

## Algunos datos sobre las obras en construcción en el Puerto de San Antonio

POR

DAVID FRÍAS MIRA

En Agosto de 1911 fueron contratadas las obras del puerto de San Antonio con don Augusto Galtier, por la suma de \$ 9 750 000 oro de 18 d. y en un plazo de 4 años. El contrato comprendía solamente el molo de abrigo y la formación de los terrenos, consultados en el proyecto del Sr. Broekman, recomendado al Supremo Gobierno con algunas modificaciones, por la Comisión de Puertos.

El conjunto de estas obras puede verse en el plano número 1. El molo de abrigo A. B. C. constaba de dos partes: el trozo A. B. o molo lateral proyectado de enrocados y el trozo B. C. llamado molo principal proyectado de tipo Inglés de bloques arreglados (fig. 3).

El terraplenaje de los terrenos ganados al mar fué proyectado y llevado a efecto con el desmonte de los cerros adyacentes, recubierto con una capa de lastre de canteras de 0,40 de espesor y defendido por el lado del mar por un macizo de enrocados cuyo talud exterior era de 3 de base por 2 de altura.

Se consultaba además, la construcción de un edificio para aduana, un galpón para mercaderías y \$ 100 000 oro para utilería.

En cuanto a las obras de atraque del proyecto Broekman fueron eliminadas del contrato con el objeto de estudiar con mayor detención su tipo y ubicación una vez construidas las obras de abrigo.

Algún tiempo después fué invertida en material de guerra la parte del empréstito para San Antonio destinada a obras de atraque y en vista de ésto y con el objeto de habilitar el puerto desde luego, fué propuesta al Supremo Gobierno por la Dirección Fiscal de las obras una modificación del contrato, sin variar su importe total que consistió en reemplazar el tipo de rompeolas, proyectado de tipo inglés (fig. 3) por un molo de enrocados con defensa de bloques pele-mele y parapeto de bloques arreglados, semejante al de Orán (fig. 4).

Con esta modificación del tipo de molo y además algunas compensaciones, como ser, admisión de un 20 % de bolones desplazadores y de ripio en lugar de chancado para el concreto de bloques, se obtuvo una economía de \$ 800 000 oro que fueron destinados a la construcción de un espigón con 200 mts. de atracaderos para buques (fig. 2).

El cambio de tipo de molo no obedeció sólo a razones de economía, sino también a la casi imposibilidad de construir el molo proyectado en un mar ajitado casi continuamente, como el de San Antonio, que no ha permitido el trabajo sino con muchos contratiempos, aún a la cota +4, nivel de la plataforma del tipo adoptado; en cambio el molo primitivo consultaba como puede verse en la fig. 3, la confección de concreto en sitio entre las cotas + 5 0.50 y + 5 y además un emparejamiento del fondo a la cota -10 m. para asentar los bloques que forman el cuerpo del molo; estas obras habrían presentado en San Antonio dificultades casi insuperables por el mal estado, casi permanente, del mar.

El molo construido tiene, además, la ventaja de que su parapeto sube hasta la cota + 8 en lugar de la cota + 5 a que alcanza el parapeto del molo primitivo.

Pero se puede decir que lo que decidió a adoptar el tipo de molo de enrocados, fué la abundancia y buena calidad de la piedra de canteras; circunstancia que vino a ser apreciada después del primer tiempo de explotación. Además, el tamaño de los bloques de piedra extraídos era mayor que el previsto, habiéndose obtenido un peso medio para la piedra de cuarta categoría de (130) kls. en el curso del año 1916.

Posteriormente fué sometida a la aprobación del S. G. otra modificación, con el fin de dotar al Puerto de una darsenita para lanchas, indispensable durante la construcción para efectuar el carguio de la piedra destinada a la infraestructura del molo de abrigo y que presta ya muy útiles servicios para la explotación del Puerto. Esta darsenita fué dotada después con un malecón para lanchas de 108 metros de largo, y de una escala para pasajeros.

También se incluyó en el contrato la construcción de una carbonera elevada que ha permitido movilizar desde luego carbón para los F.F. del E. y comercio en general. El costo de esta carbonera será cancelado al final del año de garantía del contrato, que es cuando expira la concesión para la explotación provisoria del puerto, obtenida por la Empresa Constructora. El pago se hará conforme a tasación de peritos.

Todas las modificaciones citadas fueron hechas sin alterar el costo total de las obras y solamente el plazo fué prorrogado en un año en virtud de la primera modificación. El conjunto de estas modificaciones puede apreciarse en el plano núm. 2.

Durante el presente año fué contratada con la Empresa la construcción de la via definitiva de concreto armado para el titán y de un emplantillado de piedra en seco en la plataforma del molo.

En la actualidad se gestiona que el S. G. anticipe los fondos necesarios para mejorar las condiciones de abrigo del puerto, prolongando el molo en 150 mts. y construir un nuevo espigón de atraque, cuya necesidad se hace sentir desde luego. Estos fondos serían reintegrados a arcas fiscales con el producto del remate de terrenos planificados, de los cuales ya se efectuó la subasta de un pequeño lote, con muy buen resultado pecuniario.

A continuación exponemos algunos datos y observaciones recogidas durante la construcción de las obras.

**CANTERAS.**—Durante el primer tiempo se hizo la explotación de canteras con mineros que hacían los tiros a mano, sistema muy costoso en una gran explotación y que sólo fué empleado mientras se hacía la instalación de perforadoras.

Esta instalación consta de un motor Wolf semi-fijo de 100 H. P. con su compresora anexa y dos depósitos acumuladores de aire comprimido con sus correspondientes manómetros y accesorios. El motor funciona con condensación del agua, la que es enfriada en una caída artificial para ser inyectada de nuevo en la caldera.

El aire, comprimido a 8 atms. es conducido desde los acumuladores a los diferentes frentes de ataque por una cañería de acero, de la cual se toma con mangueras reforzadas para llevarlo a las máquinas perforadoras que son: 5 máquinas de trípode de 8 a 10 H. P. y 15 de mano o martillos. Con las máquinas de trípode se puede hacer tiros hasta de 8 mts. de profundidad y con los martillos hasta de 2 mts. El rendimiento de estas máquinas puede estimarse en 1 mt. de perforación por hora de trabajo.

Amortizando un 60 % del valor de las instalaciones de perforadoras en el total de enrocados extraído de canteras corresponde a cada m<sup>3</sup> próximamente \$ 0.05 m. c.

La carga media por tiro era de 1,4 kls. de dinamita, la que en algunos casos se mezclaba con pólvora.

La explotación hecha exclusivamente con tiro de perforadora fué un resultado de la experiencia de los primeros años durante los cuales se removía previamente el cerro por medio de grandes polvorazos, de los cuales fueron disparados 8. Uno de éstos constaba de un pique de 32 mts. de profundidad y se cargó con 12000 kls. de pólvora.

Estos grandes tiros demandaban gran trabajo de preparación pues había que sacar previamente la arena o tierra vegetal de la superficie del cerro y después de hecho el tiro hacer una nueva explotación del material removido en grandes trozos, empleando tiros de perforadora y extrayendo el escombros. Este sistema fué abandonado.

El total de tiros disparados alcanzó a 78000 en 1580 días trabajados, lo que arroja un promedio diario de 50 tiros. El promedio de metros cúbicos de enrocado removido por cada tiro ha sido próximamente de 15 mts. cúbicos y el total removido de 25 m<sup>3</sup> de desmonte y piedra por cada tiro.

El carguio de la piedra se efectuó al comienzo del trabajo sirviéndose de desvíos paralelos al frente de ataque, que se desplazaban a medida que este frente avanzaba; pero luego se reemplazó este sistema por el sistema radial, para lo cual fueron instaladas tornamesas con 6 o 7 líneas radiales cada una, con el objeto de hacer más expedita la movilización; habiéndose llegado a movilizar 500 carros en un día en los 4 frentes de ataque cuya longitud total era de 600 mts.

El carguío se efectuaba a mano y con grúas de las cuales hubo en cantera hasta 14 de 3 a 10 tons. de poder.

A la salida de las canteras está situada la romana para el pesaje de los enrocados e inmediatamente después un haz de clasificación de la piedra y de formación de trenes para las diversas faenas.

La calidad de la piedra sólo desmereció algo en la 1.<sup>a</sup> cantera, pudiendo siempre obtener piedra de primera calidad de los demás frentes en explotación.

El peso medio de los enrocados de cuarta categoría durante el año 1916 fué de 11300 kls., habiéndose llegado a cargar bloques hasta de 23000 kls.

El movimiento de tierras en cantera fué como sigue:

Total de material extraído.....	1 855 000 mts. <sup>3</sup>
Cubo de enrocados.....	1 105 000 »
Cubo de desmonte .....	750 000 »

o sea, un 60 % del total fué de piedra y el 40 % restante de desmonte. De este desmonte se aprovecharon 325000 m<sup>3</sup> (el 43 %) en los terraplenes y recubrimiento de terrenos y el resto fué botado al mar en la misma cantera por cuanto el contrato imponía la obligación de emplear para los terraplenes el desmonte de los cerros situados frente a las obras y sólo una parte de desmonte de canteras.

En conclusión, se puede decir que el 22 % del total de material extraído de canteras lo fué a pura pérdida para la Empresa.

**TERRAPLENES.**—El cubo de los cerros extraído para terraplenes ascendió a 776 (XX) mts. y en total el terraplén fué formado por:

Desmonte de cerros.....	776 (XX) mts.
Desmonte de canteras.....	325 (XX) »
Total.....	1 101 000 mts. cúbicos

Para hacer el desmonte de los cerros se usó una pala a vapor cuyo rendimiento diario en 16 horas de trabajo llegó a 2 (XX) mts.<sup>3</sup>

Gran parte del cubo de terraplén fué proporcionado por embanques que fueron provocados por la forma en que se llevaron a cabo los enrocados de defensa y a costa de un cubo de piedra fuera de perfil.

**FAENA DE BOTADURA DE ENROCADOS.**—En general, se puede estimar en un 15% el cubo botado fuera de perfil o sea, sobre la cifra que da el presupuesto. Este cubo se ha perdido: 1) en el molo de abrigo por causa de los temporales; y 2) en los enrocados de defensa de terraplenes porque fué necesario hacerlos con un mayor cubo que el previsto en el proyecto, por haber sido indispensable trabajar por punta y formando un prisma de avance, en lugar del simple revestimiento que consultaba el proyecto.

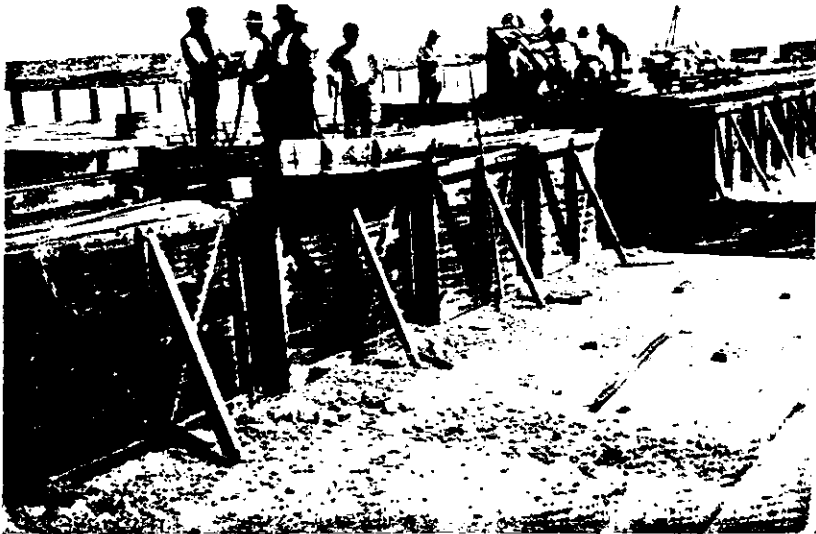
La faena de botadura por punta con una grúa de suficiente poder y radio de acción puede dar un rendimiento de 400 a 500 mts.<sup>3</sup> diarios.

Una grúa Pinguely, Lyon de 20 tons. y con un dispositivo para tomar el carro completo y volcarlo en el aire, rindió hasta 650 mts.<sup>3</sup> diarios.

El titán de 45 tons. hacia esta operación con dos carros simultáneamente.

La infraestructura del molo de abrigo hasta la cota 6 mts. fué formada con piedra que se cargaba en embarcaciones especiales, las que eran remolcadas hasta el punto de botadura, marcado con boyas en el mar y alineaciones desde tierra. Por faena marítima se botaron 260 000 mts.<sup>3</sup> de enrocados de 1.<sup>a</sup> categoría, con un cubo medio por día de 500 mts.<sup>3</sup>. Cada embarcación podía cargar unos 120 mts.<sup>3</sup> de enrocados.

**FAENA DE BLOQUES ARTIFICIALES.**—Se hicieron 39 260 mts.<sup>3</sup> de concreto en 2 181 bloques de 18 mts.<sup>3</sup>. El rendimiento diario de esta faena fué, normalmente, de 126 mts.<sup>3</sup> o sea, 7 bloques.



Confección de los bloques

La instalación constaba de un winche eléctrico para hacer el depósito de materiales con la altura suficiente y poder calibrarlo automáticamente, de una betonera movida por electricidad y de cancha con piso de cemento para 500 bloques. Además, se disponía de una máquina que arneaba, lavaba y cargaba el ripio y de un f. c. de trocha de 0.60 y 8 kms. de largo para traer la arena desde el estero de San Juan.

Las dósís están expresadas en el pliego de condiciones en la siguiente forma: Concreto B. formado de dos partes de piedra por una de mortero, compuesto de 500 ks. de cemento por m.<sup>3</sup> de arena. La dosificación práctica fué necesario dedu-

circa experimentalmente en cada caso, midiendo el rendimiento del mortero y del concreto, obteniendo p. e. para el concreto B. material por m.<sup>3</sup>: cemento: 230 ks.; arena: 456 lts. y grava: 868 lts.

De estas experiencias se pueden deducir los siguientes hechos:

Coefficiente de rendimiento del mortero . . . . .	0,70
Coefficiente de rendimiento del concreto . . . . .	0,67
% de huecos del ripio . . . . .	35%

El contrato consultaba los bloques con un 20% de bolones desplazadores, pero al iniciarse su ejecución se comprobó la inconveniencia de colocar el 20% y se redujo a un 14% „, con el objeto de aumentar los espacios entre los bolones desplazadores.

**ENSAYE DE MATERIALES.**—Se dispone en la Dirección Fiscal de un taller de ensayos de cemento proporcionado por la empresa constructora y que ha servido para los casos urgentes, ya que según el pliego de condiciones el cemento debe ser ensayado y aceptado por el taller de la Universidad de Chile, el que por lo demás está montado en espléndidas condiciones para hacer ensayos perfectamente comparables, lo que no es fácil conseguir sino con un fuerte desembolso.

Sin embargo, se hicieron también en San Antonio los ensayos del cemento, obteniéndose cifras muy aproximadas a las de la Universidad y sirviendo en muchos casos, para decidir la aceptación o rechazo de una partida de cemento.

Se hicieron también varios ensayos de morteros con diferentes tipos de arena, llegándose a la conclusión de que la arena de San Juan, pasada por un tamiz de 2 mallas por cm.<sup>2</sup> y sin separarle su parte fina, da resistencias muy superiores a la misma arena de la cual se ha abstraído la parte fina; lo que es lógico porque tiene menor proporción de huecos.

Se hicieron también 2 bloques de concreto, para que fueran ensayados en el taller de la Universidad, lo que se efectuó, dando una resistencia de 209 ks. p. cm. 2, a los 60 días, a la dosis de 1: 3: 6.

En general, el cemento Melón ha dado buenos resultados, pero deja todavía algo que desear, por cuanto tiende a conglomerarse, formándose grumos más o menos duros, debido al envase en sacos. Por este motivo no puede permanecer depositado en bodega por más de unos 4 meses; por lo menos en un clima húmedo, como el de San Antonio.

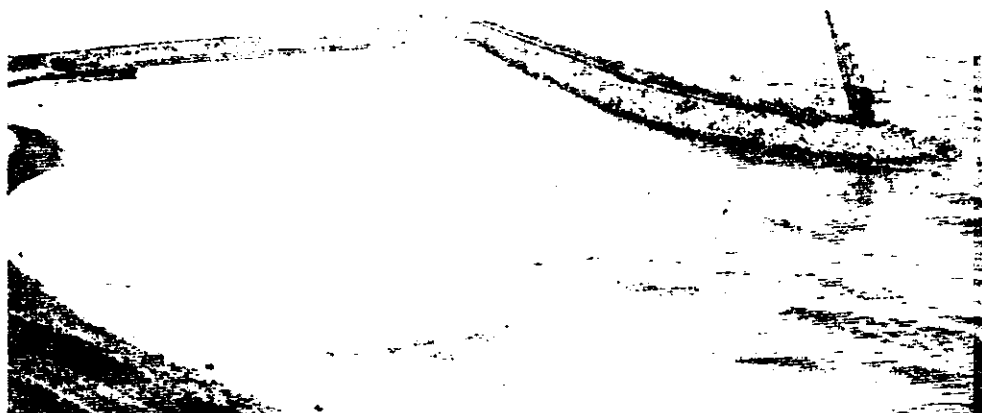
Se ha visto también la conveniencia de construir silos especiales para almacenar el cemento, cuando se trate de obras que demanden mucho cemento; esto se ha hecho en muchas obras de importancia del extranjero. En estos silos el cemento es echado sin envase, y se encuentra en continuo movimiento, con el objeto de impedir los malos efectos de la compresión continuada por mucho tiempo.

Los ensayos del fierro para las obras de concreto armado, han sido hechos en la Universidad.

**OBRAS DE ARTE.**—Estas han sido: el malecón para lanchas en darsenita y el atracadero para buques, en el espigón correspondiente.

Estos dos malecones han sido ejecutados del llamado tipo de columnas; es decir en forma de un puente por bajo del cual se desarrolla el talud de los enrocados de defensa. Esta disposición ha sido preferida a la de muro de bloques debido a la existencia de resaca, la que es acentuada por el malecón de muro vertical, el que no es prudente usar sino en aguas perfectamente tranquilas.

**CARACTERÍSTICAS DEL MALECÓN PARA LANCHAS.** (Fig. 5).—Son las siguientes: Tipo de columnas; cabezales de roble de 40 por 40, apoyados en tres puntos; el



Construcción de la darsenita para lanchas

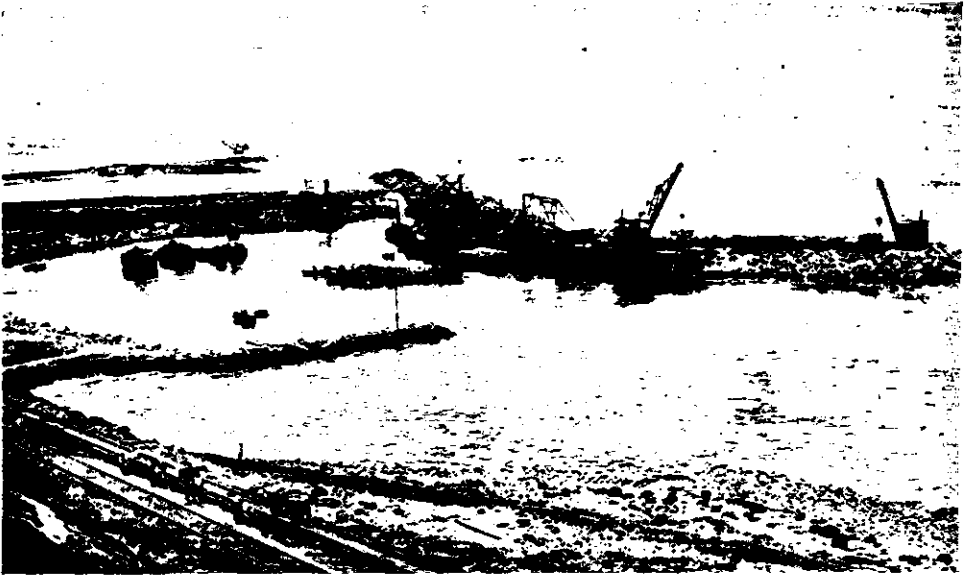
apoyo exterior es un pilote de concreto armado de sección exagonal con 0,30 m. de radio para su círculo inscripto; sobrecarga, 2 000 ks.; largo del tramo, 4 m.; longitud total, 108 m.; dragado al pie: hasta 3 m.; apoyos en el enrocado constituidos por bloques de concreto; longerinas y tablero de madera de roble.

La armadura de los pilotes se componía de 6 barras longitudinales de 5/8 y de una envoltura con fierro de 3/8. La punta era de fierro forjado y fueron clavados con martinete de 1 000 ks. sin ningún contratiempo.

Las defensas para el choque de lanchas son de luma y se apoyan inferiormente en una carrera longitudinal que transmite los choques a otra carrera enterrada en el talud de enrocados.

El costo por m. lineal de este malecón es próximamente de \$ 400 oro 18.

**CARACTERÍSTICAS DEL MALECÓN PARA BUQUES.** (Fig. 6).—Tipo de columnas: cabezales de concreto armado de 2,50 m. de alto y 0,50 de espesor, apoyados en dos puntos; el apoyo exterior es una columna cilíndrica de concreto armado que termina inferiormente en una parte tronco-cónica, cuyo diámetro inferior es de



Avance de los trabajos en Agosto de 1914

3 mts. En el interior de la columna van clavados 6 rieles de 10 m. de largo. Estos fueron clavados próximamente hasta su mitad con un martinete 1 000 ks. y por medio de una guía que transmitía el golpe a la cabeza del pilote. La otra mitad del pilote queda ahogada en el concreto de relleno que es a la dosis de 1: 2: 3.

La sobrecarga con que ha sido calculado es una grúa portal de 80 t. y ade-



Vista general en Octubre de 1917



más 1 500 k. p. m. 2; longitud total 200 m. divididos en 3 secciones separadas por espacios de 40 m; dragado al pié 8. m. en las dos partes de más a tierra y 9,50 en la demás afuera; longerinas de concreto armado y tablero de madera; apoyo en el enrocado constituido por una losa de concreto armado de 0,75 de espesor que transmite al enrocado una carga de 0,5 k. p. cm<sup>2</sup>. La columna transmite al suelo una carga de 2 k. cm<sup>2</sup>., sin tomar en cuenta los pilotes.

A pesar de que la carga transmitida al enrocado es sólo de 0,5 k., ha sido previsto un pequeño asentamiento del enrocado y se ha interpuesto entre la columna y el cabezal una plancha de plomo que, impidiendo la adherencia del concreto, permite la giración del cabezal al bajar el enrocado.

Los choques de los buques son transmitidos al espigón por medio de los cabezales; las bitas de amarra son de concreto armado y en número de 6.

Su costo, sin tomar en cuenta el valor del espigón de enrocados ni el del dragado, asciende próximamente a \$ 1 600 oro de 18 d.

**ACCIÓN DE UN TEMPORAL SOBRE EL ROMPEOLAS.**—El rompeolas está constituido por un cuerpo de enrocados de sección trapecial y cuya base superior o plataforma es de 14 mts. a la cota  $\div$  4 sobre el nivel medio. Los taludes son de 3 de base por 2 de altura y el talud exterior va defendido por bloques de concreto de 40 t. que suben hasta la cota  $\div$  6, apoyándose contra la primera fila de los bloques de parapeto.

El parapeto consta de dos hiladas de bloques, la primera transversal y colocada sobre la plataforma del molo y la otra longitudinal y colocada sobre la anterior. La hilada inferior está protegida por los bloques de la defensa del talud exterior, no así la superior.

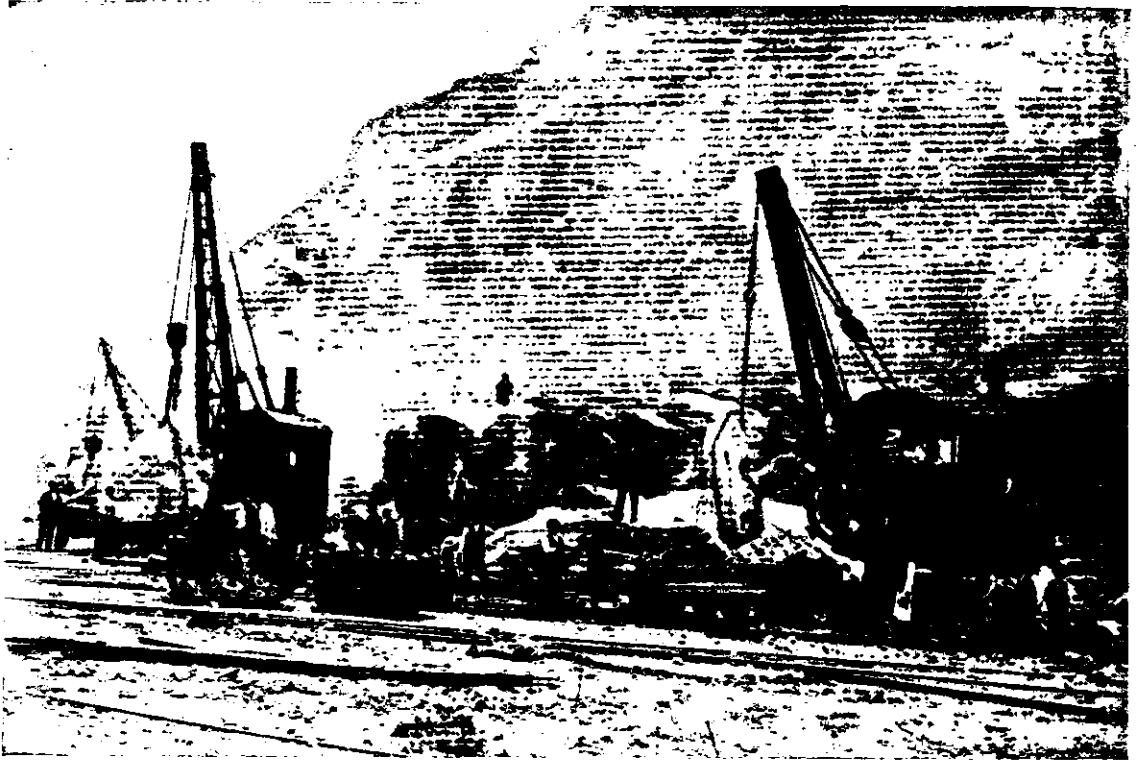
El 7 de Julio del año pasado se produjo un fuerte temporal, cuyos efectos en el rompeolas han sido detalladamente estudiados por el señor Reyes Cox en nota enviada a la Comisión de Puertos.

El cálculo del señor Reyes Cox, para determinar la fuerza de choque de la ola, se basa en la determinación del esfuerzo que ha sido necesario para desplazar 3 bloques simultáneamente chocando la ola en un frente de 8 m<sup>2</sup> y entre las cotas 6 y 8 m. sobre el nivel medio del mar, y también en la determinación del esfuerzo necesario para volcar un bloque de la segunda hilada del parapeto. Estos dos fenómenos se observaron después del temporal en cuestión.

En el estudio citado se llega a la conclusión de que se han producido choques contra el molo de 12 tons. por m<sup>2</sup> y entre las cotas de 6 y 8 mts. sobre el nivel medio del mar.

Como es sabido, la fuerza máxima del choque de las olas se produce a la altura del nivel medio del mar, pero debido a la defensa de bloques pele-mele no se produjeron a esta altura desperfectos que pudieran servir de base para un cálculo. Según medidas hechas en Inglaterra, en el faro de Sherry, la fuerza del choque de las olas ha alcanzado hasta 32 tons. por m<sup>2</sup>.

En un próximo estudio trataremos del movimiento comercial del Puerto de San Antonio, en relación con el de Valparaíso y de las obras complementarias indispensables para que el sacrificio ya impuesto a la Nación, sea retributivo.



EXPLOTACIÓN DE CANTERAS. Escombros de un gran polvorazo.



Construcción del atracadero para buques en el espigón correspondiente.

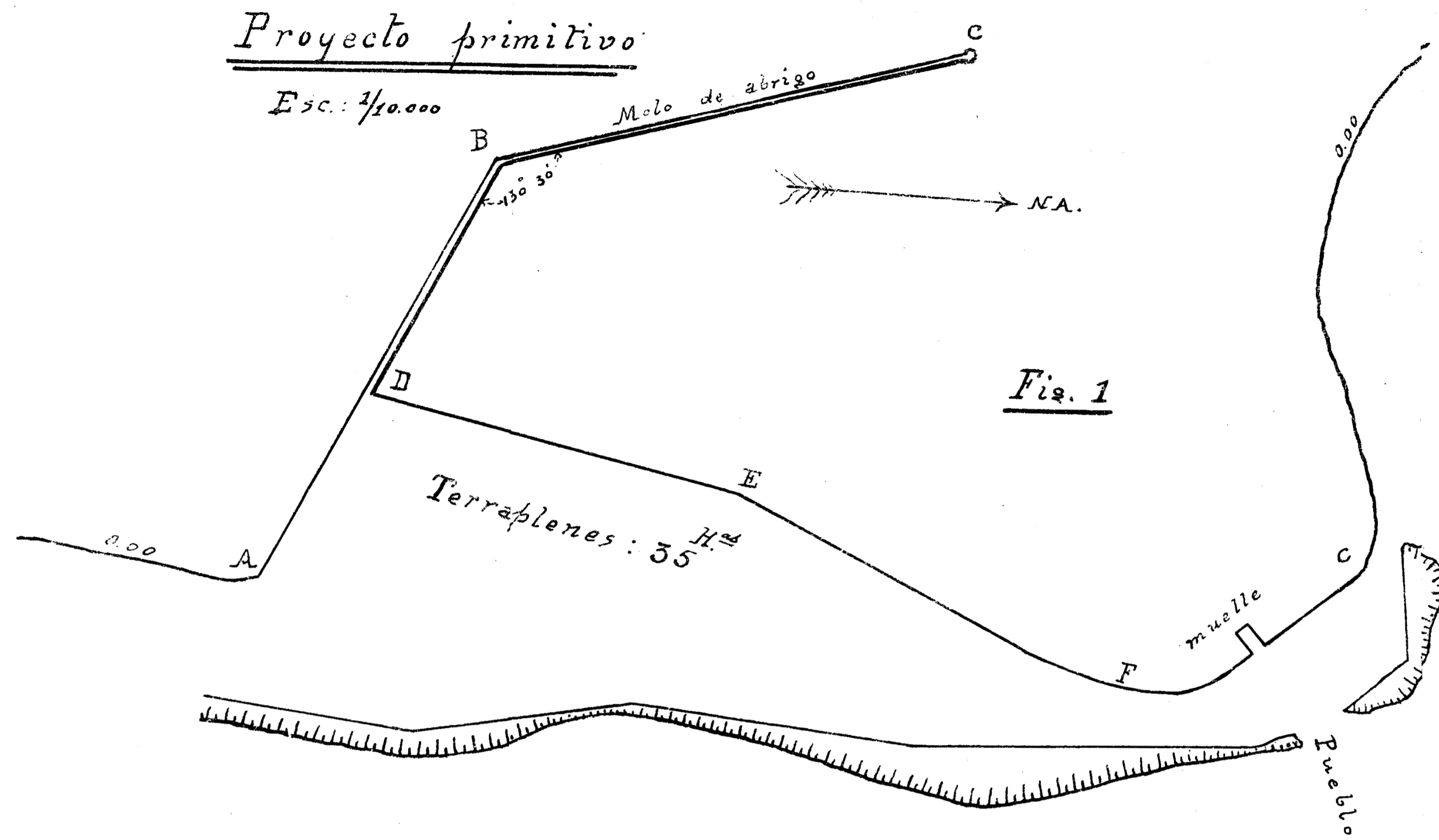


Fig. 5

Malecon para lanchas Esc.: 1/200

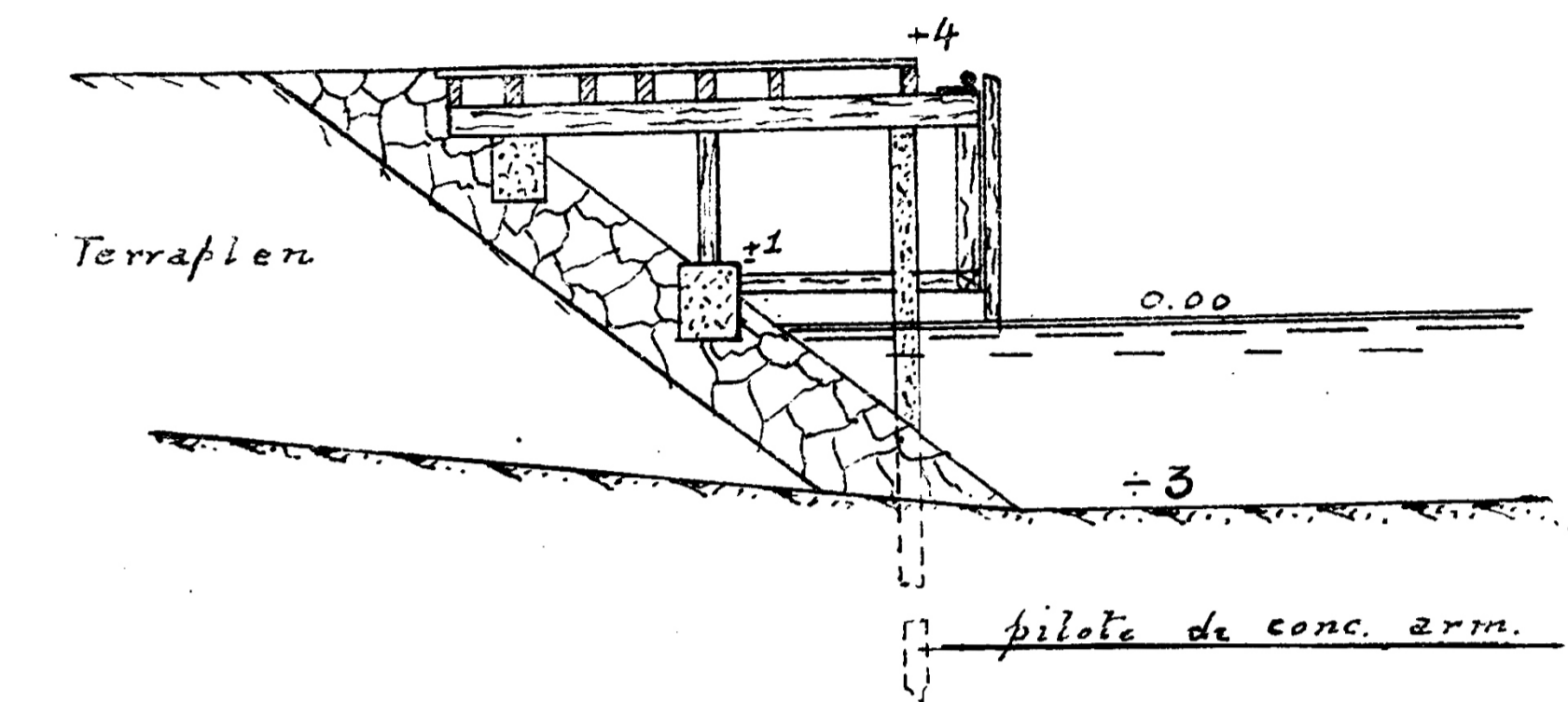


Fig. 6

Malecon para buques Esc.: 1/200

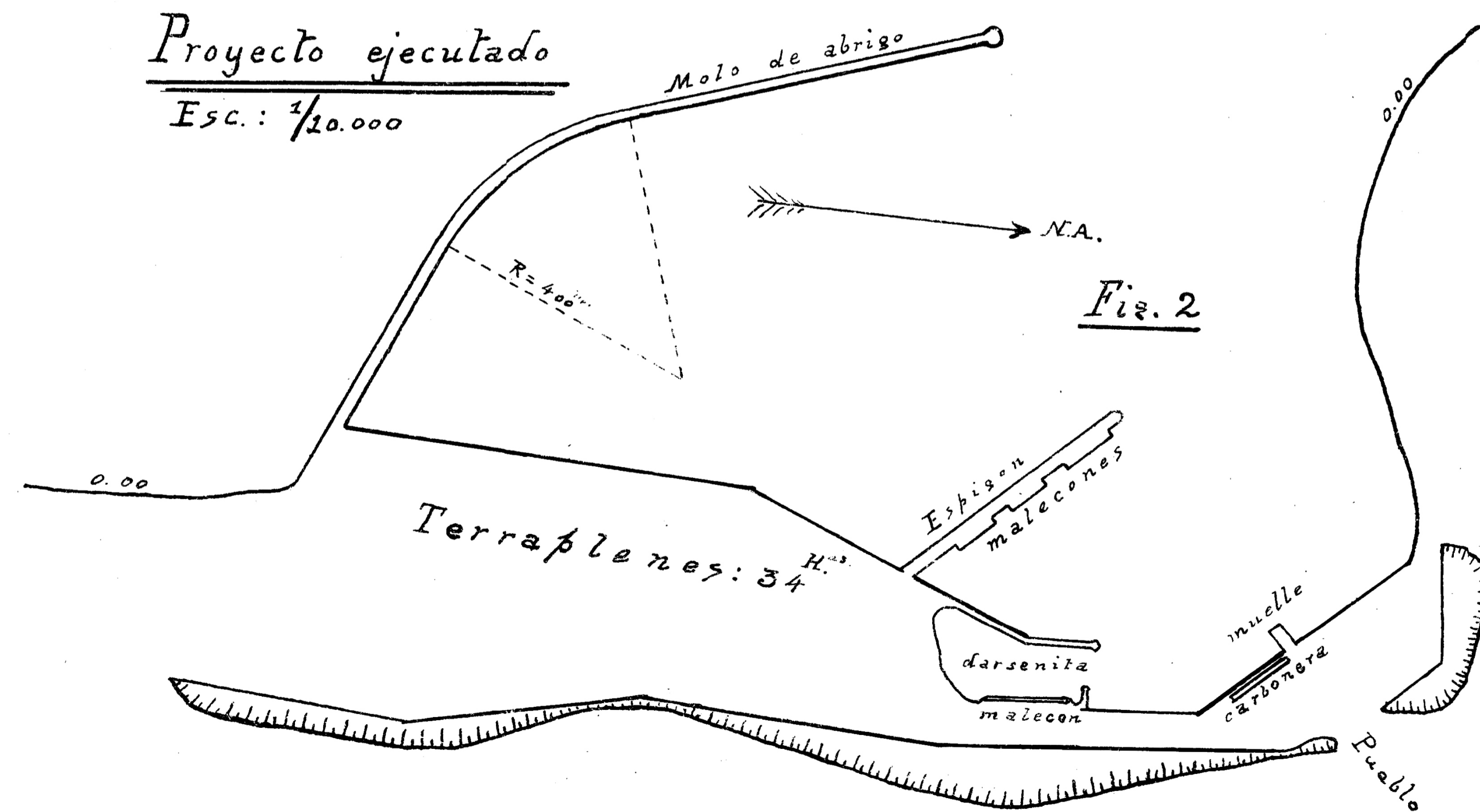
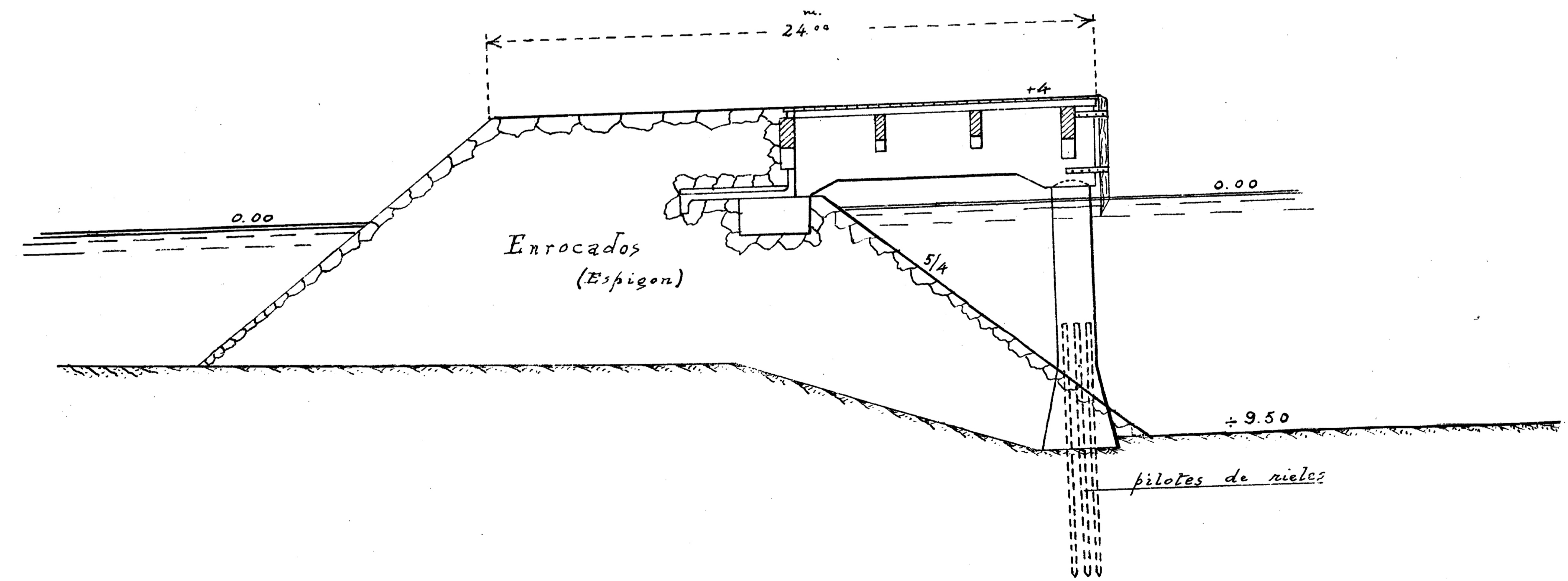


Fig. 3

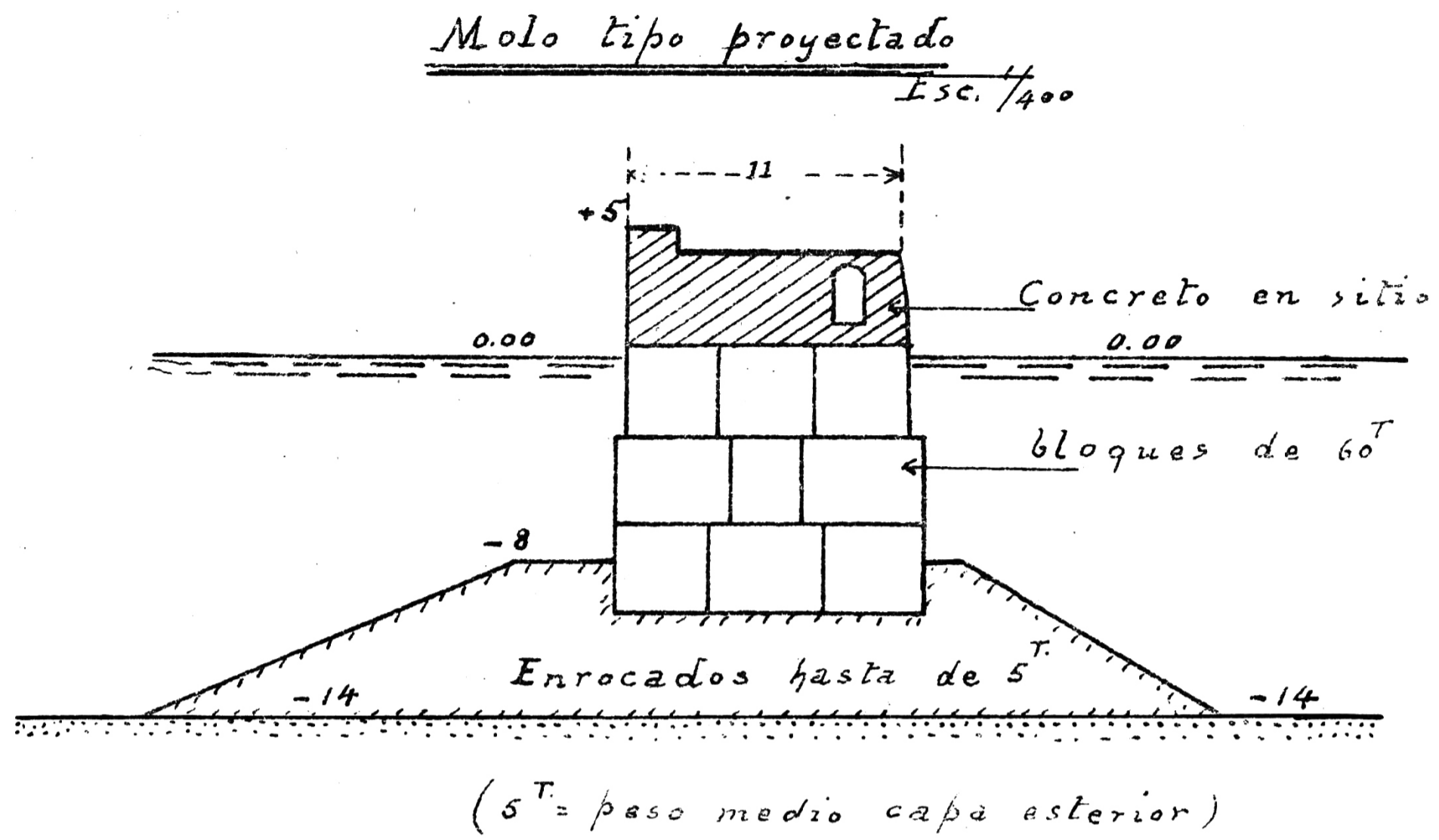


Fig. 4

