

Puertos chilenos

A PARTIR de 1911 se han llevado a cabo en Chile obras de mejoramiento de puertos de gran importancia, que representan una inversión de varios cientos de millones de pesos, y algunas de las cuales son extraordinarias, desde el punto de vista técnico. Durante su construcción la prensa se ha ocupado de ellas en numerosas ocasiones, principalmente de las de Valparaíso y San Antonio; pero los ingenieros que hemos trabajado en ellas hemos procurado mezclarnos lo menos posible en las polémicas suscitadas al respecto, a pesar de lo cual hemos tenido que intervenir en más de una ocasión, generalmente para rectificar apreciaciones erradas. Hoy se encuentran terminadas las obras que se contrataron en Valparaíso, en San Antonio, en Iquique y en Antofagasta y como no se ha hecho en el país ninguna publicación técnica en que se encuentre una descripción de esas obras, me ha parecido necesario emprender el presente estudio, que forzosamente tendrá que ser largo, pero que era necesario para que los Ingenieros que no están interiorizados en los servicios marítimos, conozcan lo que se ha hecho al respecto en el país.

Los servicios de explotación de los Puertos Chilenos eran hechos, hasta hace pocos años, casi exclusivamente por los particulares, ya fuera como agentes de las Compañías de Vapores o ya

como propietarios de lanchas y muelles. En la mayor parte de los Puertos de cierta importancia había un muelle fiscal, destinado principalmente a las mercaderías de importación, y esos muelles eran explotados, casi siempre indirectamente, por las Aduanas. El resultado de este sistema general era que no se construyeran obras que no fueran directamente remunerativas, entre las que figuran en primer lugar las obras de abrigo, y que las operaciones del Puerto estuvieran enteramente subordinadas al estado del mar o del tiempo; por otra parte, las dobles operaciones de embarque y desembarque, que supone el uso del lanchaje, hace necesariamente más demorosas las operaciones del puerto, aparte de los peligros de todo género que lleva consigo la permanencia de mercaderías en las lanchas antes de que sean desembarcadas de ellas, todo lo cual contribuye al encarecimiento de los servicios portuarios. Por otra parte en muchos casos el estado permanente de agitación del mar hacía sumamente difíciles las operaciones de embarque y desembarque en los buques y a veces peligroso el transporte en lanchas hasta los muelles, como es entre todos conocido el caso de Antofagasta.

Todas estas consideraciones y otras que no es necesario desarrollar en detalle para no alargar demasiado el presente estudio, aconsejaban desde hace

tres cuartos de siglo pensar en el mejoramiento de los puertos, principiando naturalmente por los más importantes, y fué por eso que se elaboraron numerosos anteproyectos, casi sería mejor decir bocetos, relativos a Valparaíso, Constitución, Talcahuano, Antofagasta, etc. Entre estos bocetos hubo algunos que alcanzaron a tener cierto desarrollo, que los ha hecho conocidos, por lo menos de nombre, atribuyéndoles muchas veces una importancia que no tenían. El Gobierno contrató algunos ingenieros extranjeros para que llevaran a cabo los estudios necesarios para elaborar proyectos de algunos puertos o aprovechó la estada en el país de otros ingenieros para que confeccionaran los proyectos de otros de ellos; pero esos trabajos fueron siempre aislados y ninguna de esas obras se realizó, salvo el dique de Talcahuano, el muelle fiscal de Valparaíso y alguna otra que no cito por no alargar, sin emprender nunca ninguna obra de conjunto.

Entre los numerosos proyectos que circulaban se encontraban algunos de Valparaíso y otros de San Antonio, proyectos en que se hacían notar las ventajas que podrían resultar para el comercio del país de la realización de las obras respectivas, y como es natural donde hay intereses que no concuerdan, se trabaron discusiones que retardaron las construcciones de unas y otras obras, hasta que en 1910, por un acuerdo celebrado entre la representación parlamentaria de los intereses de ambos puertos, se aprobó una ley que autorizó la contratación de las obras de mejoramiento de Valparaíso y de San Antonio, fijando una suma global para cada uno de esos puertos; esa misma ley contemplaba el nombramiento de una comisión, la que fué llamada Comisión de Puertos, que se encargaría de aprovechar los estudios

acumulados y de fijar las obras que deberían construirse en esos dos puertos, debiendo después formular un programa general de la política portuaria relativa a la construcción de las obras que exigirían los demás puertos que se incluyeron en una lista, haciendo los estudios complementarios que exigiera el desempeño de su labor. Más adelante veremos con algún detalle el programa elaborado al respecto y las obras ejecutadas en los distintos puertos; pero antes debemos hacer algunas consideraciones de carácter general relacionadas con el tema del presente estudio.

Un puerto es en realidad una estación de transbordo, en que las mercaderías cambian de sistema de transporte: dejan el Ferrocarril y toman el vapor o vice-versa. Como el transporte ferroviario se hace por pequeñas cantidades de mercaderías, que llegan o salen del puerto por cientos de toneladas una o más veces al día, y el transporte marítimo se hace por cargamentos importantes, que alcanzan a miles de toneladas y que se concentran en un día cada varios de ellos, es necesario que el puerto tenga instalaciones espaciosas, donde puedan acumularse las mercaderías en cantidades notables y sin peligro para su conservación: grandes explanadas, en gran parte cubiertas con galpones; la instalación de las numerosas vías férreas que exige el servicio de esas explanadas y las calles para la circulación de camiones y otros vehículos locales, obligarán a disponer de terrenos planos muy amplios, que se medirán por decenas de hectáreas. Estos terrenos deben ser fácilmente accesibles a los buques, lo que hará que sean limitados por el lado del mar por malecones fundados a hondura suficiente para que el atraque de los buques sea posible en cualquier estado de la marea, malecones cuya longitud se me-

dirá por centenas o por miles de metros y cuyo costo se avaluará en millones de pesos. Finalmente la tranquilidad que debe tener el agua a lo largo de los malecones para que las operaciones de los buques no resulten difíciles o engorrosas, exigirá la construcción de obras de abrigo, que constituirán siempre, y con mucho, las partes más importantes del presupuesto de construcción de las obras de un puerto.

Considerando este último punto un poco más despacio, conviene notar que el valor de las obras de abrigo es, hasta cierto punto, casi independiente del movimiento comercial de un puerto. En efecto los extremos de esas obras deben encontrarse a una distancia tal de los malecones que los buques tengan espacio para amortiguar su velocidad y que los movimientos ondulatorios derivados del oleaje exterior se reduzcan en proporción conveniente, distancia que podrá estimarse en unos 700 metros cuando poco; por otra parte la distancia mínima que debe quedar entre las obras de abrigo más o menos paralelas a la costa y la costa misma, que viene a constituir el ancho del espacio abrigado no podrá ser menor de 350 metros; de manera que el desarrollo de las obras de abrigo será siempre superior a 1000 metros, lo que hará que su costo suba fácilmente de cuarenta millones de pesos de 6 peniques. Naturalmente el desarrollo de la longitud de malecones que exija el movimiento podrá exigir un largo muy superior para las obras de abrigo, lo que aumentará su costo, y tanto más cuanto mayores sean las profundidades que se alcance y mientras más desfavorables sean las condiciones del fondo submarino. Si a los cuarenta millones que valen las obras de abrigo agregamos una tercera parte para las explanadas y malecones necesarios para dos buques, llegaremos a una

suma de \$ 55 000 000 de 6 peniques, como mínimo para un puerto medianamente abrigado y suficiente para un movimiento comercial modesto, de unas 300 000 toneladas al año, suma que equivale a \$ 180 de capital invertido en obras por tonelada movilizada al año. Si duplicara el movimiento comercial, el valor total de las obras sería de \$ 70 000 000 de la misma moneda y el capital por tonelada anual bajaría a \$ 117. Estas cifras, que no se alejarán mucho de la verdad, tienen bastante importancia, porque nos permiten formarnos desde luego una idea del valor que tienen que tener las obras portuarias y de la importancia que tiene la concentración del movimiento comercial en pocos puertos, para disminuir el capital que afecta a cada tonelada movilizada, y explica fácilmente la idea, preconizada por todos los que se ocupan de estas cuestiones, de construir pocos puertos en cada país, a cada uno de los cuales corresponda una gran zona de atracción.

Este principio, demasiado evidente para que pueda ser olvidado, se encuentra sin embargo en contraposición con la forma de nuestro país, tan largo y tan angosto, que indica como solución natural la construcción de numerosos puertos para que las mercaderías sólo tengan que efectuar cortos trayectos por las vías terrestres, que son las más caras. Además hay que tener a la vista la configuración montañosa de todo el país, por efecto de la cual hay regiones que no pueden tener salida aceptable al mar sino por ciertas y determinadas partes, es decir que están obligadas a servirse de un puerto, casi con exclusión forzosa de cualquier otro. Razones de esta índole son las que obligan a utilizar en Chile un número de puertos considerable, tan grande que no es posible construir obras de abrigo en todos ellos, te-

niendo que contentarse muchas veces con lo apenas indispensable para efectuar la movilización de mercaderías en condiciones más o menos aceptables. Y si se tiene presente que el movimiento comercial de todos los puertos del país, tomados en conjunto, no alcanza a valer lo que el de un puerto cualquiera de primer orden, es fácil comprender que no podemos pretender tener un puerto de primer orden en Chile y que, si alcanzamos a obtener medianos resultados en ese sentido, ello significa un esfuerzo casi desproporcionado con la modestia de nuestros recursos. Hago estas observaciones para que el que juzgue de lo que el país ha hecho en materia de obras portuarias, no pretenda establecer comparaciones que no pueden sostenerse.

En cumplimiento de la ley de puertos ya citada se pidieron propuestas públicas para la construcción de los puertos de San Antonio (1911) y Valparaíso (1912); de acuerdo con el programa general de obras portuarias, cuyo desarrollo se postergó por falta de autorización legislativa, se contrataron las obras de Abrigo de Antofagasta en 1918. Una nueva ley autorizó la construcción del segundo trozo del molo de abrigo de Valparaíso, que se contrató en 1923, y la de otros puertos, entre los cuales el de Constitución, que se contrató en 1924 y las obras interiores de Antofagasta, en 1925, las de Iquique, en 1927, y las de Puerto Montt en 1929. Mientras tanto, desde 1920 se ha trabajado, por administración en la ejecución de las obras de mejoramiento del río Valdivia para que los vapores de cabotaje puedan remontarlo hasta la ciudad y efectuar sus operaciones en el puerto que se construirá aguas abajo de ella.

Estudiaremos separadamente las obras de cada uno de estos puertos, princian-

do por Valparaíso, que es el más importante de ellos.

VALPARAISO

La importancia que ha tenido siempre este puerto, por ser el que sirve a la capital de la República y la zona que la rodea, naturalmente la más valiosa del país y la más cultivada, ha sido causa de que desde hace un siglo se piense en mejorar sus condiciones naturales, bastante poco favorables durante una buena parte del año. Muchas son las ideas que se han propuesto en ese sentido y algunas de ellas han llegado a condensarse en proyectos de obras, más o menos aceptables, pero faltos generalmente de estudios suficientes. Estos proyectos pueden dividirse en dos grupos: los anteriores a los estudios de la comisión Krauss y los posteriores a esos estudios. Entre los anteriores sólo merecen mencionarse los de Lévêque y White, de los que haremos una breve reseña; entre los posteriores nos ocuparemos del proyecto Krauss, del de Guérard y del que se ha llevado a la ejecución.

El proyecto Lévêque (1892) consiste en construir un molo de abrigo que tiene su arranque en la Punta Duprat y se dirige sensiblemente hacia el S. E. con una longitud de 1 300; ese molo pasa por honduras de 50 metros y termina en 45 metros aproximadamente. Al abrigo de este molo se habría construído un dique seco, entre la Punta Duprat y el muelle fiscal; se habría conservado este muelle y se habría construído una sección de malecones de 1 800 metros de largo total, en la cual se comprenden cuatro espigones cortos, de 90 y 100 metros.

La idea de Lévêque ha sido mejorar el abrigo natural de la parte poniente de la bahía, protegiendo con el molo la

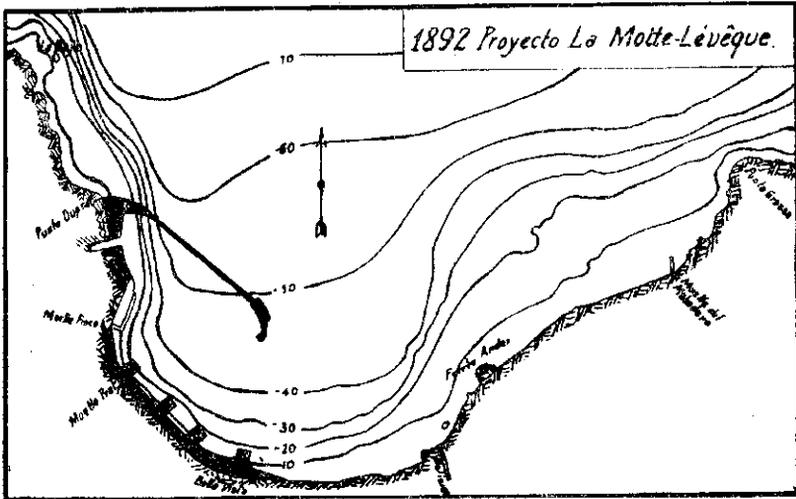


Fig. 1

sección destinada a los servicios del puerto, y dejando la parte situada al oriente de la estación de Bellavista en el estado en que estaba.

Sin entrar a criticar los tipos de obras, principalmente el molo de abrigo, con los cuales no estoy de acuerdo, considero que el proyecto Lévêque obedece a un criterio general bastante fundado: no pretende abrigo toda la bahía, porque la importancia del puerto no justificaría el gasto enorme que ello significaría, y elige entonces, para protegerla de los temporales de invierno, la parte oeste, que es naturalmente tranquila el resto del año; pero a mi juicio la utilización de la parte abrigada adolece de algunos errores.

En efecto el dique seco se encuentra ubicado demasiado cerca de los almacenes de aduana, de donde resultarían perturbaciones considerables para la explotación de uno y otros, que traerían como consecuencia la inutilización o el mal aprovechamiento de esa sección de malecones. En seguida el autor ha su-

bordinado el trazado de los demás malecones al mantenimiento del muelle fiscal, que era una obra antigua, de explotación muy costosa e ineficaz, a la que habría sido necesario, en todo caso, cambiar el tablero, lo que habría reducido mucho el valor de la parte aprovechable, y como consecuencia de esto los malecones habrían quedado mal abrigados por el molo. Aparte de esto los espigones son muy cortos y las darsenitas que quedan entre ellos son demasiado angostas para aprovechar bien su parte de la costa o demasiado anchas, para no aprovecharla.

En resumen, habría sido mejor no tratar de conservar el muelle como tal y haber concentrado los malecones en la parte bien abrigada por el molo, haciendo uno o dos espigones de largo triple.

El proyecto White, figura 2, obedece a una idea enteramente distinta: abandona la parte naturalmente abrigada en el poniente, el Puerto, y crea un puerto enteramente artificial entre el fuerte Andes y Punta gruesa, aprovechando la

meseta de unos 400 metros de ancho en que la profundidad es menor de 20 metros. Este proyecto comprende un molo principal de 1 500 metros de largo y otro secundario de 200 metros, que abrigan un antepuerto de 300 metros de

Fuera de estos dos proyectos se hicieron muchos otros, antes de los trabajos de la comisión Kraus: el que tenga interés en conocerlos con detalle puede verlos entre los planos presentados por esta comisión: pero, como dije antes los

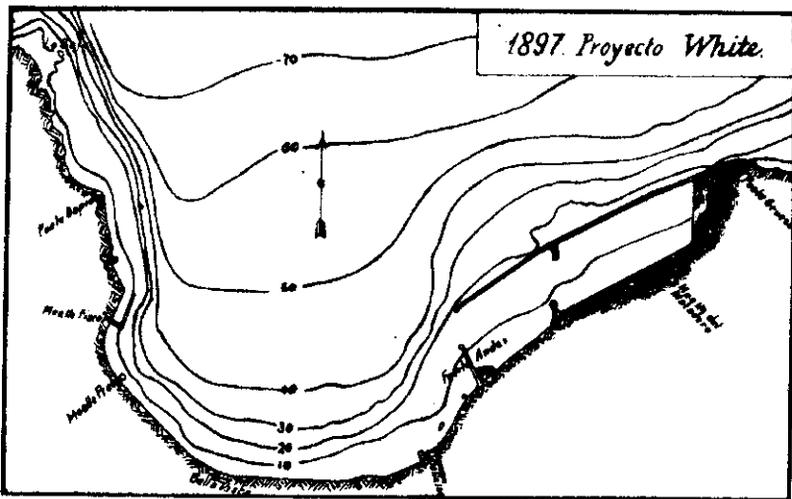


Fig. 2

largo y una dársena de 600, separada del antepuerto por dos pequeños molos interiores; el desarrollo de sus malecones sería de 900 metros.

En sus líneas generales, este proyecto tiene dos graves defectos: si en él se pensaba efectuar todo el servicio de Valparaíso, es pequeño; si se pensaba atender en él al cabotaje y continuar aprovechando el muelle fiscal para la internación, se dejaba esta parte, que es la más importante, enteramente desahogada y en las pésimas condiciones que todo el mundo le reconocía, y las dos mitades del puerto quedaban aisladas entre sí y separadas por una distancia inaceptable. Además la boca de entrada quedaba mal ubicada y la entrada de los buques habría sido imposible con mal tiempo.

que ofrecían mayor interés entre ellos son los dos que he considerado.

Respecto a los trabajos de la comisión Kraus, hay que dividirlos en dos partes: el estudio de la bahía de Valparaíso y sus inmediaciones, hecho en 1900 y 1901, y el proyecto de obras portuarias que esa comisión consideró convenientes, hecho en 1902 y 1903.

Según se manifiesta en la memoria de estos trabajos, la comisión Kraus consideró que no convenía proyectar obras en profundidades superiores a 30 metros y se impuso la condición de mantenerse dentro de la meseta angosta que no sobrepasa de esa profundidad. En consecuencia limitó el estudio del terreno a la curva de 30 metros, pero efectuó sondajes de toda la bahía hasta llegar a la hondura de 70 metros, abarcando por

consiguiente una zona dentro de la cual quedaban comprendidos todos los proyectos anteriores. Desde los puntos de vista topográfico e hidrográfico estos estudios son muy completos y todos los proyectos posteriores los han utilizado; el estudio de mareas tiene un desarrollo muy grande y que no se utiliza después; el de corrientes marinas es suficiente; las observaciones de temporales no dieron ningún dato de interés, porque durante los trabajos de la comisión el mar se mantuvo relativamente tranquilo, de manera que el proyecto se basó, a este respecto, en los datos suministrados por otras personas, según los cuales el oleaje durante los temporales llegaría a las obras de abrigo con la dirección N. O.

En cuanto al proyecto Kraus, en la figura 3 pueden verse sus líneas genera-

Las secciones primera y tercera consultan obras de abrigo para que los buques pudieran trabajar en aguas tranquilas, la segunda sección quedaría enteramente desabrugada y en las mismas condiciones se encontrarían las embarcaciones a flote en la bahía.

Este proyecto es muy conocido de nombre, pero ha sido muy poco estudiado y merece la pena examinarlo con algún detalle, considerando separadamente las tres secciones que lo componen.

La primera sección comprende la dársena de Las Habas H, y la dársena de la Aduana, D; en la dársena de Las Habas se haría el servicio del dique y en ella se consultan dos entradas para el servicio de los buques; en la dársena de la Aduana se haría el servicio de importación y también sería accesible por dos

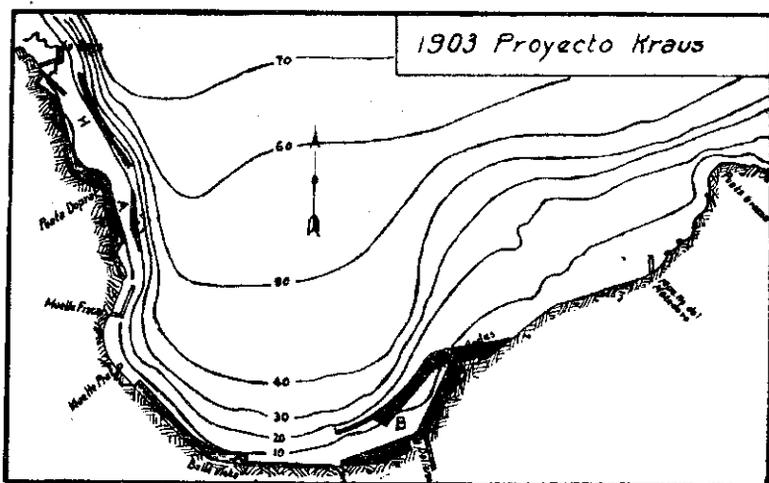


Fig. 3

les. Como puede verse en esa figura, el proyecto divide el puerto en tres secciones: una situada entre el muelle fiscal y la Baja, otra entre el muelle Prat y la estación Bellavista y una tercera entre el estero de Jaime y el fuerte Andes.

partes. Esta parte del proyecto presenta graves defectos, derivados de la condición impuesta de no construir obras en profundidades superiores a 30 metros. En efecto las maniobras de los buques serían sumamente difíciles, porque el

ancho disponible no llega en general a 150 metros, siendo sólo de 115 metros en el extremo del dique seco, de 130 metros en la dársena de la Aduana y de 70 metros en la darsenita del muelle fiscal; debo recordar a este respecto que los prácticos de Antofagasta consideraron estrechas las dársenas entre los proyectados espigones de ese puerto, que tenían 130 metros y en las que los buques no necesitaban efectuar ninguna maniobra, pues su papel es análogo al de la darsenita del muelle fiscal, cuyo ancho en el proyecto Kraus es de 70 metros; pero entre esta darsenita y las de Antofagasta hay una gran diferencia y es que en estas últimas el agua habría estado siempre tranquila, pues los espigones habrían cortado cualquier movimiento de resaca, mientras en Valparaíso la agitación del mar se habría propagado por entre las columnas del muelle fiscal. Por otra parte, como consecuencia del pequeño ancho de estas dársenas, la superficie de las aguas abrigadas en ellas resulta muy pequeña, lo que haría que el abrigo fuera muy imperfecto; y si se agrega a esto que las tres bocas del puerto de 160 y 225 metros de ancho se encuentran a menos de 150 metros de distancia de los malecones, es fácil imaginarse que durante los temporales la situación de los buques que se encontraran en las dársenas habría sido sumamente peligrosa. En efecto las olas habrían entrado con mucho ímpetu por las tres bocas del puerto, pues, aunque vengan del N. O., giran al acercarse a la costa, como es fácil de explicarse y como se ha comprobado en todas partes, incluso en el propio puerto de Valparaíso en el sitio en que se encuentran las obras a que se refiere esta sección del proyecto.

Aparte de esto la entrada y la salida a estas dársenas, habría sido muy difícil

en todo tiempo e imposible con temporales de mediana intensidad.

La dársena del Barón (B) tenía como objeto principal el desembarco de carbón para los ferrocarriles del Estado y la Compañía de Gas y el de algunas mercaderías, como pasto, cereales, madera y otras, que no tenían para qué atravesar el puerto. La entrada de esta dársena tiene 200 metros de ancho y el extremo del molo que la limita queda a esa distancia del talud de enrocados de defensa de la costa, de donde resultaría que la entrada y la salida de los buques sería muy molesta en todo tiempo y peligrosa en caso de mar un poco agitado; con temporal esas operaciones habrían sido imposibles. Pero esta dársena habría tenido otros inconvenientes graves: la resaca en ella habría sido siempre fuerte, por encontrarse su entrada en un punto en que la agitación es fuerte y por la forma de la dársena, que habría facilitado su propagación; además los buques no habrían podido girar dentro de la dársena, porque es demasiado estrecha para ello, salvo en casos excepcionales, lo que habría dificultado mucho la salida. Por otra parte la construcción del puerto de San Antonio, de la que ya se trataba cuando se hizo este proyecto, habría dejado casi inutilizada la dársena del Barón.

La tercera sección del puerto, los malecones comprendidos entre el antiguo muelle de pasajeros y la estación de Bellavista, estaban destinados a ser utilizados durante el buen tiempo, ya fuera por lanchas, ya fuera directamente por vapores de gran calado. Al mismo tiempo estos malecones servirían de defensa de la ciudad. La idea de conservar el malecón antiguo, enteramente desabrigado y expuesto al embate de los temporales, envuelve en sí misma una contradicción que la hace inaceptable.

Compañía Batignolles propuso acortar a 1 000 metros de A a B el largo principal del molo de abrigo y construir en El Barón un muelle M para la descarga de carbón, que tendría 250 metros de largo.

Al proyecto presentado por el señor Guérard se le puede criticar la poca eficacia del abrigo de los malecones que se encuentran al oriente del muelle fiscal, sobre todo si se reducía la longitud del molo, de manera que la sección de ellos comprendida entre el Muelle Prat y Bellavista no sería aprovechable sino en el verano. En cuanto al muelle de El Barón, que fué pedido para los Ferrocarriles del Estado, sólo podía ser utilizado durante el buen tiempo, pues se encuentra enteramente desabrigo.

Durante la discusión de las propuestas formuladas por la firma Batignolles y de las ofertas que, en contraposición con ellas hizo la firma John y Jackson, se hicieron muchas críticas infundadas al proyecto Guérard, entre ellas que el autor del proyecto no había permanecido sino dos o tres días en Valparaíso y no había hecho ningún sondaje en la bahía, mientras el señor Kraus, unos cuantos años antes había hecho más de siete mil. De más está decir que quienes hicieron críticas como esa no eran técnicos, ni mucho menos, y no se imaginaban que, teniendo los planos y estudios del terreno, se pudiera hacer un proyecto de Valparaíso, estando su autor en Santiago. Se hicieron también varias críticas fundadas, algunas de las cuales combatían la idea de pagar las obras entregando la concesión de explotación del puerto, y otras hacían ver los inconvenientes que se presentarían por el abrigo deficiente de una parte de los malecones.

Las propuestas hechas por la firma Jackson consultaban abrigo sólo para Las Habas y dejaban enteramente expuestos los malecones, principalmente la parte

comprendida entre el muelle fiscal y Bellavista, basándose en que el número de días en que se inhabilitaba el puerto por mal estado del mar era sólo de 27 en el año, como promedio, y esto dió fundamento a que la opinión pública de Valparaíso declarara que no se necesitaban obras de abrigo, opinión que se expresó en informes oficiales.

También se criticó al proyecto Guérard la profundidad de cerca de 60 metros, no alcanzada antes por ninguna obra, en que se encontraba la parte principal del molo de abrigo, a la cual se agregaba la naturaleza fangosa del suelo, crítica que se basaba en las observaciones hechas por el señor Kraus a los proyectos anteriores al de él y en algunas cartas privadas, en que calificaba de *obra de locos* la que proyectaba el señor Guérard. Conviene notar a este respecto que el señor Guérard (Alfonso) era un Ingeniero de gran reputación en Europa, que había sido durante muchos años Director del puerto de Marsella y, como tal, había ejecutado obras de abrigo de gran importancia en ese puerto.

Las proposiciones de la firma Batignolles en 1906 no fueron aceptadas, así como no lo fueron tampoco las de la firma Jackson; las propuestas presentadas sobre la base del proyecto Krauss, en 1906, habían sido desechadas también, porque fueron hasta 60% más altas que el presupuesto del proyecto. Los inconvenientes del puerto, en las pésimas condiciones en que se encontraba, se hacían más manifiestas a cada invierno, hasta que en 1910 el Gobierno resolvió llevar a cabo las obras de mejoramiento de este puerto, conjuntamente con las de San Antonio, lo que facilitó las cosas, consideradas desde el punto de vista de los intereses regionales.

La Comisión de Puertos tuvo a la vista todos los estudios y todos los proyectos

hechos anteriormente. En vista de las objeciones hechas a esos proyectos, que demostraban que ninguno de ellos satisfacía las necesidades del comercio en buenas condiciones, acordó elaborar uno nuevo, aprovechando los estudios hechos, completándolos en lo que fuera necesario y posible, proyecto que necesariamente tendría algunos puntos de contacto con uno o varios de los hechos anteriormente. La idea general de ese proyecto fué aprovechar la zona poniente, que es más fácil de abrigar y concentrar en ella todas las instalaciones del puerto, defender la ciudad en la parte que quedaría desabrigada y construir un muelle en El Barón para el servicio de combustibles e inflamables.

En la figura 5 se indican las líneas principales de ese proyecto, tal como ha

de los cuales 300 metros, corresponden al trozo que sale de la punta Duprat y avanza normalmente a la costa hasta llegar a la profundidad de 45 metros en el eje, y 700 metros al trozo principal, orientado sensiblemente hacia el S. E., que se desarrolla en profundidades de 45 a 55 metros. En el espacio abrigado por el molo se han desarrollado los malecones de atraque para buques en cuatro trozos, que tienen longitudes de 600, 350, 250 y 250 metros respectivamente, lo que arroja un total de 1 400 metros; el muelle de El Barón tiene 250 metros de longitud útil a cada lado, con lo cual la longitud de atracaderos con profundidad de 11 metros o más alcanza a 1 900 metros. Entre el espigón de atraque y la estación de Bellavista se extiende un malecón de defensa de la ciudad,

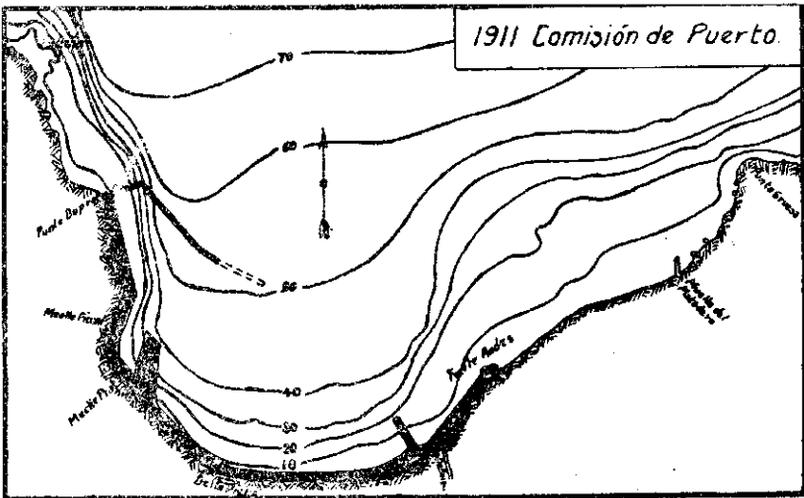


Fig. 5

sido realizado, modificando las líneas originales en algunos detalles, tales como la forma del brazo principal del molo de abrigo.

Esas obras comprenden un molo de abrigo de 1 000 metros de largo total.

con paramento casi vertical, fundado en 3 metros de profundidad, al cual pueden atracar lanchas y vapores de calado inferior a 4 metros, en caso necesario y tiempo tranquilo; hacia el oriente se extiende una defensa hecha con talud de

enrocados, que legal hasta el antiguo fuerte Andes.

Este proyecto tiene alguna semejanza con los de Léveque y Guérard, pero difiere de ellos en que las obras de atraque se han concentrado en la parte que queda abrigada por el molo, cuya longitud, según el proyecto debe alcanzar a 1 300 metros de los cuales 1 000 metros corresponden al brazo principal, del que faltan por construir los 300 metros finales, dibujados con línea de segmentos.

El examen del plano de estas obras muestra que no es posible pretender que el área abrigada por el molo, aún terminado, quede enteramente tranquila, porque la agitación del mar, girando hacia el poniente, tiene 600 metros de ancho

de ochenta millones de pesos de 6 peniques más, cantidad que no se justifica para el escaso movimiento comercial del puerto.

La mayor parte de las obras que comprende este proyecto se encuentran en la zona de menos de 30 metros de profundidad, que estudió el señor Karauss; pero la parte principal del molo de abrigo queda en profundidades de 50 metros y más y sólo había vagas indicaciones sobre la naturaleza del fondo en esa parte y ninguna sobre su resistencia; la comisión de Puertos debió por eso efectuar estudios que le permitieran juzgar cuál podría ser la penetración de los materiales del molo en el fondo fangoso, deduciéndola de la resistencia a la compresión de este último.

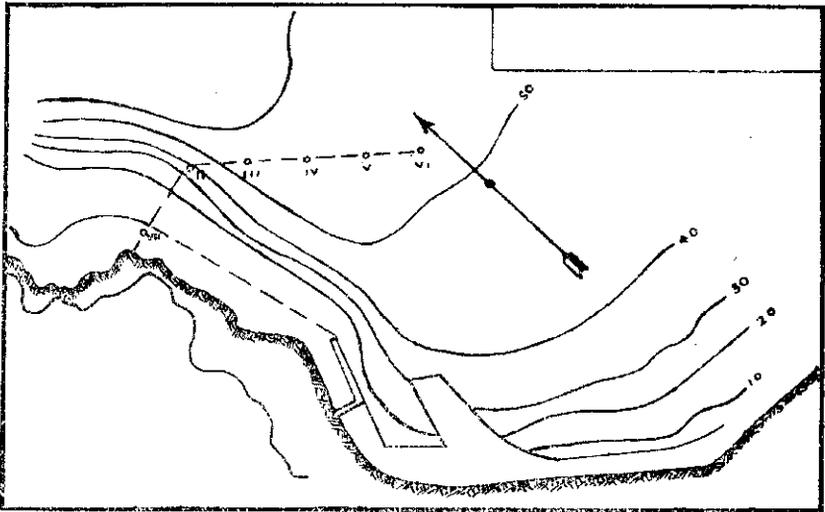


Fig. 6

para propagarse; pero la tranquilidad es suficiente para las necesidades del puerto en todo tiempo y los buques no se encuentran en peligro durante los temporales. Para obtener un abrigo completo y evitar todo movimiento de resaca sería necesario invertir no menos

Estos estudios tenían por objeto determinar la resistencia del terreno a diferentes profundidades y se les llevó a cabo por medio de tubos de acero huecos y llenos de fierro, cuyos pesos eran conocidos y cuyas penetraciones se medían, después de dejar que el peso obrara

estáticamente o con alturas de caída de 1 y de 3 metros. En la figura 6 se indican los ocho puntos en que se hicieron las experiencias, que fueron 18 en cada punto, nueve de ellas destinadas a determinar la resistencia de frotamiento y las otras nueve la de compresión.

parte del frotamiento con la resistencia deducida en cada caso de las experiencias anteriores, con lo cual la parte que quedaba para ser resistida por la compresión del terreno en la base del tubo aparecía disminuída. En las figuras 7 y 8 se reproducen los gráficos correspondientes

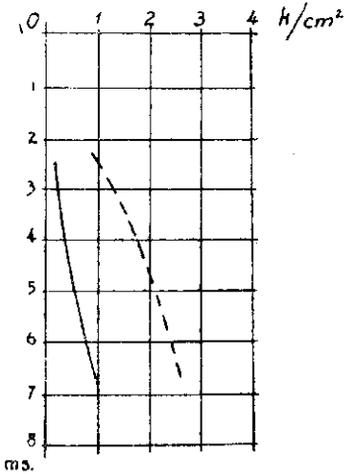


Fig. 7

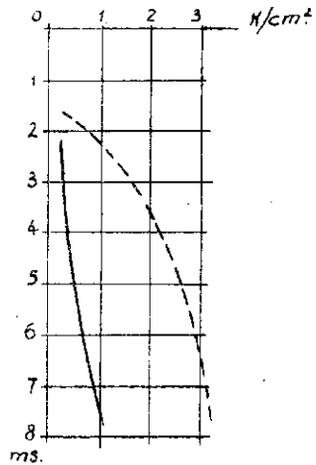


Fig. 8.

Las pruebas de frotamiento se hicieron con tres tubos huecos de 54 kilos, 69 kilos y 155 kilos de peso respectivamente, que actuaron estáticamente y con las alturas de caída indicadas; las de compresión, con tubos llenos de 276 kilos, 366 kilos y 456 kilos, que actuaron en la misma forma que las anteriores.

Para estar seguros de que las cifras correspondientes a la resistencia a la compresión no resultaran superiores a la realidad, admitimos que el peso de los tubos huecos se equilibrara únicamente con el frotamiento ejercido por el terreno sobre ellos, con lo cual la cifra correspondiente resultaba exagerada; en seguida al considerar el equilibrio del peso de los tubos llenos, descontábamos la

a los puntos II y IV, que son bastante característicos; en ellos las curvas dibujadas con línea llena corresponden a la resistencia de frotamiento, siendo la escala de abscisas horizontales de 8 mm. por cada 100 kilos por metro cuadrado de resistencia media en la penetración correspondiente, y las de línea de segmento, corresponde a las resistencias de compresión a la escala de 8 mm. por cada 1 kilo por centímetro cuadrado; las ordenadas verticales indican las penetraciones en el fondo a la escala de 8 mm. por metro. De esas curvas pudo desprenderse que la resistencia a la compresión alcanza a 3 kg/cm^2 a los 8 metros de penetración, cifra que por las razones que hemos dado sería inferior a la verda-

había que ponerse a salvo de las socavaciones, no se consideró prudente adoptar ese tipo de obra sino cuando la profundidad fuera por los menos de 18 metros; de manera que en la zona de menor profundidad se adoptó un tipo distinto, representado en la figura 9, en el cual la defensa está constituida por un prisma de bloques de 60 toneladas, colocados *pêlè-mêle*, que llega hasta la profundidad de (-12). Para evitar que la agitación del mar se transmitiera a través del molo, ya fuera al agua abrigada, ya al material del terraplén colocado detrás de él, se dispuso la parte situada encima

de la cota (-5.00) en forma de muro, hecho con bloques artificiales, colocados por capas horizontales, con un macizo de concreto en sitio de 3 metros de espesor y un parapeto de 6 metros de altura, que llega a la cota (+10.00). El prisma de enrocados sobre el cual descansa este muro tiene un núcleo formado con piedras de 20 kilos a 1 300 kilos, cubierto con una capa de enrocados gruesos, de 1 300 a 3 900 kilos de peso en la parte interior y de más de 3 900 kilos en la parte exterior, situada bajo los bloques de defensa.

(Continuará).