

Puertos chilenos

(Continuación)

ANTOFAGASTA

Cuando la Comisión de Puertos reunió los elementos necesarios para elaborar el programa general de Obras Portuarias, que le encomendara la ley N.º 2390. de 20 de Septiembre de 1910, el puerto de Antofagasta era el que necesitaba con mayor apremio la construcción de obras importantes de mejoramiento, pues su importancia era tal que lo colocaba a un nivel superior a Valparaíso, como cantidad de mercaderías movilizadas en el año, y sus condiciones naturales eran tal desfavorables que el acceso a las naves fondeadas en mar abierto frente a la ciudad era siempre difícil y ordinariamente peligroso.

En la figura 25 puede verse la situación del puerto en ese momento y el conjunto de las obras proyectadas. En un recinto malamente abrigado por una puntilla rocosa casi submarina y por una barra igualmente rocosa, que la prolonga, se había construido algunos muelles particulares, tan cercanos entre sí, por la falta de espacio, que las lanchas ocupaban constantemente todo el espacio más o menos tranquilo; para llegar a los buques las lanchas y los botes tenían que atravesar la barra, encima de la cual se elevaban considerablemente las olas y reventaban; los accidentes ocurridos por

este motivo eran frecuentes y las pérdidas de mercaderías considerables, aparte de la demora y la dificultad que resultaba para todas las operaciones del Puerto. Tan conocidas eran estas circunstancias desfavorables que el Gobierno había encomendado a un Consultor Técnico extranjero, Mr. A. Scott, que confeccio-

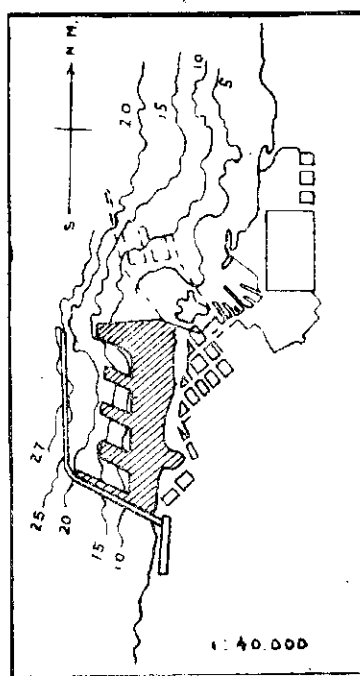


fig. 25

nara un proyecto de obras portuarias para Antofagasta, consultando el atraque directo de los buques.

En la figura 25, ya citada, se han indicado con trazos discontinuos las líneas generales de ese proyecto, que comprendía un molo de abrigo de 900 metros de largo total, 760 metros de malecones para atraque de buques, en dos dársenas de 90 metros de ancho, 100 metros de malecones para lanchas en el fondo de esas dársenas, y unas 13 hectáreas de explanadas para el servicio del puerto.

Los estudios hechos por la Comisión de Puertos la llevaron a estimar en 1.600.000 toneladas anuales el movimiento comercial del puerto, que exigiría unos 2.700 metros de malecones, cifra que, a causa del rendimiento considerable que puede obtenerse con mercaderías que, como el salitre, se movilizan en gran cantidad, puede reducirse fácilmente a 2000 metros; la superficie de terreno correspondiente a ese tráfico se estimó por comparación en unas 22 hectáreas. Comparando con estas cifras las que corresponden al proyecto del Sr. Scott, se ve que estas últimas no alcanzaban a la mitad de lo que indicaban las necesidades del tráfico probable; además los espigones que proyectó el Sr. Scott no tenían sino 30 metros de ancho, cifra tan reducida que impediría todo depósito de mercaderías en ellos y obligaría a explotarlos como muelles, con todos los inconvenientes de esta clase de obras, colocando los galpones y almacenes a gran distancia de los puntos de atraque de los vapores, como proponía el propio señor Scott. Este proyecto tiene además el inconveniente de que sus dársenas, mal abrigadas por un molo de sólo 400 metros de largo útil, no tienen sino 90 metros de ancho, cifra que habría resultado pequeña para los vapores que frecuentan el puerto.

En vista de que las dimensiones generales de ese proyecto eran inaceptables y de que no era posible aumentarlas de acuerdo con las necesidades del tráfico sin cambiar la ubicación de las obras, la Comisión de Puertos propuso trasladarlas hacia el Sur, dejando libre la parte entregada entonces a la explotación, con lo cual se evitaría una cantidad de dificultades, fáciles de prever, durante el período de construcción de las obras, que forzosamente duraría unos diez años.

En la figura 25 se indican, en la parte hachurada, las líneas generales del proyecto de la Comisión, que comprende un molo de abrigo de 1460 metros de largo total, formado por dos trozos: uno sensiblemente normal a la costa, de 640 metros de largo, y el otro paralelo a ella, orientado de S a N, de 820 metros. Al abrigo de este molo se desarrollarían los malecones con 10 metros de calado por lo menos en baja marea, de los cuales 420 metros estarían adosados al brazo Sur del molo y el resto distribuidos en tres espigones y el costado N. de la última dársena, alcanzando un desarrollo total de 1.900 metros utilizables por vapores; el fondo de las dársenas ofrecería 400 metros de malecones fácilmente aprovechables por lanchas. La superficie de terrenos ganados al mar sería de 32 hectáreas, de las cuales se destinaban 22 al uso del puerto. La superficie de aguas abrigadas sería de 44 hectáreas; para disminuir la propagación de la agitación del mar hacia el interior se dejaba una entrada, orientada hacia el N. de 250 metros de ancho, además cada espigón influiría en la reducción del movimiento del agua en las partes situadas más hacia el interior del puerto.

Para poder adoptar tipos de obras que correspondieran a las circunstancias propias de Antofagasta se llevaron a cabo en el terreno todos los estudios necesi-

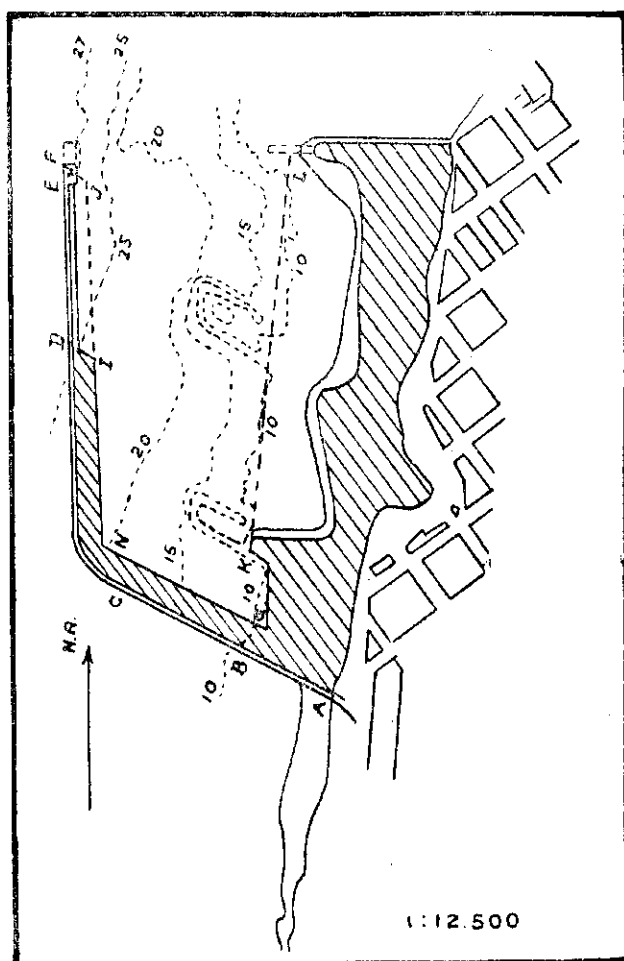


fig. 26

rios, entre los cuales presentaban particular interés los relativos a las olas de tempestad. Los detalles relativos a estos estudios pueden consultarse en la Memoria del proyecto correspondiente, debiendo recordar ahora al respecto solamente que, no habiendo sido posible obtener de la observación directa cifras fidedignas que las fijaran, las caracterís-

ticas que se adoptaron para las obras fueron 6 metros de altura y 90 metros de largo, creyendo pecar por exceso. En cuanto a la dirección de esas olas, era del S. O.

El proyecto que he descrito en sus líneas generales fué aprobado a principios de 1913, año en que el Gobierno sometió a la aprobación del Congreso un proyecto

de ley que consultaba la construcción de las obras de mejoramiento de Antofagasta y otros puertos; ese proyecto de ley no fué despachado oportunamente y, en vista de ello, en 1916 se segregó de él la parte relativa al puerto de Antofagasta, que se tramitó separadamente, y en 1917 se pidieron propuestas públicas para la construcción de las obras fundamentales de este puerto. En 1918 se contrataron esas obras, reduciéndolas a las dos secciones del molo de abrigo, en vista de la incertidumbre que había en los precios y la dificultad para obtener elementos de trabajo, por efecto de la guerra europea.

al hacer su contratación, en 1925, suprimiendo uno de los espigones y ensanchando las dársenas que quedaban entre ellos, y en 1929, reemplazando los dos espigones que se habían dejado por malecones ubicados a lo largo del brazo principal del molo. En el momento oportuno veremos el fundamento que tuvo la última de estas modificaciones, que fué la más importante.

La disposición general del puerto, en su forma definitiva, comprende: el molo de abrigo, formado por el brazo AC, casi normal a la costa, y el brazo principal CDF, orientado sensiblemente de S. a N., y tres líneas de malecones: GK, L,

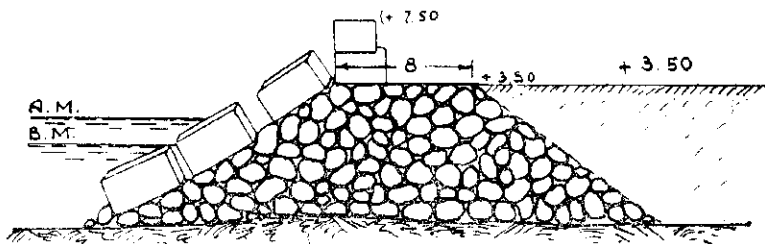


Fig. 27

Al efectuar los estudios para la elaboración del proyecto de estas obras se hicieron diversos reconocimientos con el objeto de formarse idea de las características que pudieran tener las canteras que se debían abrir, y se vió que no era prudente contar con una buena producción de enrocados de gran peso, razón por la cual se adoptó como tipo general para el molo el de paramentos verticales, adoptando el de enrocados protegidos sólo en la primera parte de la obra, en que la falta de profundidad no permitía emplear el otro.

En la figura 26 se ve el plano general de las obras construídas, que difiere del proyecto en la disposición de las obras interiores, la que fué modificada

paralela a la costa, GN, adosada al brazo corto del molo, y JN, adosada al brazo principal; el desarrollo de estos malecones es de 130 metros en GK, 795 metros en KL, 338 metros en GN y 700 metros en NJ, lo que arroja un total de 1,960 metros en números redondos. Cuando la construcción de las obras interiores se encontraba ya bastante avanzada, en vista de la disminución notable de la importancia de Antofagasta por efecto de la crisis del salitre y del cobre, se resolvió reducir las obras de atraque a lo más necesario, limitándolas por ahora a las secciones de malecones GK, GN y NI, que dan una longitud total de 818 metros, suficiente para el atraque simultáneo de 3 a 5 buques,

según sea su tamaño. La infraestructura de los espigones había sido preparada ya, cuando se hicieron las modificaciones indicadas, y a eso se debe la forma particular de las curvas de nivel de 10 y 15 metros en la figura 26.

Respecto a la construcción del molo de abrigo, en su primera parte se adoptó el tipo de obra representado en la figura 27, que se compone de un prisma de enrocados, limitado a la cota (+3.50)

un muro delgado y protegido en el pie por simples enrocados grandes, que tiene 11 metros de espesor en la base, situada a la cota (-9.40), y 9 metros en la parte superior. La plataforma de coronamiento de este muro, hecha con bloques artificiales de 60 toneladas, se encuentra a la cota (+3.50), correspondiente a las explanadas del puerto. Por el lado del mar se ha colocado un parapeto, formado por dos bloques artifi-

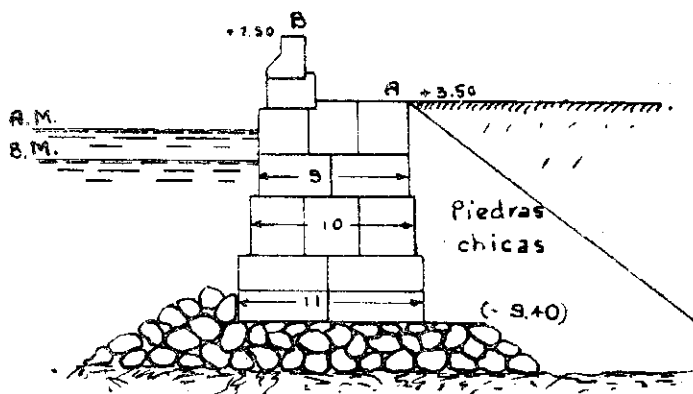


Fig. 28

con una plataforma de 8 metros de ancho y protegido por el lado expuesto al mar con una capa de bloques artificiales de 60 toneladas, colocados pêle-mêle; para evitar que las olas salten a la plataforma superior se dispuso un parapeto de 4 metros de altura, limitado a la cota (+7.50).

Desde B hacia adelante se empleó, según se ha dicho más atrás, el tipo de muros de bloques con paramentos verticales.

Entre B y C las olas atacan al molo bajo un ángulo agudo, pues su dirección es del SO., y ya principia a ser modificada por la influencia del fondo, de manera que pudo bastar en esa parte, figura 28,

ies, que se eleva hasta la cota (+6.50), como el del trozo anterior.

Un punto particularmente interesante en la construcción de este primer brazo del molo, es el que corresponde al de cambio de tipo, pasando del de enrocados al de paramento vertical. En efecto, ese punto corresponde a una profundidad en la cual rompen las grandes olas y lanzan enormes masas de agua, animadas de velocidades de translación considerables, capaces de remover los bloques de protección de los enrocados; por otra parte, los enrocados y su protección se desarrollan en forma de cuarto de cono en esa parte, y las olas que, por efecto de su oblicuidad, corren a lo largo del muro,

peraltándose más y más al acercarse a la orilla, encuentran ese cuarto de cono que se opone a su propagación, rompen en él y se lanzan contra los bloques de protección y contra el parapeto con fuerza irresistible. De esta manera se explica que en dos ocasiones distintas hayan sido removidos los bloques de defensa en el mismo punto y desorganizado el parapeto.

A partir del punto C, es decir, en la curva y en el brazo urincipal, se adoptó

de bloques; la plataforma de enrocados está protegida al pie del muro con una fila de bloques artificiales de 60 toneladas, dejando por delante de ellos una berma de 3 metros de ancho.

La parte extrema del molo, en una longitud de 20 metros, se reforzó, como indica la figura 30, aumentando a 16 metros el espesor de la base del muro y a 13 metros el de su parte superior; además se ensanchó la plataforma de enrocados, dejando por el lado interior

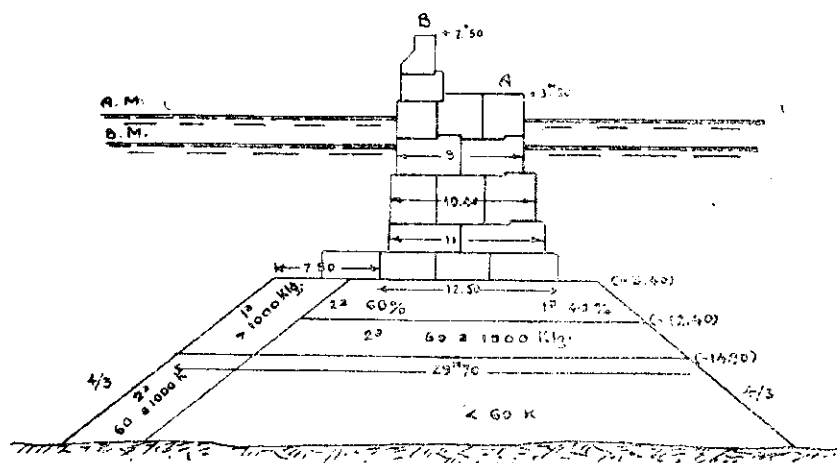


Fig. 29

un muro de bloques más fuerte, fig. 29, asentado sobre un prisma de enrocados divididos en diferentes categorías, cuyos límites fueron modificados durante la construcción de manera que se ajustaran a la producción de las canteras, bajando de 1,800 kilos a 1,500 kilos y después a 1,000 kilos el límite inferior del peso de la primera categoría. El espesor del muro a la cota de fundación (-9.40) se fijó en 12.50 metros y se dejó en la parte superior el mismo espesor de 9.00 metros adoptado en el primer trozo; la plataforma de coronamiento se dejó a la misma altura, así como el parapeto

una berma de 8 metros de ancho en la cual se colocó una fila de bloques artificiales de defensa igual, a la de la parte exterior.

Los tipos de construcción adoptados difieren poco de los que se consultaron en el proyecto oficial. Según este último, la parte superior del muro y el parapeto debieron ser hechos de concreto en sitio, de manera que se podía contar con tener en la parte superior masas monolíticas de cientos de toneladas de peso, capaces de resistir a los esfuerzos aislados debidos a las irregularidades del movimiento de las olas y a sus interfe-

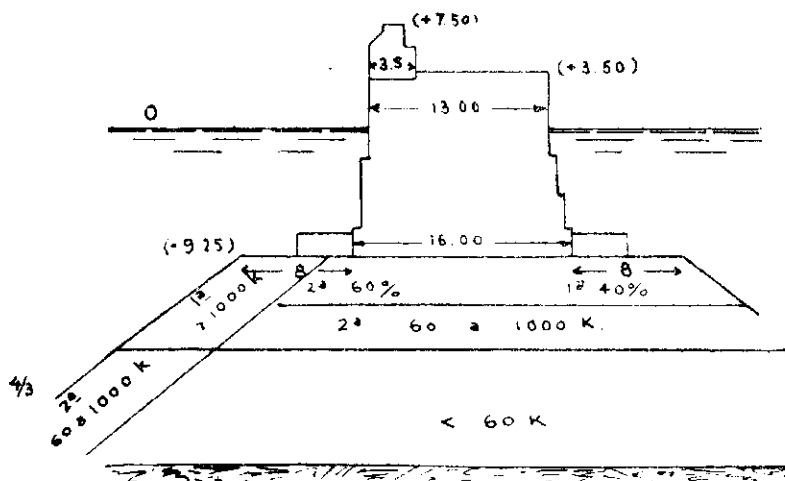


fig. 30.

rencias. Las dificultad de construcción que encontró la Empresa Constructora para ejecutar la obra en esa forma, la condujeron a modificar el tipo contratado de manera que pudiera ir quedando definitivamente terminado a medida que se avanzaba, empleando una grúa titán que circulaba sobre dos rieles, uno apoyado en el parapeto B, figura 29, y el otro en el bloque interior A de la plataforma. Además, se modificó el perfil oficial, dejando salientes verticales en unos bloques y entrantes en otros, que se opusieran al deslizamiento de una capa sobre la siguiente, pues desde el principio de la construcción se vió que ese deslizamiento se producía con mucha facilidad cerca de la superficie del agua. A este respecto conviene observar que el saliente habría sido más eficaz si se le hubiera colocado en los bloques más cercanos al mar libre, pues en caso de tender a moverse se habrían apoyado en los siguientes de la misma capa, contribuyendo a la resistencia el peso de todos ellos.

Este molo fué terminado en Diciembre

de 1926, habiendo durado prácticamente cuatro años su construcción; durante ella se produjeron tempestades y bravesas de mar bastante fuertes, algunas de las cuales indicaron que las olas eran mucho más violentas que las que se tomaron en cuenta al elaborar el proyecto, pero sin embargo no hubo que lamentar ningún desperfecto que indicara una falta de resistencia.

En 1925 se contrató con la misma Empresa la construcción de las obras interiores del puerto, modificadas en la forma que se ha indicado más atrás, que aparte de reducir a dos los espigones suprimió los malecones oel extremo Norte del puerto, reemplazando la explanada correspondiente, que dejaba una entrada de 250 metros de ancho, por un pequeño molo de enrocados, que aumentaba ese ancho a 375 metros, aumento que a mi juicio ha sido un error, pues empeora la tranquilidad interior del agua sin agregar gran cosa al ancho disponible para la entrada de los buques, que era suficiente, pues el extremo del molito Norte quedaba sólo en 12 metros de hondura.

Las obras de abrigo fueron terminadas a fines de 1926, según se ha dicho, y su recepción definitiva se efectuó a principios de 1928, habiéndose manifestado hasta entonces perfectamente satisfactorias. Sin embargo un hecho observado durante las bravesas del mar, chorros de agua que saltaban verticalmente por las juntas de los bloques de la capa que constituye la plataforma, había llamado la atención, poniendo de manifiesto que las subpresiones eran mucho mayores

cación de este método al caso del molo de Antofagasta, tomando en consideración olas de 8 metros de altura y 120 metros de largo, mucho más fuertes que las que se tuvieron en vista al elaborar el proyecto, condujo al resultado de que su estabilidad era perfectamente satisfactoria.

En Julio de 1928, al final de una tempestad bastante violenta, tres grandes olas sucesivas de 8 metros de altura y 250 metros de largo, según pudo dedu-

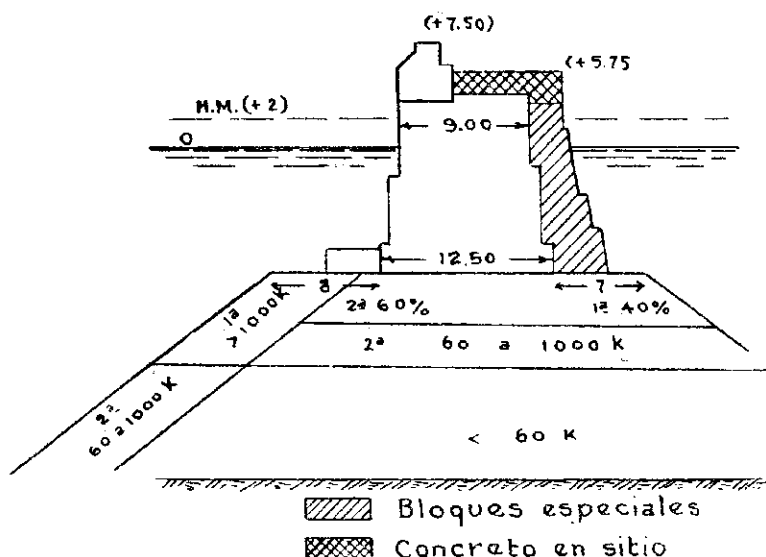


fig. 31.

que las que se deducían del método de cálculo adoptado al hacer el proyecto. Esta observación me indujo en 1926 a estudiar nuevamente ese problema, abandonando las ideas del señor Gaillard, que hasta entonces se habían seguido, y a buscar un método de cálculo de las presiones ejercidas por las olas contra un muro vertical, que se basara en el movimiento ondulatorio de una manera menos antojadiza que el anterior. Una apli-

cación de las observaciones hechas por los Ingenieros del Puerto, abrieron una brecha de 56 metros de ancho al llegar a la parte extrema del brazo principal del molo. Me he ocupado ya de este accidente en otros artículos y no es del caso insistir en él.

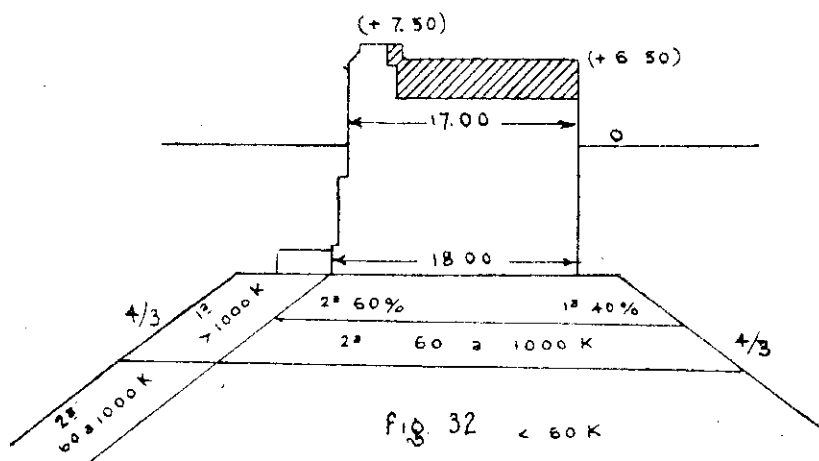
La reparación de esta brecha se proyectó, como indica la figura 31, aumentando el espesor del muro por medio de una serie de bloques de forma especial,

lo que obligó a ensanchar en 5 metros el prisma de enrocados, y agregando encima una capa de concreto en sitio de 2,25 metros de espesor; al ejecutar esa reparación se colocó provisoriamente una capa de bloques artificiales en reemplazo del concreto en sitio, mientras se asentaba el muro de bloques recién hecho.

A los pocos meses de terminada la reparación de esa brecha, en Agosto de 1929, durante la noche, una serie de olas extraordinariamente largas, cuyo origen

no puede observarse en olas producidas por el viento; se aplicaron esos datos al cálculo de la sollicitación del molo y, como las indicaciones de éste concordaron con los efectos producidos por el accidente, se calculó un tipo de molo reforzado representado en la figura 32, capaz de resistir a olas semejantes con un margen de seguridad aceptable.

Ese tipo reforzado comprende un muro de 18 metros de espesor en su base y 17 metros en su parte superior; en la cons-



se ha atribuido a un fenómeno sísmico lejano, destruyó la parte superior del muro de bloques en casi toda la longitud del brazo principal del molo, desde el fin de la curva hasta el punto E de la figura 26, deslizando en partes el muro entero y cayendo en otras sólo las capas superiores. No analizaré ahora este accidente por haberme ya ocupado de él en ocasiones anteriores y sólo me referiré ahora a la reconstrucción de la obra.

Los pocos datos que fué posible reunir sobre las circunstancias en que se produjo este accidente, permitieron deducir que las grandes olas que lo causaron debían tener 8 metros de altura y 1800 metros de largo, cifra esta última que

trucción de ese muro se emplearían hasta donde fuera posible los bloques que habían caído y se completaría el número necesario, fabricando nuevos. Una vez terminado el muro, se le cubriría con una capa de concreto en sitio de 3 metros de espesor, reforzando además la parte sobresaliente del parapeto.

En la parte correspondiente al extremo del molo y la adyacente, en que se produjo la primera brecha, donde la plataforma de enrocados tenía 32 metros de ancho, era posible construir este nuevo tipo sin necesidad de ensanchar el prisma de enrocados, pero en el resto de la obra, cuya longitud era de unos 650 metros, se necesitaría aumentar ese ancho en

unos 5,50 metros. El aumento de espesor del muro presentaba el inconveniente de que éste quedaría apoyado en parte sobre los enrocados antiguos, ya asentados, y en parte sobre los del ensanche, que forzosamente se asentarían, provocando dislocaciones en el muro; además el costo de un refuerzo de esta naturaleza representaba más o menos un gasto de unos \$ 14.000.000.— de 6 peniques. En vista de eso, por razones de economía, y de que las autoridades marítimas estimaban que era conveniente no construir los espigones que consultaba el proyecto y reemplazarlos por malecones contruídos a lo largo del brazo principal del molo y

encima del parapeto arrojarían enormes cantidades de agua, capaces de producir perjuicios de mucha consideración en las mercaderías que se encontrarán en depósito y en el material de explotación del puerto, y en vista de ese peligro se proyectó una defensa de estas explanadas en un ancho de 20 metros, dispuesta en la forma que indica la figura 33. El parapeto del molo se reforzaría considerablemente con un macizo de concreto en sitio; detrás del molo se colocaría un prisma de piedras chicas y bolones, destinado a proteger el terraplén de relleno y la parte de éste cercana al molo se protegería con una fila de bloques de

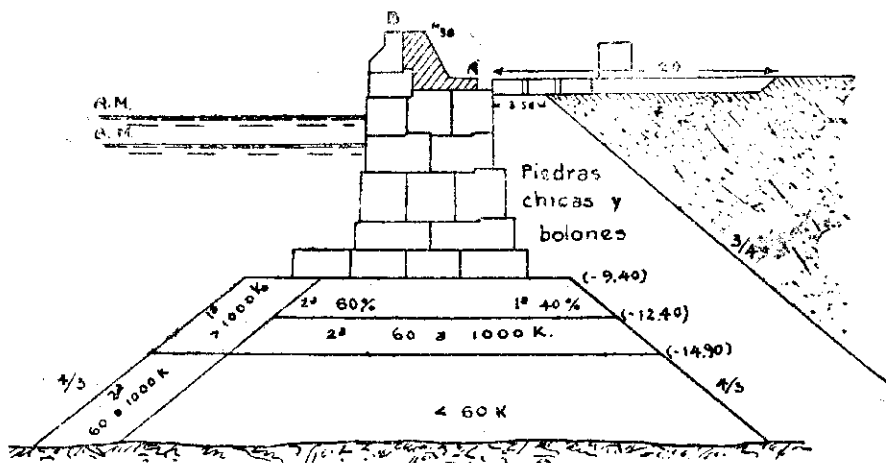


Fig. 33

paralelamente a la costa, como se indica en NJ y KL, figura 26, el Consejo de Obras Marítimas acordó modificar el proyecto de acuerdo con las indicaciones de ese plano.

Al tratarse de esta modificación en las líneas generales del proyecto se hicieron presentes los peligros a que se encontrarían expuestas durante las tempestades las explanadas de los malecones adosados al molo, pues las olas que pasaran por

concreto, sobrantes de las obras de defensa provisionales hechas para facilitar la construcción del molo, y una capa de piedras de tamaño grande; además una fila de bloques del molo destruido, de los que no tuvieran empleo en la construcción, serviría para aminorar el efecto de las grandes masas de agua.

En la parte extrema del molo, en una longitud de 50 metros, se adoptaría el tipo reforzado de la figura 32.

Cuando la reconstrucción del molo se encontraba cerca de su fin, en Octubre de 1931, las dificultades que se habían presentado para la cancelación de los estados de pago de la construcción y la disminución de la actividad del puerto, que permitía postergar la terminación de las obras de atraque, aconsejaron una reducción considerable de ellas, dejándolas en la forma que se indica con tachurados en la figura 26, con un desarrollo de malecones de 670 metros con

mentando hasta 10 metros el ancho de la plataforma del prisma de piedras y colocando al lado del molo dos filas de bloques artificiales de los sobrantes de la reconstrucción, destinados a amortiguar la fuerza de los olas que sobrepasen el parapeto, y agregando un refuerzo de piedras de hasta 1,000 kilos de peso en la arista interior de la plataforma.

La longitud de la parte extrema del molo, construída de acuerdo con el tipo de la figura 32, que era de 50 metros,

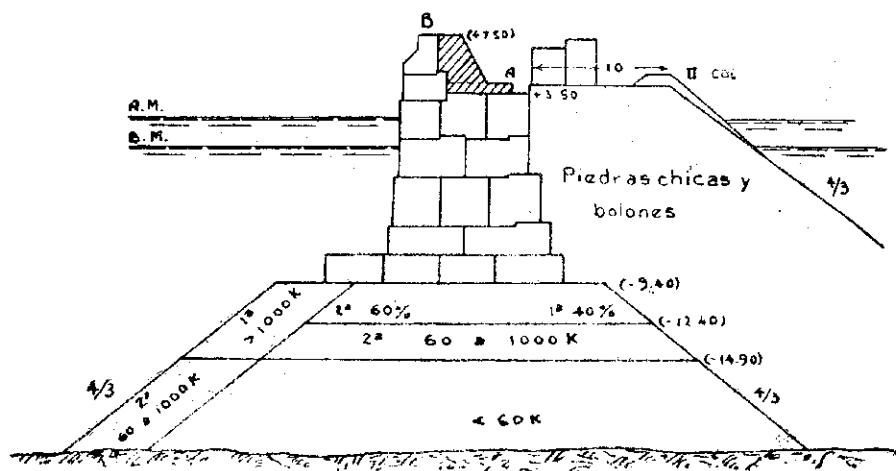


Fig. 34.

más de 10 metros de profundidad y 130 metros con 5 metros de profundidad, es decir, 800 metros en total.

Al acortar la longitud de la explanada adosada al brazo principal del molo, como el muro de éste se había reconstruído igual a lo que era antes del accidente, muy débil por consiguiente para resistir a un fenómeno como el de Agosto de 1929, ya que no iba a estar espaldado por el terraplén, se hacía indispensable reforzarlo, aumentando la importancia del prisma de piedras que se colocaría detrás de él; este refuerzo se hizo, como se indica en la figura 34, au-

según el contrato, se redujo a 30 metros, en vista de que por ahora los malecones quedan muy lejos de ese extremo; de modo que hacia el Norte del extremo visible del molo ha quedado en su prolongación un trozo de 20 metros del antiguo extremo, cuyos bloques pueden verse perfectamente, pues llegan casi hasta el nivel del agua. La presencia de esos restos no alcanza a constituir un peligro para los vapores que entren al puerto, porque la longitud que ocupan es muy inferior al resguardo que toman los buques al doblar el molo, y en cambio, los bloques caídos protegen la infras-

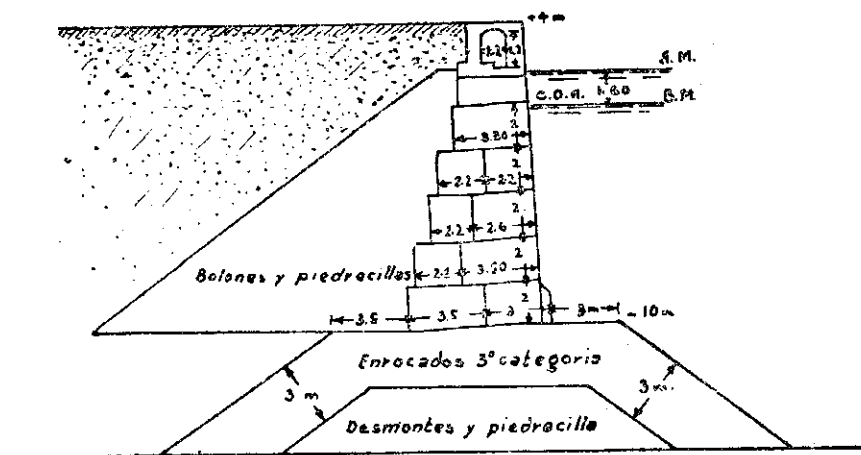


fig 36

obras de este puerto, es necesario comparar su precio con su capacidad de transporte, pues el movimiento comercial que actualmente tiene es extraordinariamente bajo. Tomando en cuenta que uno de los productos que se movilizarán por este puerto es el salitre, se puede contar con que el movimiento comercial puede ser de 800,000 toneladas anuales sin dificultad, de modo que el capital invertido por tonelada anual resulta de \$ 157.00, incluyendo las obras de abrigo, y de \$ 44.00, si sólo se consideran las obras de utilización inmediata. Es cierto que el valor de las últimas tendrá que aumentarse, porque hay

que hacer las instalaciones de vías férreas, pavimentos, galpones y edificios que exige la explotación del puerto y que se llevarán a cabo paulativamente por administración; de manera que las dos cifras anteriores deberán aumentarse en unos \$ 6.00, con lo cual el capital invertido por tonelada anual resultaría de \$ 164.00 de 6 peniques, tomando en cuenta las obras de abrigo, y de \$ 50.00 sin tomarlas en cuenta: la primera de estas cifras es un término medio entre las correspondientes de Valparaíso y San Antonio, y la segunda es bastante inferior a las de esos dos puertos.

(Continuará)