

Las obras ejecutadas y por ejecutar en el Puerto de Valparaíso(1)

POR

W. KAMP

(Conclusión)

8. Molo

Como último punto me queda considerar el molo que tal vez sea la más discutida de las obras, debido a las ingentes sumas comprometidas en su construcción y a la disparidad de opiniones respecto al efecto abrigador de tal o cual trazado.

Un sinnúmero de consideraciones ha sido aportado en este debate y de un modo general, podrá decirse, que en cada una hay cierto fondo de verdad. Sin embargo, ellas, generalmente, no tenían sino valor cualitativo, o sea, muy relativo, mientras sus defensores muchas veces, les atribuían una importancia tal como si pudieran resolver cuantitativamente el problema.

Hasta en el seno de la Comisión de Puertos llegamos a notar disparidad de opiniones tan fundamentales que, por un lado leemos en el informe del proyecto las palabras: «El conjunto de las obras hasta aquí descritas, realiza la idea de un puerto abrigado, al cual los buques tendrán acceso en cualquier tiempo, encontrando «seguro fondeadero» y por otro lado se formuló ahí la siguiente opinión: «Cualquiera que sea la dirección que se dé al molo de abrigo no se logrará evitar la marejada en el interior del puerto».

¿Cómo hacer concordar ideas tan opuestas? ¡Marejada en el interior de un puerto abrigado! Esto es cosa de ante-puertos, pero no del puerto mismo y mucho menos tolerable en una dársena contorneada por muros verticales. ¿Cómo puede suponerse ahí «marejada» y creer a la vez que las grandes naves se atreverían a entrar a buscar refugio?

Marejada en mar abierta se presenta como un movimiento regular y rítmico mucho menos de temer por las naves que la marejada irregular que se presentaría en una superficie relativamente restringida y encerrada por muros verticales.

(1) Véase la errata que anotamos al fin de este artículo.

Analicemos someramente la situación de la bahía durante los temporales.

A este respecto tenemos que fijarnos más bien en las olas que en los vientos.

Las olas de más fuerza llegan de alta-mar desde el N. O. y hasta desde el oeste. Dentro de la bahía modifican su dirección girando de manera que tienden a echarse perpendicularmente sobre la costa.

En la parte oriente de la bahía, digamos desde Fuerte Andes hacia el oriente, esto puede producirse con una desviación relativamente pequeña, de manera que las olas llegan con su cresta más o menos paralela a la costa, lo que permite que la superficie de esta zona se mantenga más o menos con el movimiento rítmico de alta mar.

En la parte poniente de la bahía la ola no puede desviarse tanto que llegaría derecho a la costa. Por motivo de chocar con ella con cierto ángulo será reflejada en forma irregular y los reflejos formarán interferencias con olas directas; total, se formará, especialmente en la zona frente a Bella Vista, una agitación de agua sumamente irregular que de un momento a otro puede variar de aspecto en fuerza como en dirección. Es el espectáculo tan conocido en Valparaíso de los estragos que hace el temporal entre Bella Vista y Jaime y que hace siempre acudir gran número de curiosos y de fotógrafos.

La violencia de este fenómeno ha aumentado aún después de haberse contorneado gran parte de la bahía por malecones cuyos paramentos verticales acentúan el reflejo de las olas.

El molo exterior, que va a construirse ahora, tendrá indudablemente cierto efecto abrigador sobre esta zona de agitación irregular frente a la ciudad. Sin embargo, este mismo molo, por su orientación inclinada con relación a la dirección de las olas tendrá también cierto efecto de concentrar la agitación de estas olas y echarlas sobre la zona de costa entre Bella Vista y Jaime.

No es posible prever el modo cómo estas agitaciones se extenderán hacia el poniente en la parte de la bahía que se pretende abrigar, pero es temerario trazar desde el cabezo del molo líneas rectas con cierto rumbo de viento y de creer que ellas formen el límite entre zona agitada y abrigada.

Estos fenómenos escapan a todo cálculo. Además, se presentarán en forma muy distinta en un temporal y en otro; y, también, durante varias épocas de un mismo temporal.

Lo que las naves tienen que temer no será la duración de todo un temporal sino momentos, tal vez de corta duración en que se acumulen el mayor número de factores desfavorables.

Considerando la situación así no puede negarse la probabilidad o a lo menos la

posibilidad de grandes peligros. La zona de agitación violenta y muy irregular frente a la costa entre Bella Vista y Jaime queda en abierta y directa comunicación con la zona poniente que se desea abrigar.

Pueden llegar momentos en que la primera de estas zonas actúe, como centro de impulsión, desde donde se propagarán agitaciones peligrosas hacia la segunda que no permitan la estadía en ella de un regular número de naves, fuera de las muchas embarcaciones menores que desde luego deben encontrarse ahí.

Determinar de ante mano este número de naves es tarea inútil. Los que dicen que esta dársena servirá para dar abrigo a tantas naves, hacen sólo cuentas alegres, porque nadie puede prever cuál será el espacio que la nave necesita para proveer a su seguridad y a la de sus vecinos.

Sin embargo, no es admisible exponerse a un fracaso de tal tamaño como sería: gastar la suma enorme que costará el molo grande y que finalmente las grandes naves ahí no encontrasen abrigo seguro.

No debe perderse de vista que la única justificación de tal inversión será obtener el abrigo para aquellas naves.

Muchas veces se ha tratado el problema del abrigo de Valparaíso como si su objeto fuera abrigar los malecones. Esto es un error muy grande. ¿Por qué pretender abrigar malecones cuando nadie piensa usarlos en días de temporal cuando se suspende toda faena comercial?

Tengamos, pues, bien presente estos dos hechos:

- 1.º Son las *naves* y no los *malecones* que deben abrigarse;
- 2.º La zona peligrosa desde la cual puede ser propagada una agitación temible de agua es la zona frente a la costa entre Bella Vista y Jaime.

De estos dos hechos fluye como conclusión: *búsquese el abrigo para las naves lejos de aquella zona peligrosa* y así se llega lógicamente a la solución de la verdadera dársena de refugio de Las Habas de KRAUS, bajo protección del molo transversal de La Baja.

Es decir: la dársena defectuosa, como KRAUS la proyectó, enormemente perfeccionada por la construcción del molo grande. Ambas ideas se completan admirablemente, mientras cada una por sí presenta una solución mediocre y tal vez mala. Su conjunto ofrece las verdaderas características de un ante-puerto con acceso fácil y de una poza bastante alejada de este ante-puerto para ofrecer abrigo seguro.

Parece probable que se obtendría aguas bastante tranquilas en este puerto a pesar de su boca norte tal como KRAUS lo propuso. Este punto solamente podría

ser decidido por la práctica. En último caso la boca podría cerrarse y entonces el abrigo sería perfecto.

La existencia de dicha boca ofrecería la enorme ventaja a la navegación de poder establecerse una circulación de naves que entrarían por el sur y saldrían por el norte de la dársena.

La verdadera solución del problema del rompeolas habría sido, pues, una inteligente combinación de las ideas de KRAUS y de GUERARD, ejecutando el molo transversal de La Baja y el longitudinal de Las Habas de KRAUS y el molo grande (exterior) de GUERARD.



Fig. 7.—Boyas y Pontones.

No debería haberse ejecutado el molo longitudinal de la Aduana de KRAUS como tampoco el molo transversal de Punta Duprat de GUERARD. La construcción de esta última obra, que ya es una realidad desgraciada para Valparaíso, ha sido el más grande error de las obras actualmente ejecutadas.

El conjunto esbozado de la dársena de refugio en Las Habas con su entrada protegida por el molo exterior, además de ofrecer abrigo a las naves en días de temporal, significaría un mínimo de estorbo para la navegación en todos los demás días del año que son los más numerosos.

Molos que cierran la bahía entera y que sólo sirven para dar abrigo por unos pocos días, son durante todo el resto del año estorbos notables para la navegación. Es esto un punto de bastante importancia y que ha recibido poca atención de parte de los autores de proyectos que encierran casi toda la bahía.

A este respecto conviene tener bien presente que, al fin y al cabo, para Val-

paraíso es una ventaja grande de disponer de una bahía espaciosa, completamente abrigada hacia el sur, donde las naves encuentran amplio campo de maniobrar y tienen una facilísima comunicación con el exterior en todos los días de buen tiempo.

La situación que se crea con los 700 m. de molo recién contratados ya será bastante seria para los servicios del puerto. Se ve en la figura N.º 7, que da la situación de boyas y pontones, que dicha obra atraviesa el actual fondeadero de naves y no cabe duda que la presencia de este muro vertical hará inservible parte de aquel fondeadero debido a la agitación irregular de agua que producirán las olas al estrellarse con la construcción.

Esta circunstancia obligará a replegar las naves más hacia Barón, alejándolas así de las faenas comerciales del puerto, sin que sea posible traerlas todas al abrigo del molo, porque la cabida que dará a este último no guarda relación con el número de embarcaciones grandes y pequeñas que ahí deberían fondearse dejando además el espacio suficiente para maniobrar.



Tengo bien presente, señores, que mis consideraciones anteriores no tienen sino valor cualitativo y por este motivo no pretendo solucionar con ellas el aspecto cuantitativo de estos problemas, quiero decir que no pretendo desde luego dimensionarlos.

Creo que esta parte debería haber sido resuelta por el desarrollo natural de las cosas mismas y que a nosotros, ingenieros, nos corresponde solamente discurrir sistemas y líneas por las cuales sea posible tal desarrollo en forma tal que nos dé amplias oportunidades para practicar lo que la naturaleza irá enseñándonos.

En esto, nuestra tarea, nos corresponde especialmente evitar daños.

Evitemos ansiosamente hacer obras que pudiesen ser un estorbo para futuros desarrollos.

El trazado de los molos debe hacerse de manera que deje la mayor posibilidad a futuros cambios; es decir, a desviarlos y a prolongarlos.

En este sentido deben condenarse molos que van en direcciones de encontrarse.

La flexibilidad del trazado de un molo se aumenta, dándole dos extremos, que cada uno puede desviarse y prolongarse según las necesidades futuras, lo que conduce, pues, a preferir molos longitudinales que contornean la costa a cierta distancia a molos transversales que arrancan de un punto fijo desde tierra. Los longitudinales ofrecen, además, la ventaja de admitir circulación para las naves.

Parece, pues, poco adecuado el trazado de la Comisión de Puertos para los futuros ensanches, en forma de dos molos arrancando cada uno de la costa, repitiendo así al oriente de la bahía el mismo error ya cometido en la parte poniente, o sea, poner desde luego punto final a toda posibilidad de futuros ensanches.

Además, la boca de 300 m. de aquel puerto futuro quedaría orientada de modo de dejar entrar una ola de gran fuerza lo que seguramente provocaría una marejada molesta en el interior.

En caso que se desearía siempre la solución por medio de dos molos arrancando de tierra el extremo del molo poniente debe superponerse al del otro, lo que disminuiría mucho la entrada de las olas a la vez que daría mayor espacio para el acceso de naves, aunque disminuiría la superficie de agua que se pretende abrigar, con la ventaja evidente que tal zona efectivamente se abrigaría, lo que no sería el caso con aquella otra más grande.

Pasemos, finalmente, a indicar algunos trazados que podrían ser adoptados en un futuro cercano.

Terminado el molo de 700 m., la marejada en la parte poniente que se desea abrigar se combatiría de la manera más eficaz con un molo *A* de la figura 9 desde cierto punto del malecón, construcción que comenzaría en relativamente poco fondo y se prolongaría según el resultado que diera.

En caso que se deseara continuar con la construcción de molos grandes, es decir, seguir invirtiendo fondos sin tomar en cuenta el aspecto económico de estas obras, podría tomarse un trazado análogo al indicado por GUERARD. Este trazado deja posibilidades prácticamente ilimitadas a futuros ensanches y estorba menos el libre tránsito en la bahía.

La construcción de tal molo parece sin embargo completamente vedado bajo el punto de vista económico.

Una solución menos costosa y por consiguiente más recomendable sería entonces la combinación de los proyectos KRAUS y GUERARD como lo indiqué más arriba, construyéndose el molo transversal de La Baja y el molo longitudinal de Las Habas del proyecto KRAUS.

La dársena de refugio que así se construiría, se comunicaría con la dársena actual por medio de una apertura de 90 m. que se haría en la superestructura del actual molo de Punta Duprat. Eventualmente se cerraría la boca al sur del molo transversal de La Baja (véase figura 9).

Estas obras no deberían contratarse en largos determinados, sino ejecutarse paulatinamente, dejando la última palabra, en cuanto a sus dimensiones, a la mis-

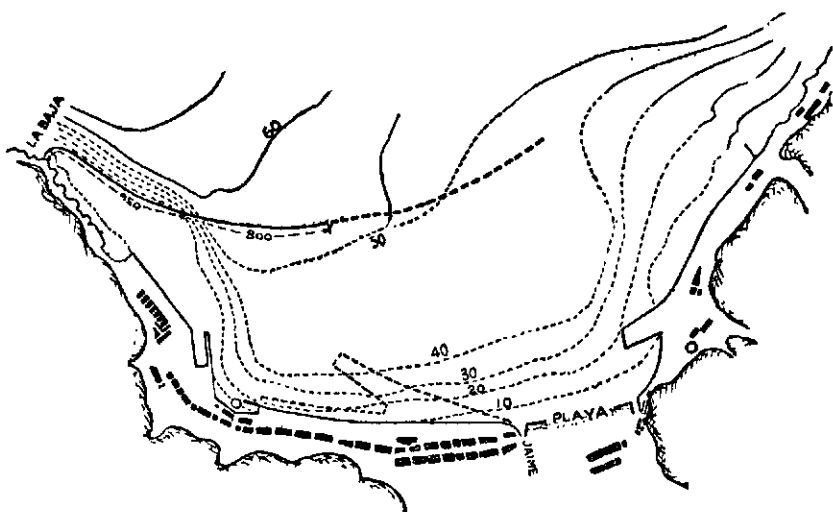


Fig. 8.—Trazado racional de obras.

ma naturaleza que, al fin y al cabo, entiende de estas cosas más que todos nosotros juntos.

La figura N.º 8 da el conjunto de obras que, de acuerdo con las ideas arriba

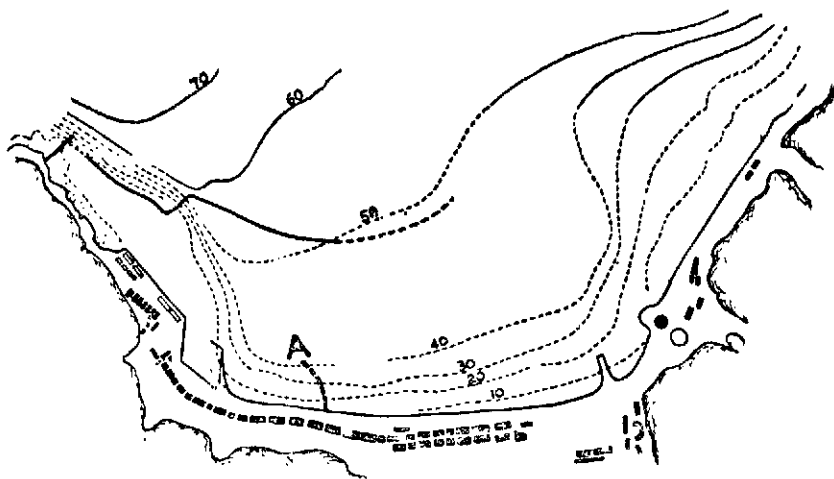


Fig. N.º 9.—Ensanches futuros que aun son posibles.

desarrolladas y siendo una combinación racional de los proyectos KRAUS y GUERARD habría sido la mejor solución de estos problemas.

En la figura N.º 9 reúno varios ensanches sucesivos que aún creo recomendables para el futuro.

Aspecto financiero de las obras

El análisis financiero de las obras, que voy hacer aquí, no tiene por objeto determinar el costo verdadero de ellas. No es precisión de cifras lo que persigo.

Deseo hacer solamente un cálculo comparativo de ciertos grupos de obras y por ser crítica del proyecto de la Comisión me voy a valer para esto de los valores numéricos del presupuesto oficial del año 1912. Las ofertas de los contratistas en aquel entonces resultaban desde 20 hasta 50% más altas. Hoy día los precios también serían distintos, pero como el objeto de este estudio es solamente comparativo, me basta quedarme con aquellas cifras oficiales.

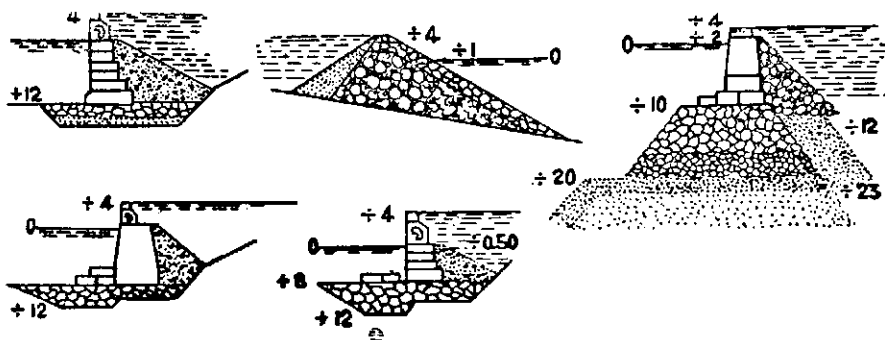


Fig. 10.—Tipos ejecutados de obras de arte.

Dejo a un lado las obras complementarias como edificios, utilería, etc. y considero solamente:

- 1.º Atracaderos con sus terraplenes correspondientes;
- 2.º Defensas de enrocados también con sus terraplenes,;
- 3.º Molo.

Reuno en el cuadro siguiente de cada una de estas obras su largo, su precio por metro corrido y su costo total.

ATACADEROS, DEFENSAS DE ENROCADOS Y MOLO SEGUN PROYECTO
OFICIAL (FIGURA N.º 3)

SECCION DE OBRAS	Largo m'.	Precio en \$ oro por m'.	Valor total en \$ oro
<i>Rompeolas:</i>			
1.º trozo.....	165	12 000	1 985 000
2.º trozo.....	123	20 900	2 565 000
<i>Malecón Aduana</i>	630	3 700	2 350 000
<i>Muelle Fiscal:</i>			
Refuerzo	225	7 000	1 575 000
Prolongación.....	145	11 000	1 595 000
<i>Malecón Prat</i>	210	4 350	910 000
<i>Espigón de atraque:</i>			
Suma de los costados	500	8 560	4 280 000
<i>Malecón Ciudad</i>	745	5 000	3 670 000
<i>Defensa de enrocado</i>	1 660	1 000	1 680 000
<i>Muelle Carbón:</i>			
Suma de los costados	400	10 700	4 280 000
			24 890 000

Se observa en este cuadro que el *malecón de aduana* costó \$ 3 700, p. m' lo que es un precio muy racional para un atracadero con 12 m. de agua. También el *malecón Prat*, con sus \$ 4 350, está bien justificado en vista del fondo menos bueno que tenía esta construcción. Desde el punto de vista del trazado de obras sin embargo creo que tal construcción no debería haberse hecho, como lo indiqué más arriba. Mejor habría sido una defensa de enrocados que, en aquella profundidad no podía costar más de \$ 2 500, p. m' y cuya forma más racional, para el comienzo, habría sido la de un pequeño molo que protegiera el muelle Prat según indica la figura 8. Más tarde, una vez concluido el abrigo del puerto esta poza podría haberse terraplenado construyéndose, delante del enrocado, un malecón según las necesidades del caso.

El *refuerzo del muelle fiscal* ha costado \$ 7 000 p. m' o sea, casi el doble de un

malecón nuevo. En demoler y reforzar esta construcción, tapar su poza con un terraplén y, por consiguiente, perder su costado interior como atracadero, se invierte la suma de \$ 1 575 000.

Al lado de tierra de esta poza habría podido construirse un malecón en buen terreno, como resulta de los sondeos geológicos de KRAUS. Esta construcción habría tal vez costado un poco más que el malecón aduana por motivo de desmonte o dragaje, lo que parcialmente se compensaba por casi no necesitarse hacer terraplén.

Tal malecón, pues, podría haberse estimado en unos \$ 4 000 p. m' y con 245 m. de largo costaría \$ 980 000.

Así es que tal solución habría significado un menor desembolso de \$ 600 000 y habría dado como aumento de atracadero, comparándolo con la situación actual, los dos costados del muelle fiscal ¡que suman unos 400 m'!

La *prolongación del muelle fiscal* a razón de \$ 11 000 p. m' parece excesivamente cara. Era una construcción sobre columnas de concreto armado a gran profundidad debido a las malas condiciones del suelo.

En la licitación se ofreció reemplazar esta construcción por un muro previo mejoramiento de fondo, disminuyendo el precio unitario en \$ 4 000 p. m', lo que corresponde a \$ 7 000 p. m'. En esta forma quedó ejecutado.

En el *espigón de ataque* se observa un precio de \$ 8 560 p. m' para la suma de sus dos costados, precio bien justificado por la hondura de esta construcción. Sin embargo, el precio de la obra se recargó sin necesidad por ejecutar su cabezo en forma de un gran muro en vez de una defensa de enrocados, que era más bien el destino de esta construcción ya que la Comisión de Puertos no lo contó entre sus atracaderos. ¿Por qué haberlo ejecutado entonces en forma de muro vertical? Mejor y más barato habría sido una defensa de enrocados, tal vez coronada por un murito con 2 ó 3 m. de agua o bien provista por escalas sobrepuestas para botes.

Como ya tuve oportunidad de explicarlo creo que toda la construcción del espigón debería haberse suprimido, destinándose los \$ 4 280 000, respectivos a obras de mayor provecho inmediato.

El *malecón delante de la ciudad* se estimó en \$ 5 000 p. m', precio que técnicamente bien se justifica; pero económicamente no, como ya lo indiqué. Esta obra debería haber sido reemplazado por una defensa de enrocados, la cual habría ofrecido todavía la ventaja de atenuar la agitación del agua en esta parte, durante los temporales.

En el cuadro siguiente reuno los atracaderos y defensas de enrocados que indiqué más arriba como un conjunto más racional para las necesidades de Valparaíso

ATRACADEROS Y DEFENSAS DE ENROCADOS PROPUESTOS, SEGUN LA FIGURA N.º 8.

SECCION DE OBRAS	Largo m'.	\$ oro por m'.	Valor total \$ oro
<i>Malecón Aduana</i>	600	3 700	2 220 000
<i>Muelle Fiscal:</i>			
Costado de la poza	245	4 000	980 000
Prolongación.....	200	7 000	1 400 000
<i>Muelle Prat (Pasajeros)</i>			
Molito de enrocados	100	2 500	250 000
Mejora y aumento de escaleras			200 000
<i>Enrocados de Defensas:</i>			
Entre Urriola y Edwards	900	2 000	1 800 000
Entre Edwards y Jaime	550	1 000	550 000
Muelles para lanchas			300 000
			7 700 000
			Total del cuadro anterior
			24 890 000
			Diferencia
			17 190 000

La diferencia entre ambos cuadros sería, pues, la suma que podría invertirse en la construcción del molo y de las obras en Barón, digamos para cada uno de ellos la mitad, o sea, más o menos \$ 8 500 000.

El molo de Punta Duprat, según el primer cuadro se estimó en \$ 4 550 000. Se habría, pues, contado con casi el doble de esta suma para esta obra, lo que habría bastado para la construcción de unos 600 ó 700 m. del molo longitudinal de Las Habas.

En Barón, con \$ 8 000 000, habría sido posible hacer un gran espigón espacioso, o bien hacer obras más modestas, destinando el resto de los fondos a otras obras de abrigo en la parte poniente de la bahía.

No se comprende la razón por qué en Barón se hizo un muelle en vez de un espigón.

Del cuadro primero se ve que el espigón se estimó por m. de atraque de sus dos costados en \$ 8 560, y el muelle de Carbón es de \$ 10 700.

Calculando los precios de estas construcciones por m². de su superficie, el espigón costaría \$ 155, y el muelle \$ 715, por m². No se ve, pues, motivo alguno por qué se haya preferido un muelle a un espigón.

Otra suma muy apreciable se habría obtenido como economía (tanto en dinero como en plazo de ejecución) al tomar el cerro Bueraas como empréstito de materiales de construcción, cuya suma también habría podido invertirse en mayores obras de abrigo.

Repito que el bosquejo de estos números no tiene pretensión de exactitud, pero sí basta para probar que un estudio más cuidadoso de la parte financiera habría permitido proveer a Valparaíso de un conjunto de obras mucho más eficaces dentro de la misma inversión de fondos.

Construcción del molo

Al proyectarse las obras actuales, en 1911, la Comisión de Puertos decía en su informe al Gobierno que la violencia de los temporales de Valparaíso obligaba a proyectar un tipo de construcción tan robusto como los más estables que se hayan construido. Mencionaba además el hecho de no haber podido disponer de datos experimentales, por no existir en nuestros mares obras que puedan remotamente servir de términos de comparación.

La primera aseveración es el reflejo de lo que suele oírse en Valparaíso debido a la impresión que producen los fenómenos observados en el malecón, pero en ella la imaginación ha tenido más parte que el atento examen de los hechos.

En cuanto a la segunda, cabe observar que la experiencia, que efectivamente faltaba en el año 1911, después ha sido obtenida por la construcción del molo de San Antonio.

Impresionado por lo que dice la voz pública en Valparaíso respecto a la violencia singular de sus temporales, se pretenderá, tal vez, que aquella violencia sea mucho mayor que en San Antonio.

Creo que no es así.

Si el mismo público que queda abismado por los golpes de agua que se levantan

contra el malecón de Valparaíso, se asomara, en un día de temporal, al molo de San Antonio, su asombro sin duda aumentaría todavía.

Pero, finalmente, no es por tales impresiones que podemos darnos cuenta de la fuerza de las olas.

El molo de San Antonio recibe el embate de las olas directas de alta mar y las de mayor fuerza llegan de direcciones entre el N. O. y O. Se encuentra más expuesto a su embate que el molo exterior de Valparaíso al cual llegan solamente después de haberse desviado notablemente de su dirección, y entonces se estrellan contra él bajo un ángulo mucho más agudo que en San Antonio.

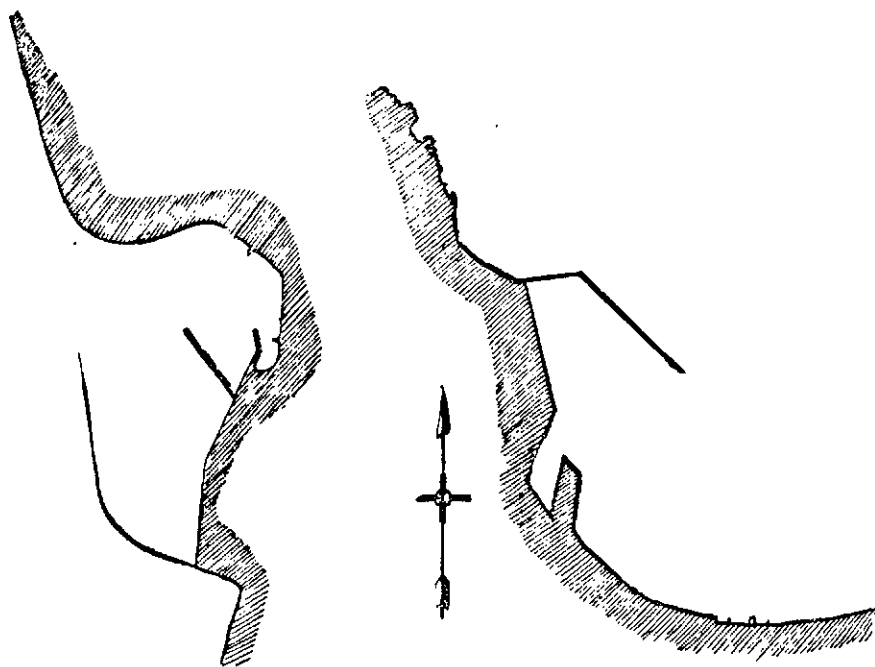


Fig. 11.—Trazado de San Antonio y Valparaíso.

La figura N.º 11 en que las obras de San Antonio y Valparaíso están orientadas sobre el mismo norte ilustran bien esta situación.

Repito que al considerar la mayor sollicitación que sufran estas obras debemos considerar el efecto de las olas y no de los vientos.

No hay duda que la situación de la ciudad de Valparaíso se encuentra más expuesta que el sitio donde se desenvuelve el pueblo de San Antonio. La puntilla saliente del norte ofrece una zona de calma, donde puede buscarse refugio, pero apenas alcanzaría para unos tres buques, quedando los demás, si quisieran meterse en peores condiciones que en Valparaíso.

El molo de San Antonio se encuentra donde ya no hay abrigo ni atenuación alguna de la acción de las olas de alta mar. Ellas embisten con toda su fuerza con el costado exterior de la construcción y los efectos correspondientes han podido notarse en los temporales.

En Valparaíso se ha observado siempre que las naves que han soltado sus amarras en un temporal, se van a estrellar en las playas del Barón y no en la sección poniente de la bahía, por lo que se ve que la mayor fuerza de olas viene desde la dirección noroeste. El molo exterior que va a construirse ahora se encuentra, pues, orientado muy favorablemente con relación a esta dirección; está, pues, relativamente poco expuesto al azote del más fuerte oleaje.

La orientación de un molo con relación de la dirección en que vienen las olas es de vital importancia para el efecto destructor de estas últimas. Este efecto disminuye a medida que el ángulo sea más agudo.

Es curioso observar que la Comisión de Puertos casi no hace distinción entre el molo transversal de Punta Duprat y el molo exterior cuya dirección hace un ángulo de casi 60° con el primero.

La construcción del molo de San Antonio podrá aplicarse con absoluta seguridad para la superestructura del molo exterior de Valparaíso en el trazado que recién se contrató. Me atrevo a decir no solamente que esta construcción resistirá, sino que la práctica de la ejecución haría ver, probablemente, que sus dimensiones podrían siquiera disminuirse en este caso.

El Molo de San Antonio es una diga de enrocados defendida en su cresta y talud exterior por grandes bloques de concreto.

La ventaja enorme de este tipo, es que puede reforzarse gradualmente durante su ejecución a medida que las condiciones locales del mar hagan ver su necesidad.

Botar piedras y bloques al mar y dejarlos desparramarse y extenderse bajo la acción del mismo mar es el sistema más racional de trabajo. En estas condiciones es el mar el que indica las dimensiones que serán necesarias. Cada vez que los golpes de olas destruyen cierta parte superior de la construcción, sus materiales se desparraman en forma de reforzar la infraestructura sobre la cual se vuelve a construir en seguida la parte superior en mejores condiciones, hasta darle las dimensiones que resistan.

Este sistema evita dimensionar de antemano la construcción, tarea harto difícil para acertarla bien y en vista de cuyas incógnitas los ingenieros, a fin de ponerse a salvo de eventualidades, dan a sus proyectos dimensiones demasiado opulentas que significan inversiones innecesarias.

Ejemplo práctico fué la ejecución de la defensa de bloques péle-méte en el molo de San Antonio. La cantidad que se colocó en obra, se determinó según eran las exigencias del mar y se consiguió, con este procedimiento, economizar una cantidad apreciable de ellos sobre la estipulada en el contrato. Sirvieron estos bloques para atender a otras necesidades del puerto, porque ya el contratista los había fabricado; pero no fueron botados en una obra que no exigía una proporción tal como la contratada.

Esta posibilidad no se encuentra en el tipo-muro, cuya superestructura está formada por un muro vertical, de concreto o albañilería. Cualquiera destrucción de esta parte de la obra sería un accidente de difícil reparación, que debe evitarse a todo costo, lo que conducirá lógicamente a dimensiones exageradas a fin de evitar tales percances.

Una equivocación muy corriente en cuanto a estos dos tipos de molo consiste en creer que el tipo-diga no podría hacerse tan resistente como el tipo-muro. La resistencia de un molo no depende exclusivamente de su tipo sino también de las dimensiones, tanto las del cuerpo mismo como las de los elementos que le componen. Aumentando debidamente las dimensiones puede alcanzarse la resistencia que se quiera dentro de cualquiera de los dos tipos.

De un modo general puede decirse que el tipo-diga de molo debe preferirse sobre el tipo-muro. Su aplicación no depende tanto de factores técnicos, sino económicos. Será cuestión de costo. Es evidente que los cubos de materiales necesarios para el tipo-diga son mucho más grandes, pero se economiza gran parte del concreto cuyo precio es tan subido.

Esta cuestión del costo dependerá de la forma y las condiciones en que se podrán encontrar los materiales de construcción, especialmente arena y piedra.

En muchas partes del mundo estos dos materiales no se hallan juntos en condiciones favorables de extracción y transporte, y ésta es la razón por qué el tipo-diga no ha podido encontrar tan general aplicación como lógicamente correspondería a sus calidades.

La costa chilena ofrece grandes probabilidades en este sentido que no deben perderse de vista al proyectar estas obras.

Veamos lo que sucedió en San Antonio.

El autor del proyecto, BROEKMAN, había adoptado un molo tipo-muro por no atreverse a proyectar el otro tipo en vista de no conocer aún la calidad de las canteras que, por la vista exterior de los cerros, no se acusaban como muy buenas.

Una vez que las obras estaban ya ejecutándose resultó que dichas canteras se

prescataban en muy buenas condiciones y podrían suministrar abundancia de piedras de gran tamaño. En vista de esta circunstancia se modificó entonces el tipo de molo por cuya modificación se obtuvo todavía la economía necesaria para construir además 200 m. de atracaderos para naves dentro del mismo precio total de las obras.

Más tarde, en los años siguientes, las canteras de San Antonio se desmejoraban notablemente; pero el molo siempre se llevó a efecto en su forma actual que ha resistido sin averías, a los más fuertes temporales.

El tipo-diga, con taludes más tendidos y superficie muy irregular y áspera, ofrece dos ventajas especiales sobre el tipo-muro de paredes verticales y superficie lisa para las obras de defensa de Valparaíso.

- 1.º Es más eficaz al recibir el choque de las olas para amortiguar su fuerza;
- 2.º Se consigue que la graduación de la carga que se efectúa sobre el suelo sea más suave.

La gran fuerza de la ola está en el movimiento rítmico de las enormes masas de agua que se mueven uniformes. Recibiéndose el choque contra un muro vertical, sólido, éste debe resistir a toda esa energía acumulada para reflejarla hacia afuera a interferir con nuevas olas que llegan de alta mar. Resultará, entonces, que habrá puntos de mayor intensidad de olas en la zona exterior del molo.

Una diga de enrocados con bloques péle-méle ofrece irregularidades, salientes y huecos tan grandes que la ola quiebra, resbala, rompe, se desparrama en todo sentido y pierde totalmente su coherencia y su unión, que es su fuerza.

En un ante-puerto esta cuestión no sería de tanta importancia. En Valparaíso, donde se confunde el ante-puerto con el puerto, es de muchísimo interés tomar cuantas medidas sea posible para atenuar y amortiguar el gran movimiento de oleaje. Por este motivo tendría ventaja proveer al molo de aquellos taludes ásperos que son más eficaces en este sentido.

En cuanto a la acción de la construcción sobre el terreno se puede observar que el hundimiento en el subsuelo fangoso se producirá de dos maneras.

- a) *Compresión vertical* del material del subsuelo por aproximarse más entre sí sus partículas sólidas, desalojándose parte del agua de sus intersticios.
- b) *Traslado horizontal o desplazamiento lateral* hacia afuera de parte del material del subsuelo.

El fango consiste en partículas finísimas mezcladas con muy variables cantidades de agua, por lo que su aspecto puede variar desde el fango líquido que casi

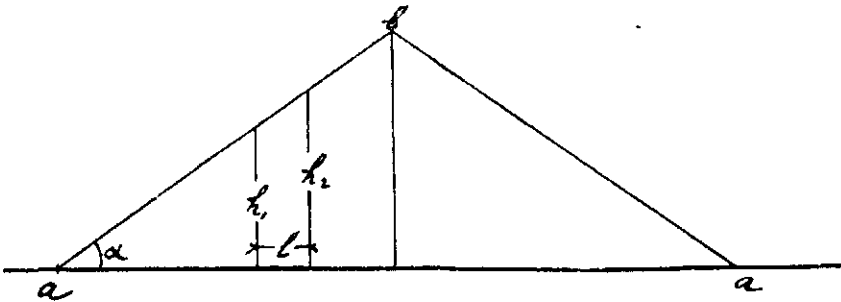
parece agua hasta un barro que acusa cierta consistencia y resistencia de fricción interior.

Sobrecargando el suelo fangoso con un prisma de materiales sueltos, el peso muerto de dichos materiales hará desalojar parte del agua que contiene el fango, y las partículas sólidas del subsuelo, se juntarán más, produciéndose así un hundimiento vertical. Este fenómeno puede compararse con el resultado que se obtendría si se comprime fango en un vaso cilíndrico accionado por un pistón, que haría escurrirse el agua, pero no las partículas sólidas.

Supongamos, ahora, el caso que el material mismo no admite prácticamente mayor compresión, pero que su coherencia o fricción interior sea muy pequeña, parecido a lo que sucede con el agua, tendríamos que la compresión vertical se detendría y el pistón no bajaría más en el vaso; pero, las partículas del subsuelo, debajo del prisma de materiales, se escaparían lateralmente y la construcción continuaría hundiéndose.

¿Qué fuerzas determinan este fenómeno?

Sea que las ordenadas de la recta ab expresen en cada punto el valor de la presión que el prisma de materiales ejerce sobre el suelo.



Considerando un trozo 1 la diferencia de presión $h_2 - h_1$ será la fuerza que actúa para hacer desalojarse lateralmente el material del subsuelo. A esta acción se opone la coherencia, o sea, la fricción interior del material.

Por consiguiente en un material dado, con cierto coeficiente de fricción interior, el peligro de este desplazamiento lateral será menor a medida que sea menor el valor $h_2 - h_1$ o sea más tendido la línea ab o sea menor el ángulo.

El prisma de materiales formado por el molo ejercerá sobre el subsuelo una pre-

sión que en su centro llegará a un máximo y será cero en los pies de sus taludes. El gráfico según que dicha presión variará entre estos dos valores no será una recta naturalmente sino alguna forma curva. En uno u otro caso el principio arriba indicado regirá invariablemente.

Según que sean más o menos tendidos los taludes del prisma de los materiales, la curva de presión tomará también inclinaciones más o menos fuertes. Fluye, pues, de esto que a medida que los taludes del prisma de materiales sean más tendidos, será menor el peligro del desplazamiento lateral del material del subsuelo.

El fenómeno, por lo demás, parece bastante racional y fácil de entender. Extraño me ha parecido que en cierta oportunidad, por parte de la Comisión de Puertos, se me ha podido tildar a este respecto de sentar una teoría de apariencia matemática y según la cual no habría movimiento horizontal de los materiales que constituyen el fondo fangoso en caso que la carga que actúe sobre ellos fuera uniforme.

No hay nada raro en esto; al contrario, así será; pero sería un extremo que en los casos de la práctica que aquí consideramos no puede presentarse, porque entonces el ángulo α sería cero. «Sobrecarga uniforme», en la situación que contemplamos, indica supresión completa de talud, cosa que naturalmente no puede suceder con un prisma de materiales, cuya peculiaridad es precisamente que llega a morir en nada, de un modo más o menos suave, precisamente a medida que varía la presión unitaria que ejerce sobre el suelo.

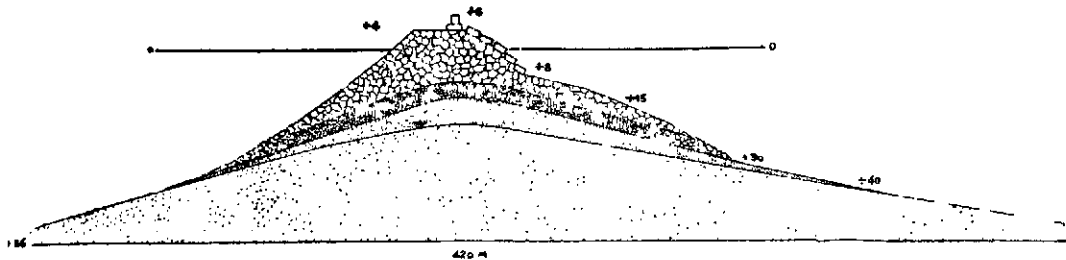


Fig. 12.—Molo a gran profundidad tipo diga.

Había, pues, motivos de sobra para considerar la posibilidad de la construcción de un molo del tipo-diga para Valparaíso.

El hecho que la oferta BATIGNOLLES del año 1907 había optado también por este tipo era una indicación más que debería haber conducido a considerar este aspecto.

La figura N.º 12 da el perfil del tipo-diga que considero apto para ser ejecutado en Valparaíso y la figura N.º 13 da el tipo-muro tal como ha sido contratado. Sus materiales principales serían como sigue:

MATERIALES	CUBOS TEORICOS EN M ³ .	
	tipo-diga figura 12	tipo-muro figura 13
Concreto	45 000	173 000
Enrocados	500 000	230 000
Arena, cascajo, desmontes, etc.	5 550 000	2 860 000
Total	6 095 000	3 263 000

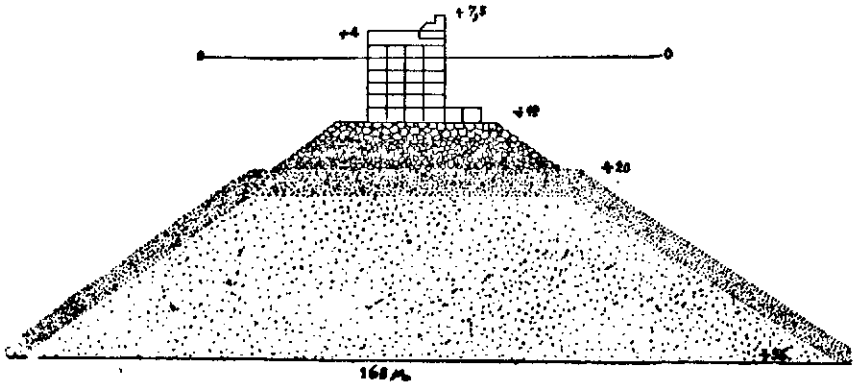


Fig. 13.—Molo a gran profundidad tipo contratado.

La disminución del cubo de concreto o sea unos 130 000 m³. significaría una menor inversión de unos \$ 6 000 000 oro por este capítulo que podría aplicarse al mayor cubo de materiales naturales.

La aplicación del tipo-diga en este caso dependería en primer lugar de los yacimientos de arena. Su construcción, en las dimensiones necesarias, solamente podría llevarse a efecto en forma de una diga grande de arena movilizada por medios modernos. Su cubo enorme habría precisamente traído la posibilidad de que tal trabajo hubiera podido hacerse en condiciones económicas. En cuanto a los enrocados que defenderían taludes y cresta de la diga, no cabe duda que podrían ser proporcionados por los alrededores de Valparaíso.

Ahora bien, el problema económico que aquí se plantea no es tanto un problema de ciencia pura, por resolver por las oficinas proyectistas, sino es uno de la práctica de Contratista y depende de los medios modernos de extracción de arenas de que ellos dispongan y de la calidad de yacimientos que se encuentren en la localidad.

En tales situaciones suele ser interesante llamar a concurso de contratistas con proyectos libres, procedimiento indicado tanto por la naturaleza como por el valor de la obra.

Con lo expuesto, señores, doy término a mi conferencia, sintiendo no haber dispuesto del tiempo necesario para profundizar más la materia.

Sin embargo, creo haber dejado bien establecido que en la realización del mejoramiento del puerto de Valparaíso se ha descuidado el aspecto general del problema, aspecto que podría llamarse el financiero-social. Las obras en sí son técnicamente bien ideadas y muy bien ejecutadas, pero no se ha buscado el contacto necesario entre el organismo existente que se trataba de mejorar y las creaciones nuevas llamadas a obtener ese objetivo. No se ha dado tampoco la importancia suficiente a que el conjunto de las obras resultara lo más eficaz dentro del menor límite financiero de su costo.

El caso, señores, es como el de un médico que pretendiera atender sus enfermos sin visitarles personalmente, dándoles sus recetas e indicaciones profesionales por teléfono.

Es cierto que, en materia de puertos, hay casos en que puede tener aplicación criterio tan simplista. Tal fué San Antonio, donde prácticamente no existía ninguna obra ni organización portuaria digna de ser considerada en su plan portuario nuevo. En consecuencia, la solución del problema de San Antonio podía limitarse casi exclusivamente a su aspecto técnico.

¡En Valparaíso el caso era bien distinto! Aquí, podría decirse, había una anciana, cuya enfermedad crónica exigía la esmerada atención de un especialista, que se esfuerza por penetrar a la mentalidad de su paciente y auscultar su organismo antes de recetarle algo.

Merecía Valparaíso esa atención: su historia, su situación como primer puerto de la República, con elementos portuarios anticuadísimos y la circunstancia especial de que cualquier entorpecimiento de sus servicios desmejorara su situación en relación con otros puertos vecinos en creación, exigían que el mejoramiento del puerto se hiciera lo más eficaz y lo más rápidamente posible, primando estos aspectos sobre los de la técnica pura.

Resumiendo en pocas palabras mi crítica a las obras ejecutadas en Valparaíso, puedo decir que estas obras no son sino trabajos de ingeniería y bajo este aspecto no hay que hacerles ninguna observación. Los esfuerzos gastados en sus estudios, que han sido grandes, se han limitado prácticamente al aspecto técnico de los problemas, pero sin extenderse al debido estudio comparativo financiero-social.

Obras de esta naturaleza tienen que estudiarse en primer plan en contacto estrecho con la situación social y comercial de la localidad, cuyas condiciones deben mejorar. Una vez resueltas las cuestiones en este terreno vendrá, en segundo plan, la solución técnica para dar forma material a las líneas esbozadas.

FE DE ERRATAS

En la página 43, del N.º 1, de los «Anales», figura N.º 2, dice: Guevara. Debe decir: Guerard.

En la misma página, se colocó una figura N.º 3, que no correspondía a esa parte del artículo.

La figura que debió colocarse es la que sigue:

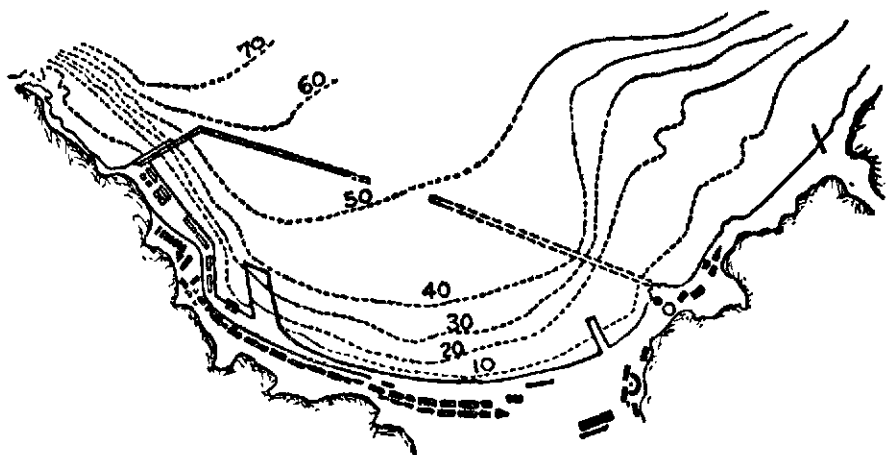


Figura N.º 3.—Proyecto de la Comisión de Puertos.

En la página 48, se cometió el mismo error. La figura que debió colocarse es la que sigue:

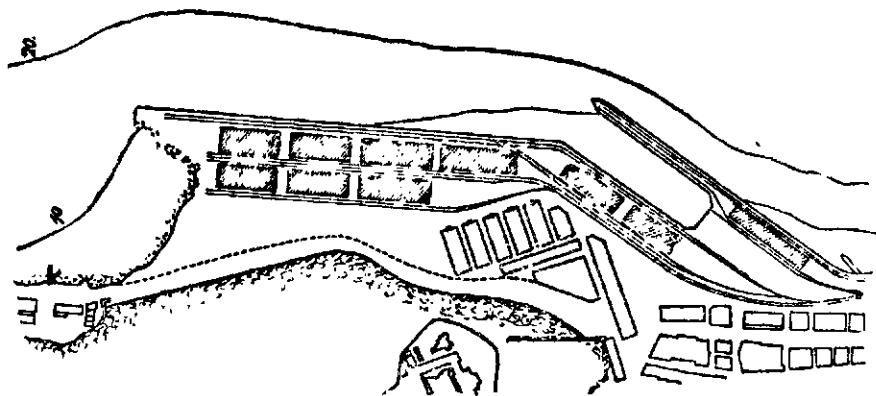


Figura N.º 5.—Muelle fiscal y terrenos adyacentes.

En la página 49, línea 6, dice: N.º 8. Debe decir: N.º 5.