces no era posible esperar la marea para cambiarlo de posición y entonces se llevaban más o menos 100 operarios a bordo, los que, moviendo las tuercas para levantar el cajón, lo subían lo necesario para pasar por encima del bloc, maniobra que demoraba, por lo general, de tres a cuatro horas.

Para colocarlo en la posición exacta donde se debía construír el próximo bloc, se tenían jalones, convenientemente colocados en tierra, con los cuales se alineaba el cajón, moviéndose por medio de las cadenas con que estaba fondeado. Se facilitaba esta maniobra, sobre todo en días de neblina, valiéndose de un escandallo para determinar el momento cuándo el cuchillo del cajón terminaba de pasar por encima del bloc anterior.

En el cajón N.º 2 (lámina II) los winches o aparatos de suspensión constituyen la parte más interesante de esta moderna instalación, y son una novedad en la materia. Consisten en un tornillo sin fin que, por medio del engranaje E (lámina III) mueve una rueda dentada F en la que engrana una cadena Galle con la cual está suspendido el cajón. El tornillo sin fin recibe su movimiento del eje principal por medio de los engranajes A, B, C y D. El piñón A se puede correr por medio de una palanca, a lo largo del eje principal, lo necesario para dejar libre la rueda de engranaje B y, por lo tanto, aislado este winche de los demás. Con una rueda, provista de manubrios para mover a mano y solidaria de B, se puede hacer subir o bajar la cadena de suspensión, independientemente de las otras, con el objeto de poder ponerlas todas en igual tensión. Así se tiene la seguridad, cuando se conecta con el motor y se pone en movimiento, que todas las cadenas trabajan por igual, lo que se puede comprobar en cualquier momento tocando en cada una de ellas. Además el tornillo sin fin está calculado de modo que no se pueda mover con un peso menor de 40 toneladas en la cadena, con lo cual se tiene un freno automático en el mismo tornillo sin fin para el caso de un accidente en las transmisiones, estando el cajón en movimiento. Este pesa 350 toneladas y, como las cadenas son 16, tenemos 22 toneladas en cada una, estando el cajón sin presión.

Un motor a vapor de 45 HP proporciona la fuerza necesaria para levantar el cajón y mover las compresoras y dinamos.

Los winches o aparatos de suspensión están acoplados a dos ejes paralelos entre sí que van a ambos lados del cajón, sobre la plataforma de cubierta. Uno de ellos recibe el movimiento del motor por medio de una correa y lo transmite al segundo por un tercer eje normal a ambos. El cajón se hace subir o bajar colocando simplemente la correa directa o cruzada.

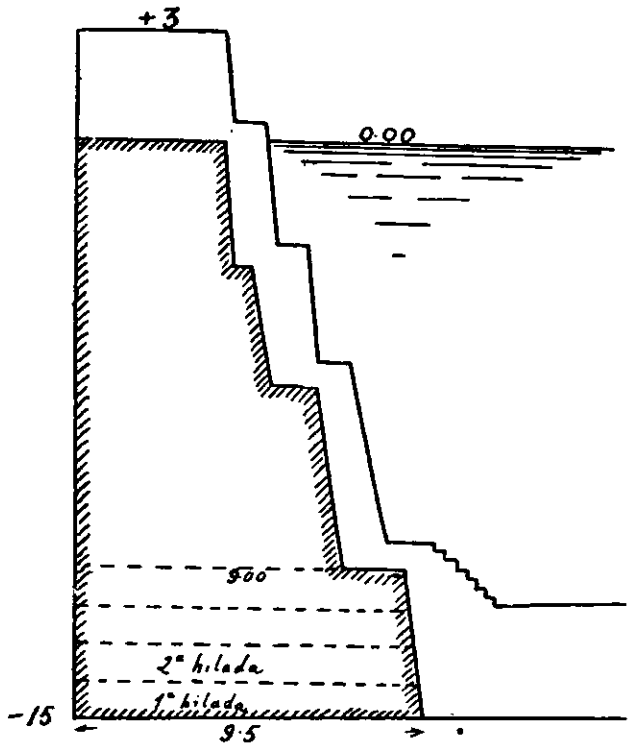
La velocidad máxima para levantar el cajón es á calculada a razón de 8 metros por hora. En caso de accidente del motor, el cajón se puede subir a mano, desconectando los winches de los ejes motores y moviendo las ruedas B a mano. En esta forma con solo 16 operarios se ha subido el cajón 1.50 metros en media hora.

Las cadenas son lo suficientemente largas para poder bajar el cajón hasta 25 metros de profundidad.

Sobre la cubierta hay también un pescante eléctrico, de 3 toneladas de poder, para levantar el concreto que se trae en lanchas de la betonera, que está instalada en tierra firme.

La instalación está dotada de dos compresoras «Ingersoll» con cilindros de 10" × 10", capaces de comprimir cada una, 5 metros cúbicos de aire por minuto a 1 kg. por cm^2 de presión. De las compresoras pasa el aire a un depósito, donde se puede comprimir a 7 kg por cm_2, y de aquí al cajón, graduando la salida, por medio de una válvula, a la presión requerida. Esto lo puso la compañía para el caso de tener que usar perforadoras para la roca de fundación, no habiendo habi-

do necesidad de usarlo como tal, pues la roca, que es una arenisca verde, se puede trabajar fácilmente con la picota. De manera que el aire pasa directamente de las compresoras al cajón, sin mayor presión que la fijada por la columna de agua sobre el cuchillo del cajón.



Esta instalación trabaja con dos cajones: el N.º 2 que mide 8×16 metros y 2 metros de altura, para la cámara de trabajo, y el N.º 3 de 6 × 12 metros e igual altura que el anterior. Este último se usa para la parte superior de los muros por ser más portátil.

El cajón N.º 2 está dotado de dos chimeneas de entrada que sirven tanto para operarios como para los materiales, siendo poco recomendable este sistema por cuanto la mezcla, que se queda adherida a la escala, hiere las manos de los obreros cuando éstos tienen que salir.

Los muros que forman el Dique propiamente tal y lo que se construyó con los cajones de aire comprimido, tienen el perfil indicado en la figura. En las cuatro primeras hiladas de abajo, lo construído al aire comprimido tiene un espesor de más de 9 metros; de manera que para trabajarlos con el cajón N.º 2 había que colocarlo en sentido transversal al muro, con lo cual se perdían 6 metros del cajón si no se quería aprovecharlos para la construcción del radier que, por estar presupuestado para hacerlo al aire libre, tiene menor precio.

Como no se contaba con el caso de la guerra europea y, por lo tanto, con la falta de cemento que cumpliera con las condiciones del pliego, se procedió a construir el Dique en dos partes, dividiéndolo por la mitad con una ataguía provisoria del mismo material que los muros laterales y destinada a ser volada con dinamita una vez terminados los muros y ataguía de la segunda parte. Con este sistema se tenía la ventaja de seguir la faena del aire comprimido en la segunda parte mientras se agotaba, se construía el radier y se revestía con piedra tallada la primera parte. A la fecha está lista para agotar la primera parte y en la segunda los muros están hechos hasta la mitad de su altura.

Al construír una hilada cualquiera se encuentran las juntas de los bloques

de la hilada inferior, o sea, los espacios ocupados por el cuchillo del cajón entre bloque y bloque. Para tapar estas juntas, se construían, en sus dos extremos, compuertas de madera con un núcleo de greda, de veinte centímetros de espesor, perfectamente amasada y apretada con pisón.

El agua que quedaba dentro de la junta se sacaba con una manguera con llave y en comunicación con la atmósfera. Abriendo la llave la presión interior expulsa rápidamente toda el agua a la superficie. Enseguida se llenaba ésta rápidamente con un hormigón más rico que el usado para la construcción del bloque. Todos los bloques quedaban trabados de manera que ninguna junta cayera encima de otra de la hilada anterior.

En las dos últimas hiladas hubo que dejar en las cuatro esquinas del rectángulo formado por la primera parte del Dique, los espacios necesarios para el paso de las lanchas de suspensión. Estos espacios tenían entre 7 y 8 metros de largo por un ancho igual al espesor del muro, y se taparon construyendo grandes compuertas de madera que se colocaron a ambos lados del muro, ajustándolas contra éste por medio de largos pernos que quedaron perdidos en el concreto. La juntura entre el hormigón y la madera se hizo estanca con greda que le iba poniendo un buzo por todo el contorno. Al agotarlos, todas las filtraciones, que siempre se producen, se calafatearon con estopa y pequeños tarugos de madera. Enseguida que quedó bien seco se le echó el concreto lo más rápidamente posible sin parar hasta dejarlo completamente lleno.

En la masa del concreto de la ataguia provisoria, se dejaron perdidos y distanciados de 0.50 m., más o menos, gran número de tubos de fierro de 0.50 m. de largo por 2.5 cm. de diámetro, con el objeto de aprovecharlos después para los cartuchos de dinamita con que se hará volar esta ataguia.

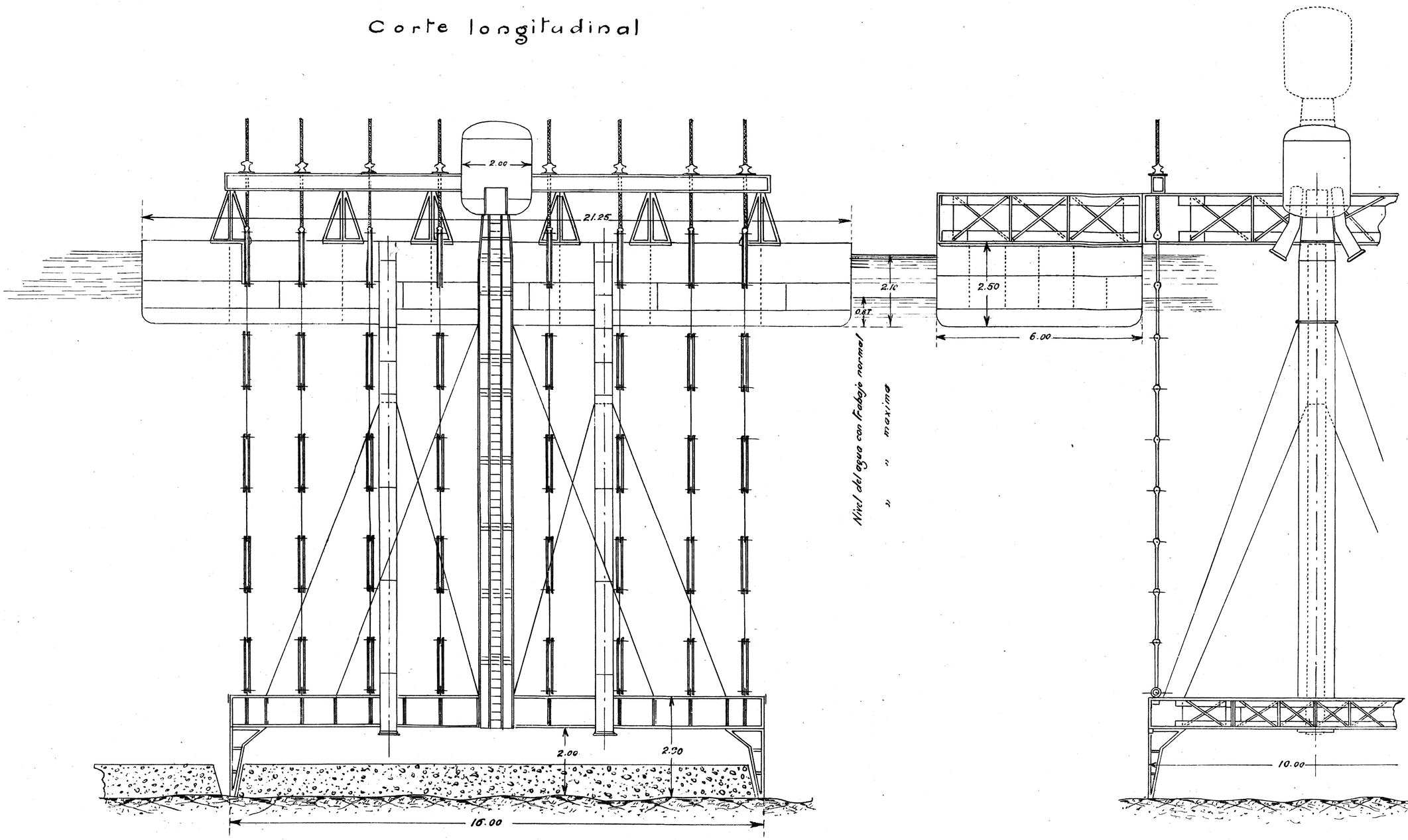
En el rincón sur-este de la cámara para la compuerta corrediza, hubo necesidad de bajar hasta la cota—18.80 para encontrar el terreno firme de fundación. Este trabajo se hizo con el cajón de 6 × 12 m. por el peligro que existía de que se produjera algún derrumbe de fango encima del cajón, haciendo muy difícil su extracción. Previamente se había dragado todo el recinto de fundación del Dique a la cota—15 m., de manera que, con el fango que siempre se embanca, había que atravesar con el cajón, que tiene 3 metros de alto, una capa de más o menos 5 metros, compuesta de fango, conchuela y arena. La excavación se hizo en forma escalonada lo suficiente extendida para ponerse a cubierto de que un derrumbe fuera a aplastar el cajón. Construído el bloque, una vez alcanzada la roca, había que evitar que, al levantar el cajón, el terreno se derrumbara sobre el bloque; para lo cual se mantenía aquél sobre las cadenas y se iba subiéndolo muy lentamente, a medida que se iba inyectando concreto por debajo del cuchillo del cajón hasta llenar el espacio entre el bloque y el terreno. Después se fundó el cajón sobre el mismo bloque, y se procedió en la misma forma hasta llegar a la cota general de fundación del Dique, desde donde se siguió como en el resto.

INSTALACIÓN DE UN CAJON DE AIRE COMPRIMIDO.

Escala 1:100

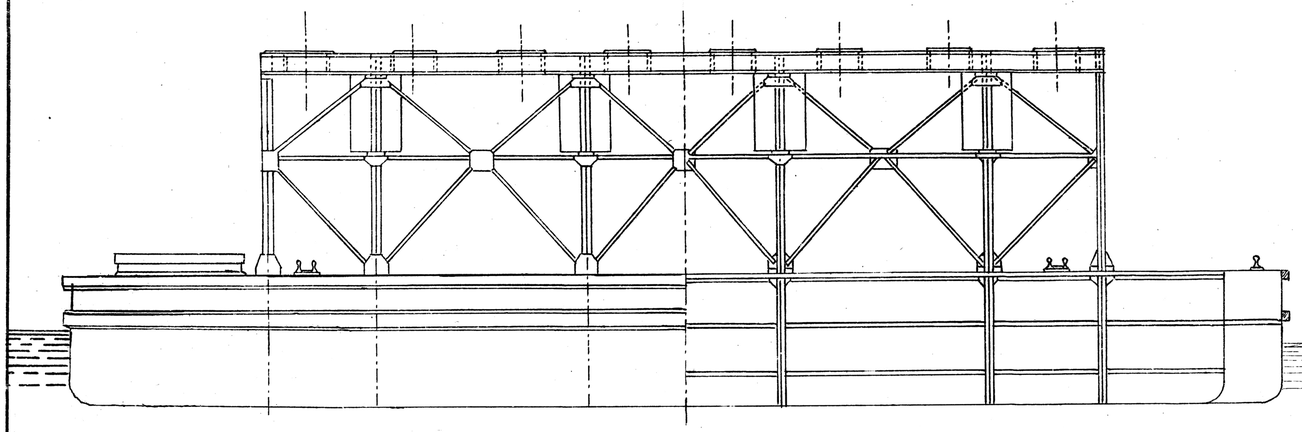
½ Corte transversal.

Corte longitudinal

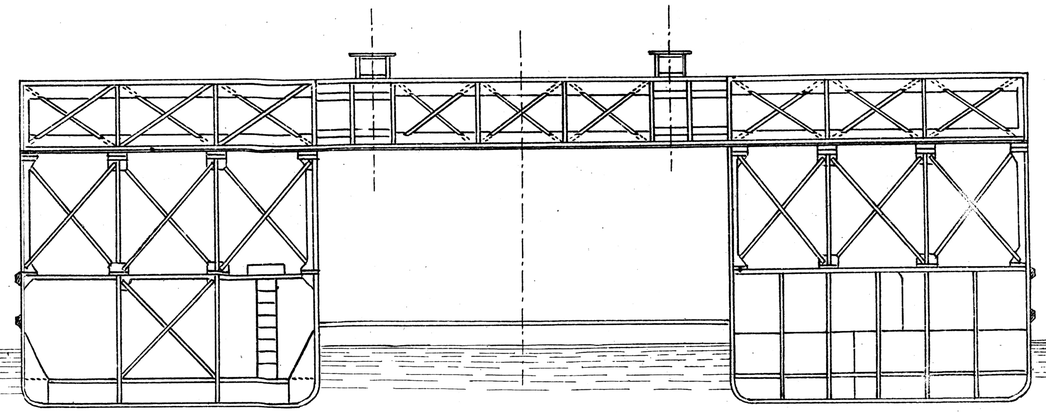


FOTOLITO-F.PAYÁ

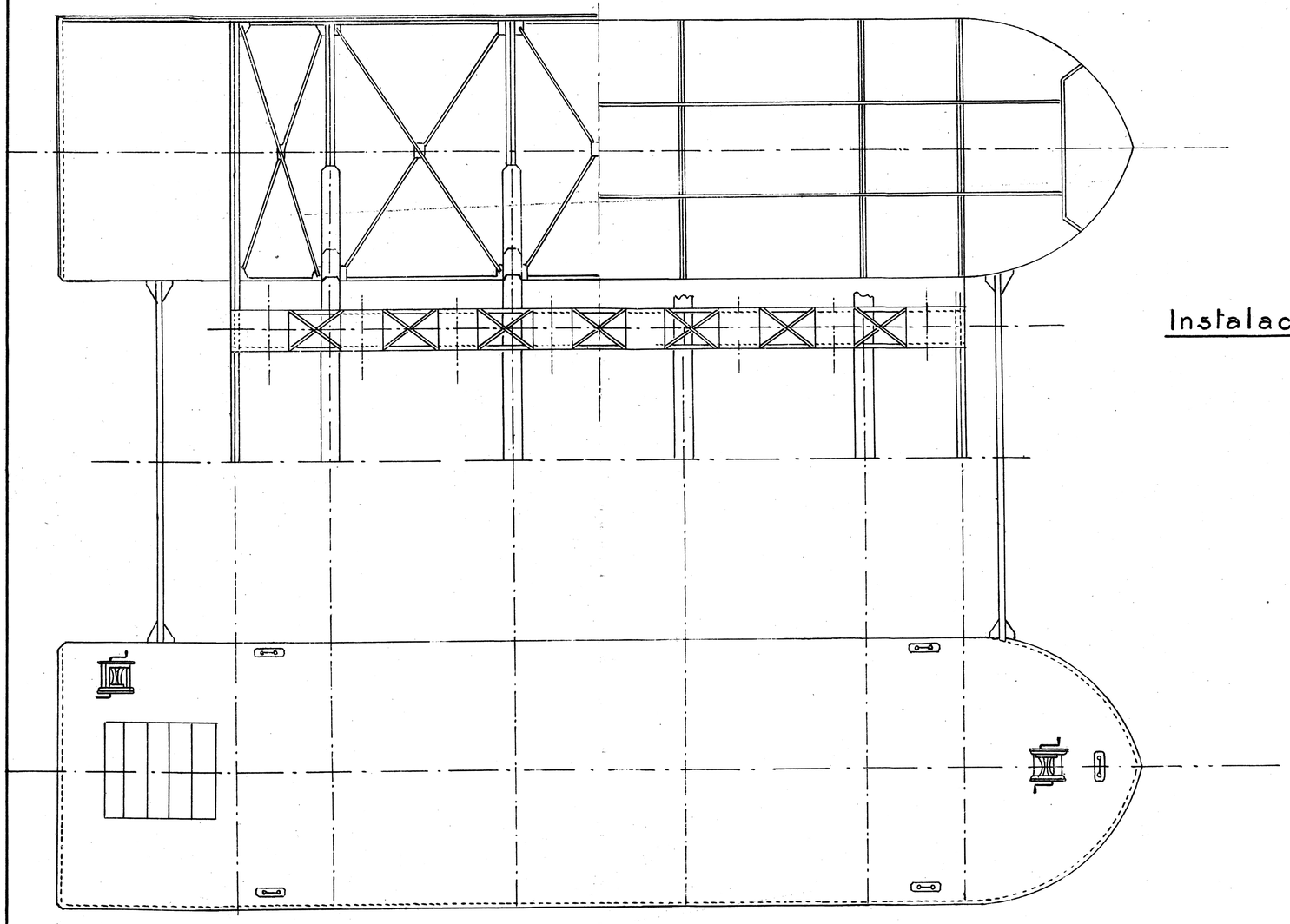
Elevacion y corte longitudinal



Corte transversal.



Vista y corte en planta.



Digue de Carena Nº2

Instalacion flotante del cajon de aire comprimido Nº2.

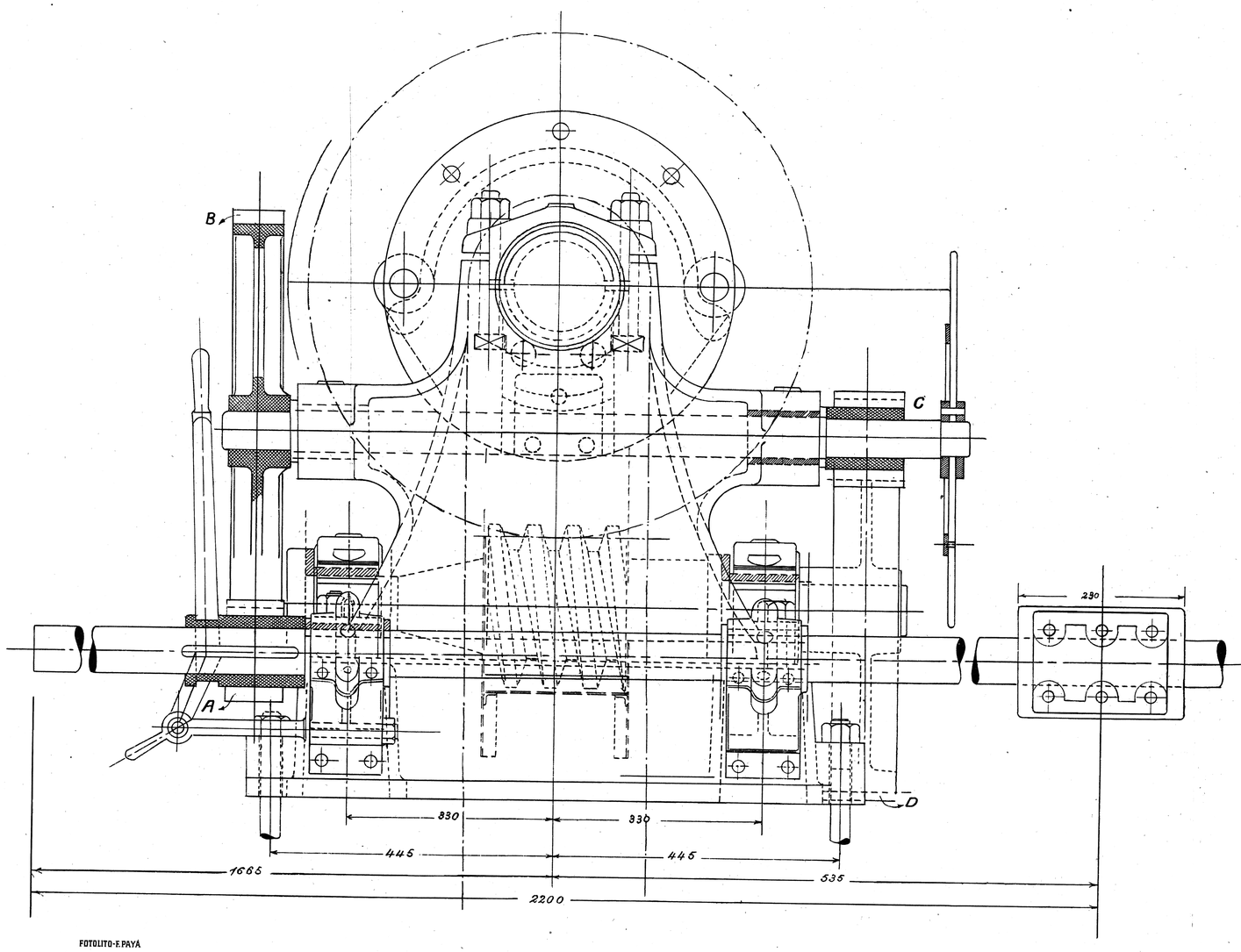
Escala 1:100

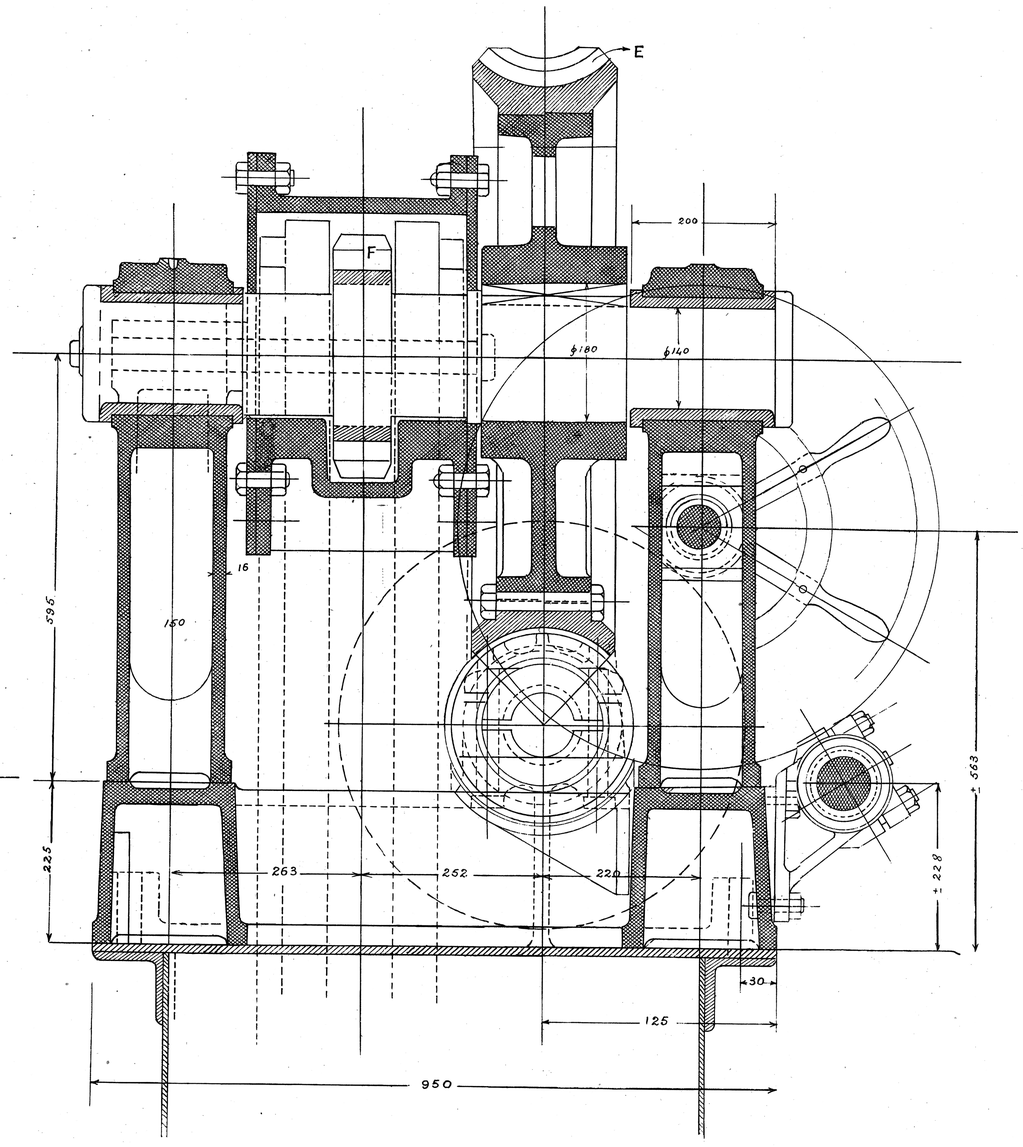
Lámina III

Empresa Constructora del Dique Nº 2 de Talcahuano

Winches de 25 toneladas para la suspencion del cajon de aire comprimido Nº 2

Esc. 1/5





FOTOLITO-E.PAYÁ

Rueda engranaje	Diámetro: circulo de contacto	Nº de dientes	Paso
A	140 m/m	4	10 "
B	680 "	68	10 "
C	130 "	10	13 "
D	572 "	44	13 "
E	800 "	40	20 "
F	287	8	110 m/m