
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

SUMARIO.—Los proyectos de dársenas para Valparaiso, conferencia leída en el Instituto de Ingenieros en la sesion de 27 de Julio de 1898, por el ingeniero don Eujenio Bobilier.—Actas.—Bibliografía.

LOS PROYECTOS DE DARSENAS PARA VALPARAISO

Conferencia leída en el Instituto de Ingenieros en la sesion del 27 de Julio—1898

POR EL INGENIERO DON EUJENIO BOBILIER

ESTIMADOS COLEGAS:

En la sesion celebrada por el Instituto el 19 de Abril del presente año i publicada en los ANALES correspondientes al mes de Mayo, el señor D. Casanova, hizo algunas observaciones respecto a los estudios hechos por el que suscribe, para la confeccion del proyecto de Ante-Puerto i Dársena para Valparaiso ubicado en la playa de Viña del Mar, proyecto, que fué presentado a las Cámaras i pasado en informe a la Honorable Comision de Gobierno.

En el mismo número de los ANALES se encuentra un artículo del mismo ingeniero, titulado: “*Los movimientos de los aluviones en la costa de Chile*”, en el cual se hacen algunas apreciaciones sobre la bahía de Valparaiso i la playa de Viña del Mar, que son contrarios a la realidad de los hechos.

Trataré en el curso de esta conferencia de probar que las conclusiones a que se llega en el artículo citado son completamente erróneas, i que las observaciones hechas a nuestro proyecto son tambien infundadas.

Esas observaciones, por lo demas, por la forma en que son hechas, tienen el carácter de un ataque a nuestro proyecto, que nó el de una crítica científica, i tiene mas en este caso, el carácter de una crítica literaria en la cual su autor, se ha preocupado mas de discutir las formas, que no las conclusiones prácticas que nos han servido para la confeccion de nuestro proyecto.

En cuestiones profesionales un ataque es siempre desagradable: la crítica científica, por el contrario, es siempre simpática e ilustrativa; levanta el espíritu, entusiasmo i nos trae la luz. Toda crítica de esta clase lleva envuelta en sí la demostracion i comprobacion de los errores en que en sus conclusiones puede haber incurrido un ingeniero,—pues nadie es infalible,—i para que ella sea completa, debe ir a su vez acompañada de la demostracion razonada i clara de las conclusiones contrarias a que se llega.

Sin estas condiciones, pierde toda crítica su mérito i queda reducida a una simple cuestion de opiniones en contradiccion unas con otras. La contradiccion está al alcance de todo el mundo, desde el mas ignorante al mas entendido: la demostracion i el raciocinio solo están al alcance de este último: i entre profesionales la única forma de crítica aceptable es la crítica razonada.

El señor Casanova, en sus observaciones, no hace sino dar simplemente su opinion, que puede ser tan valiosa como cualquiera otra. Su argumentacion por lo comun se reduce a decir: esto no es así, sino lo contrario, sin demostrarnos ni el error ni la verdad de estas opiniones.

Lleno de las ideas emitidas en su artículo sobre "*El movimiento de los aluviones en la costa de Chile*", quiere aplicar a Valparaiso las mismas conclusiones jenerales que de ahí deduce, i que han sido obtenidas mediante la observacion atenta de cómo se verifican esos movimientos en aquellas playas que el autor ha estudiado por sí mismo.

Cae, así, en el defecto mui comun de las personas poco prácticas, de querer explicar cada caso particular por medio de leyes jenerales, olvidando que, principalmente en trabajos marítimos, esa jenerali-

zacion puede conducir a gravísimos errores, i que la única base que puede servir para combinar un proyecto de esta clase es el estudio determinado de la localidad donde se trata de ubicarlo.

Es por esto, que queriendo aplicar a Valparaiso las conclusiones de su citado artículo, llega a deducir una consecuencia completamente errónea i que no puede ser mas contraria a los hechos; estando ademas en contradiccion con los mismos principios enumerados en su artículo, como lo probaremos mas adelante.

I.

Al ocuparse el señor Casanova, en sus observaciones, sobre los vientos, corrientes i mareas en la bahía de Valparaiso, dice que estos datos son deficientes i parece llegar a la conclusion de que mientras no se tengan estos datos completos, no se debe proceder a estudiar un puerto de abrigo para Valparaiso. Ni se podría sin ellos llegar a determinar la marcha de los aluviones.

(*Anales del Instituto de Injenieros*, Mayo de 1898. Pájs. 543, 544, 545.)

Reconozco con mi colega que las observaciones metereológicas e hidrográficas hechas en nuestra bahía son incompletas, como lo son aun mas en toda la costa de Chile; pero mia no es la culpa, i puede estar seguro que si mi objeto hubiera sido presentar un informe sobre estos temas habria hecho numerosas i completas observaciones dignas de esta interesante cuestion.

La perfeccion en las observaciones i exactitud de estos datos, dependen del objeto a que se les destina, pero bajo el punto de vista práctico, de las construcciones marítimas; los datos que nos dan nuestros observatorios i los datos hidrográficos recojidos en distintas épocas por nuestros marinos dan al ingeniero bases suficientemente exactas para sus aplicaciones i para poder juzgar de si los efectos que producen estos fenómenos en nuestras costas son o no

de temer, sirviéndole además para explicar ciertos hechos conocidos ya de antemano por la observación atenta de ellos.

Muy interesante es bajo el punto de vista científico, el conocer exactamente hasta en sus más pequeñas manifestaciones los fenómenos de que nos ocupamos; ¡ojalá llegue el día en que pueda llevarse a cabo en toda la costa de Chile un vasto y completo plan de observaciones que nos dé el conocimiento cabal de su régimen. Ello debe ser el resultado de una paciente y constante labor de muchos años, y para lo cual se debe tener numerosos observatorios escalonados a lo largo de nuestras costas, ligados entre sí y dotados de todos los aparatos más perfeccionados.

Sólo así llegaremos a tener estos datos completos, lo que facilitará mucho la labor del ingeniero que tiene que hacer uso de ellos, para poder explicarse los movimientos de los aluviones a lo largo de una costa.

Pero mientras no los tengamos, deberemos hacer uso de los datos jenerales que nos dan nuestros observatorios—suficientes para el caso práctico que nos ocupa—teniendo por su parte el Ingeniero que suplir su insuficiencia con un estudio muy detenido de la localidad, para poder llegar a conclusiones prácticas verdaderas, so pena de tener que cruzarse de brazos.

Con el mismo derecho se podría decir que los ingenieros en Chile no pueden construir puentes sobre nuestros ríos sin conocer antes la hidrografía completa de ellos y que es necesario que, mediante estudios y observaciones de muchos años, se llegue a determinar con exactitud la cantidad máxima de agua que puede llevar un río en un punto dado, para poder determinar las dimensiones de su obra.

El conocimiento completo de los vientos, corrientes y mareas, en toda la extensión de la palabra, de una localidad dada, no basta por sí solo para darnos idea de la magnitud de sus acciones, porque estas son muy complejas y dependen de muchas circunstancias que pueden hacer variar su intensidad. Bajo el punto de vista práctico, más importancia tiene para el Ingeniero la observación de lo que pasa en la localidad misma.

Los trabajos hidráulicos no tienen por objeto evitar las causas, sino contrarrestar sus efectos i la mejor manera de apreciarlos es por la observacion directa de ellos.

Se desprende de la observacion que encabeza este párrafo, que para su autor no tiene importancia alguna el conocimiento i estudio de la localidad, o al ménos que les atribuye un papel mui secundario. Para él tiene mas importancia el estudio completo de las causas que pueden producir un efecto dado que el efecto mismo; i que no se puede llegar a una conclusion verdadera sacada de la observacion de los hechos mismos, sin estudiar de una manera completa las causas que los orijinan; i por último, que no estando bien definidas las causas, los efectos observados i las consecuencias que de esto se deducen son inexactas.

Es decir, la práctica siguiendo a la teoría. En Injeniería, es la teoría que sigue siempre a la práctica; de la observacion directa de los hechos se pasa a la aplicacion de ellos. La teoría i la práctica deben estar siempre conformes i cuando las consecuencias que se deducen de ambas no concuerdan, es que, en todo caso, la teoría o es defectuosa o mal aplicada.

Bajo el punto de vista práctico de las construcciones marítimas, los vientos por sí no tienen importancia alguna, sino por el efecto que producen sobre las olas i las múltiples acciones que de ahí se derivan. Entre los distintos efectos causados por las olas los hai de mayor o menor intensidad, i los que el injeniero debe tomar en cuenta son aquellos que producen un mayor efecto. De aquí que su tarea en el estudio que hace sobre los vientos se simplifique notablemente, i llegue despues del conocimiento de la localidad, de la orientacion de la costa i de las condiciones de la rada, a anular ciertos vientos que por la direccion en que soplan, reconoce que no pueden ejercer acciones sensibles o preponderantes sobre el réjimen de una playa, cualquiera que sea su constancia e intensidad.

El estudio de la localidad es pues de primordial importancia. Un viento de tal direccion será mui digno de tomarse en cuenta en cierto tramo de costa i podrá anularse en otros por los efectos

mui pequeños que produce. Un viento podrá producir trasportes sensibles de arena en su misma direccion, en una playa orientada de cierta manera i no tendrá accion alguna en otra de distinta orientacion.

Siendo las olas la causa principal e inmediata del movimiento de las arenas a lo largo de una costa, la magnitud i direccion de este movimiento estará en relacion directa con la intensidad de ellas, i como las olas producidas por vientos que soplan de la mitad del compas que mira hácia el largo i en un mar perfectamente libre son las de mayor intensidad, serán por lo tanto éstas las que producen una mayor accion.

Estas olas, viniendo ya de un lado u de otro i producidas por un viento mas o ménos inclinado sobre la perpendicular a la playa, efectuarán un transporte longitudinal a lo largo de la costa en un sentido u otro que podrán equilibrarse; pero que jeneralmente se resume en un transporte final de las arenas, en el sentido del viento dominante o en la resultante de estas dos acciones.

La accion de las olas, por otra parte, es proporcional al trabajo del viento que las causa; es decir, *al producto de la duracion del viento contado en horas, por la velocidad horaria media estimada jeneralmente en kilómetros.*

Por lo tanto, para determinar la resultante final en cuyo sentido se produciria la progresion de las arenas, seria necesario determinar, desde luego, los elementos de cada uno de los vientos que soplan del largo, como ser: su duracion horaria i su velocidad kilométrica tambien horaria. Determinada así la componente o el trabajo de cada viento i su direccion, se determinaria por el cálculo o gráficamente el valor de la resultante i su direccion, la que nos daria a su vez el sentido del movimiento de las arenas.

Pero esto no nos daria sino el sentido teórico, que bien puede ser que no esté de acuerdo con la realidad de las cosas. Basta que la costa esté mas o ménos protegida por algunos bancos de arena, o por puntas salientes situadas a la derecha o la izquierda del punto considerado, para que la agitacion sobre la playa o la accion

de la ola no sea proporcional al trabajo del viento o al producto que hemos indicado. I hasta podrá suceder, que en una misma costa, aun en puntos bastante aproximados i en que el réjimen de los vientos es el mismo, las condiciones locales produzcan cambios en los trasportes longitudinales finales, no solamente como importancia; sino tambien como sentido.

El problema es pues mui complejo i pretender resolverlo con el conocimiento, aunque sea completo de los vientos, es tarea poco ménos que imposible i que podrá conducir a un resultado mui erróneo.

Por otra parte, cualquiera que sea la exactitud con que se proceda, no se podrá jamas determinar la importancia absoluta de los trasportes en un punto determinado, cuando mas se podrá llegar a estimar si habrá que temer mucho o poco, segun sean las condiciones locales del viento i de los abrigos.

Vemos que, aun tomando en cuenta todos los factores que pueden modificar este movimiento, no se llegaria en último caso, sino a determinar su sentido, i para esto cuenta el ingeniero, a falta de los datos completos sobre los vientos, con un poderoso auxiliar, que es: el estudio detenido de la localidad, el reconocimiento de las playas de arena, su posicion con respecto al oríjen probable de ellas, la composicion, color i tamaño comparativo de estas mismas arenas, i en fin, todos aquellos datos recojidos en un tramo de costa mas o ménos largo, i que no pueden escapar a un atento estudio. Las conclusiones obtenidas del exámen de los mismos hechos, siendo reales i tanjibles, serán siempre concluyentes i podemos estar seguros que no nos conducirán a errores.

El señor Casanova exajera al darles tan poca importancia a las observaciones hechas en la Bolsa de Valparaiso, que son las que hemos utilizado: por mui incompletas que ellas sean, nos dan al ménos el réjimen de los vientos bajo el punto de vista de su constancia en las distintas estaciones del año, i su mayor o menor intensidad i duracion en las ocho principales direcciones del compas.

Indudablemente que con estos datos no podriamos determinar

la marcha de los alluviones teóricamente, ni podríamos estudiar las obras de un puerto de abrigo desde nuestro gabinete con plano en mano de la localidad; pero nos dan los datos necesarios para poder apreciar la constancia e intensidad relativa de cada viento, correspondiendo al ingeniero suplir su insuficiencia con el estudio de la marcha de las arenas en el terreno mismo.

La misma sencillez de las observaciones, es una garantía de exactitud: por muy descuidado o muy poco práctico que sea el observador, no irá a indicar un viento del Sur cuando sopla del SO., o Norte cuando es del NO.; la diferencia es tan notable, que la observación puede aun ser hecha, sin tener que recurrir a la veleta. Por otra parte, cualquiera que sea el número de observaciones sobre los vientos, que se hagan durante el día, se podrán siempre reducir a una sola con el objeto de facilitar el resumen de su constancia i obtener así un promedio tanto mas exacto cuanto mayor sea el número de observaciones que se tomen en cuenta. En casi todos los observatorios donde se toma la dirección de los distintos vientos que soplan durante el día, es costumbre resumirlas en una sola que da la dirección e intensidad del viento dominante durante el día; tal como lo hemos hecho en nuestro caso para obtener la resultante jeneral.

Valparaíso es tal vez el único puerto de la costa de Chile donde se hayan hecho observaciones constantes durante muchos años, i sin embargo, con datos aun mas deficientes que los que se tienen de nuestra bahía, se han elaborado importantes proyectos de mejoramiento para los puertos de Iquique, San Antonio, Llico, Pichilemu, Constitución, etc., etc.; en muchos de los cuales no se han hecho uso sino de las observaciones jenerales dadas por el Anuario Hidrográfico i Meteorológico, completadas por las observaciones propias de los ingenieros, hechas en plazos muy reducidos i en condiciones muy desfavorables.

En Europa misma, la instalación de observatorios completos, sólo ha adquirido desarrollo en estos últimos tiempos, i en numerosos puertos, no se han hecho sino observaciones tan jenerales como

las que se hacen en Valparaiso, sin que ello haya sido jamas un inconveniente para la creacion de puertos de abrigo.

Mediante el estudio de la bahía de Valparaiso i del conocimiento i constancia de los vientos, hemos deducido ciertas conclusiones jenerales, que nos han servido para la confeccion de nuestro proyecto: conclusiones que pueden resumirse de la manera siguiente:

1.º *Que los únicos vientos que producen temporales dentro de la bahía son los vientos fuertes del NO., los que soplan en los meses de Mayo, Junio i Julio. La accion que estos vientos ejercen en la bahía se explica por el hecho de estar ésta abierta en esa direccion, de la cual soplando los vientos del largo i en un mar perfectamente libre, las olas llegan con toda su fuerza e intensidad.*

2.º *Que los vientos del SO., que son los mas constantes, i en cuya direccion, mas o ménos, se resume la resultante jeneral, no son jeneralmente fuertes. Estos vientos, aunque soplando en las mismas condiciones que los del NO., no producen dentro de la bahía agitacion tan fuertes como éstos, debido al abrigo que le dan los cerros altos que forman la punta de Curamilla.*

3.º *Que los demas vientos, de los cuales los Sares que soplan en la temporada de verano son los mas fuertes, no producen agitacion sensibles en la bahía por ser vientos de tierra.*

Estas conclusiones, a que se llega mediante los datos dados por la Bolsa Comercial, en las cuales se anota cuando hai agitacion del mar, en el momento que se hace la observacion del viento, son completadas por observaciones propias, i ellas son incontestables por ser, podemos decirlo, del dominio público.

Por lo que toca al movimiento de los alluviones a lo largo de la costa, se ha resuelto, mediante el estudio detenido de la localidad, tomando en cuenta todos aquellos datos que pueden dar luz en la materia, como ser: aspecto de la costa si es rocallosa o arenosa, la pendiente de su fondo, origen de las arenas en cada punto en que aparecen, su composicion, grueso i color comparativo, etc., etc.... Esto agregado a las conclusiones obtenidas anteriormente, i a un conocimiento cabal de las leyes que rijen el movimiento de las are-

nas a lo largo de una playa, nos ha conducido tambien a varias conclusiones, que pueden resumirse de la manera siguiente:

1.º *Que no hai transporte jeneral a lo largo de la costa comprendida entre Punta Anjeles i Viña del Mar.*

2.º *Que las distintas playas de arena que se encuentran en este trayecto son de orijen esclusivamente local, formándose al Sur de su punto orijen debido a la preponderancia de las acciones de los temporales producidos por vientos del NO., i que estas arenas tienen marcada tendencia a ser arrastradas a los altos fondos a causa de la mucha pendiente de la costa, y*

3.º *Que en la playa de Viña del Mar, las arenas que la forman, tienden a ser arrastradas de N. a S., siendo este movimiento sumamente lento, debido a la poca longitud de la playa, a la pendiente de su fondo i al grosor de sus arenas; no adquiriendo proporciones que puedan ser perjudiciales para la conservacion de las profundidades, siempre que las cabezas de las molas de abrigo se lleven hasta profundidades convenientes.*

Son estas las conclusiones obtenidas i las únicas que interesan al injeniero bajo el punto de vista práctico de la construccion de un ante-puerto, por lo que toca a la marcha de los alluviones i a la importancia que estos pueden adquirir.

Poco importa que ellas hayan sido obtenidas de tal o cual manera, la cuestion es que ellas estén de acuerdo con los hechos observados; i el señor Casanova al criticar nuestro proyecto debia haber-nos demostrado de una manera científica que esas conclusiones que nos han servido de base son inexactas; que en cuanto a su opinion lisa i llana no estamos obligados a acatarla.

*
* *

A propósito de los vientos, el señor Casanova nos hace una observacion mui justa de indicarnos que los vientos del SO., respecto a la bahía de Valparaiso, no son los dominantes sino los reinantes; pues hubiera sido de desear que nos hubiera dicho cuáles son vientos

dominantes i cuáles reinantes, pues sin dejar de ser exacta su observacion aplicada a la bahía de Valparaiso, la apoya con este argumento: "Que los vientos del SO. no son dominantes i que por el " contrario son los reinantes en la cõsta de Chile," cayendo así mediante esta jeneralizacion en un error; puesto que un viento de SO. puede tambien ser dominante en un tramo de costa orientada convenientemente.

Viento reinante para una localidad dada es aquel que sopla con mas constancia en un cierto período de tiempo i viento dominante aquel que ejerce un mayor efecto: para clasificar el primero se toma como base su constancia i para el segundo su intensidad de accion; pero un viento reinante, en una costa orientada de cierta manera, puede producir las mayores ajitaciones del mar i, por lo tanto, un mayor efecto que puede predominar sobre los otros.

En la costa de Chile sabemos que los vientos mas constantes o reinantes son los del SO i ellos pueden tambien producir ajitaciones tan violentas como los del NO, segun sea la orientacion de la costa. En toda bahía abrigada de los vientos del SO como en la de Valparaiso, por ejemplo, los vientos del NO serán los dominantes; pero inviértase la bahía de Valparaiso de modo que los cerros que forman la punta de Curaumilla la abriguen de los vientos del NO, quedando así abierta a los del SO i tendremos que estos vientos son, a su vez, los dominantes por ejercer sus acciones con mayor intensidad dentro de ella; i esto mismo pasará en todo tramo de costa, rada o puerto, que se encuentre en las mismas condiciones de orientacion que las que hemos supuesto para Valparaiso.

*
* *

Bajo el punto de vista práctico de las construcciones marítimas, sólo interesan al ingeniero el conocer aquellos movimientos del mar, que por su magnitud pueden ejercer un mayor efecto sobre las obras que trata de construir, i sobre los movimientos de las arenas a lo

largo de la playa que se trata de utilizar para la construcción de un puerto artificial.

Las corrientes i mareas que se sienten dentro de la bahía, por su poca intensidad, i las condiciones locales favorables en que ejercen su acción, pueden considerarse sin influencia alguna sensible; las unas por las modificaciones que pueden producir en el movimiento de las arenas, a causa de su poca velocidad, i las otras por su efecto a causa de las desnivelaciones del mar i por las corrientes que tambien producen.

El estudio completo de las mareas, además de su importancia bajo el punto de vista científico, es de suma necesidad en aquellos mares donde sus acciones, alcanzando cierta magnitud, pueden ser el origen i la causa mas preponderante sobre la marcha de los aluviones, o influir sobre el mayor o menor tirante de agua a la entrada de un puerto i de sus obras interiores.

Muy necesario es, pues, su estudio completo, en aquellos mares donde la diferencia entre la alta i la baja marea puede influir en la navegación, o en aquellos puertos establecidos en las cercanías, en los desembarcaderos o en el interior de los rios navegables, en los cuales estas diferencias producen corrientes debidas al flujo i reflujó que pueden, por su acción sobre las arenas del fondo, modificar las curvas del nivel de una manera sensible.

Tienen tambien su importancia en aquellas playas de muy suave pendiente, que conteniendo arenas muy finas, son sucesivamente cubiertas i descubiertas, en grandes estensiones, en cada alta i baja marea; siendo así susceptibles de un rápido transporte debido a los vientos o a las corrientes producidas por las mismas mareas o por los vientos dominantes. Es en playas de esta naturaleza en que, bajo la acción combinada de las olas, del viento i del sol, tienen su origen las dunas que se forman a lo largo de ciertas costas.

Las mareas tienen tambien su importancia por las corrientes que producen en aquellos mares pequeños, puertos o radas naturales muy estensos, que tienen comunicación con el mar libre por una

entrada mas o ménos estrecha i en los cuales se forman corrientes de entrada i salida que es mui necesario conocer.

Pero la bahía de Valparaiso no tiene ninguno de los inconvenientes que acabamos de anotar; i en la playa de Viña del Mar, apénas si las diferencias de mareas descubren cuatro o cinco metros de playa constituida por una arena gruesa que el viento apénas puede mover. Bajo este punto de vista nuestro mar puede considerarse como un mar sin mareas, i por lo tanto las acciones que ellas pueden ejercer en una costa de la naturaleza de la que nos ocupamos, son relativamente insignificantes.

Basta, por lo tanto, para el ingeniero, el conocer los datos jenerales sobre las mareas, que hemos anotado en nuestro informe, i que nos da, por lo ménos, idea de su intensidad máxima, para comprender que no ejercerán una accion preponderante que pueda influir sobre el movimiento de las arenas a lo largo de la costa.

*
* *

Lo mismo que hemos dicho sobre las mareas puede aplicarse a las corrientes que se notan dentro de la bahía de Valparaiso. Todos los datos recojidos i todas las observaciones hechas, están de acuerdo en dar a estas corrientes una velocidad máxima de un metro por segundo.

No podemos tampoco en este caso prescindir de las condiciones locales, puesto que una corriente de una velocidad igual a la indicada para Valparaiso, puede producir un arrastre considerable de arena, en su misma direccion, si las condiciones de la playa le son favorables.

Hai playas en que este movimiento es debido principalmente a las corrientes. Así, por ejemplo, Port-Said, situado en una playa bastante estensa i de poca pendiente, constituida por arenas muy finas, está constantemente espuesto al embancamiento producido por las arenas que vienen del oeste, debido a la impulsión de la gran corriente del litoral mediterráneo, que se forma a causa de los vientos dominantes que soplan del NO. El canal de entrada de este puerto se ha defendido contra el transporte de arenas por medio de

dos rompe-olas, de los cuales el del oeste es el mas largo, alcanzan- do a 3,000 metros, i cuyo cabezo está fundado en honduras de 9 me- tros, teniendo aun así que recurrirse de tiempo en tiempo a los dra- gados para conservar las profundidades primitivas.

Una velocidad aun menor que 1^m por segundo, es la causa princi- pal de un trasporte considerable de arenas en la costa O del mar Báltico al rededor del puerto de Liban. Este puerto está situado en una playa de arena sumamente fina i cuya pendiente solamente al- canza a 0.^m006 por metros: se comprende que en estas condiciones, a la menor agitacion del mar, las arenas removidas por las olas en una estension bastante grande sean arrastradas por la corriente lo- cal, producida por los vientos dominantes cuya direccion es de S a N.

Muchos otros ejemplos se podrian citar, en que las corrientes son la causa principal del movimiento de los aluviones a lo largo de una costa; pero en la bahía de Valparaiso i en la playa de Viña del Mar, su accion es mui secundaria debido a las condiciones de la playa que son sumamente favorables.

Las corrientes pues, en nuestro caso, no tienen gran importancia basta con los conocimientos jenerales que tenemos de ellas para poder apreciar su influencia sobre la marcha de las arenas.

II.

CORRIENTES SUPERFICIALES.—Despues de atribuir estas corrientes a la accion de los vientos, dice el autor: "En la calma la contra-corriente se acen- túa i adquiere su mayor velocidad," frase que equivale a esta: despues que cesó la accion del va- por sobre los émbolos de la locomotora se acen- túa la velocidad del tren.—*D. Cusanova.*

(*Anales del Instituto de Injenieros, Mayo 1898, páj. 544.*)

Al ocuparme en mi informe de las corrientes que se producen en la bahía de Valparaiso, hago notar el hecho siguiente (páj. 36): que la contra-corriente que se forma dentro de la bahía, en cierta época

del año, i que contornea la costa desde Viña del Mar hasta Punta Anjeles, donde se junta con la corriente principal, adquiere en los momentos de calma mayor velocidad.

El señor Casanova no se esplica este hecho, o al ménos, no trata de esplicárselo, rechazándolo desde luego, como si este fuera el caso único en que los múltiples i variados fenómenos que nos ofrece la naturaleza, no estuvieran aparentemente en contradiccion con las teorías.

La esplicacion de este hecho es, sin embargo, mui sencilla, i no hemos tenido que recurrir a ninguna teoría, puesto que ha sido deducido de la observacion misma. Hemos dicho en nuestro informe que la corriente costanera es casi constante en la temporada de verano en que soplan con regularidad los vientos del SO i fuertes vientos del Sur. Esta corriente, viniendo del Sur i al llegar a Punta Anjeles, sigue recta con su direccion primitiva de S a N; pero a causa de la configuracion de la costa pasada esta punta, se produce una contra-corriente derivada de la principal, que tiene una direccion contraria i cuyas causas hemos esplicado.

Estas corrientes, una vez producidas, persisten jeneralmente toda la temporada de verano, aunque cese el viento al sentirse dentro de la bahía; por la misma razón que durante las calmas, las olas, obedeciendo a la impulsión de vientos anteriores, continúan formándose a traves del Océano por un tiempo mas o ménos largo. Además, es mui comun observar el hecho siguiente: que aun soplando fuertes vientos sures afuera, pasada la línea NS tanjente a Punta Anjeles, dentro de la bahía hai una calma relativa, debido a la proteccion de los altos cerros que la cierran en esta direccion.

Segun esto, la contra-corriente de que hemos hablado, siendo derivada de la corriente principal, persistirá miéntras que ésta exista, i recorrerá su trayecto con una velocidad dada; pero ella será a su vez retardada o acelerada por otras causas, que pueden ser las mareas o los mismos vientos. Teniendo la contra-corriente una direccion mas o ménos de N a S, sucederá que, cuando soplan con fuerza dentro de la bahía los vientos del Sur, tenderán a rechazarla sin in-

fluencia producirá una disminución en su velocidad; cuando hai calma, no siendo influenciada la contra-corriente por el viento, tendrá una velocidad normal, i se sentirá, por lo tanto, con mayor intensidad dentro de la bahía.

En resumen, i refiriéndonos siempre a la bahía de Valparaiso, podemos decir que, cuando se ha formado la contra-corriente i que ha adquirido una velocidad dada, ésta disminuirá cuando se siente con fuerza el viento Sur, i tomará toda su velocidad primitiva cuando hai calma.

Se ve, pues, que nuestras espresiones son perfectamente correctas i que nada de comun ni de equivalencia tienen con los émbolos de las locomotoras.

III.

ONDAS DE MAREAS.—A propósito de la velocidad con que la onda de marea se propaga de N a S, dice el autor, "que depende de la posición de la "costa." Ahora bien, la fórmula que da la velocidad de un mismo punto de la onda de marea es $v = \sqrt{gH}$, función de la intensidad de la gravedad g , i de la profundidad H del mar; pero no de la posición de la costa.—D. Casanova.

(*Anales del Instituto de Ingenieros*, Mayo de 1898, página 545).

Por la observación anterior, se ve que el señor Casanova encuentra impropia la espresión empleada en mi informe (páj. 31), de que la velocidad de propagación de la onda de marea, en el caso particular de que nos ocupamos, depende de la posición de la costa.

Sin embargo, nada hai mas exacto, i el que la fórmula teórica indicada—sumamente simplificada—no esté en función de la posición de la costa, esto no quiere decir que ésta no influya sobre la velocidad de propagación de la onda de marea, cuyas irregularidades a través de los mares i a lo largo de los continentes, son debidas.—ha-

blando prácticamente—a los obstáculos que por todas partes encuentra i que se oponen a la regularidad de su propagacion.

El que su velocidad dependa de la profundidad del mar, no quiere decir que no dependa tambien de la posicion de la costa, puesto que la una es funcion de la otra. Por la misma razon se podria decir, que tambien es impropia la espresion perfectamente exacta de que el tiempo de las oscilaciones del péndulo depende de la latitud del lugar porque la forma teórica $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ no está en funcion de la latitud, sino de la gravedad g i de la lonjitud l del péndulo.

La velocidad con que se mueve la onda de marea, al propagarse a lo largo de los continentes, depende de muchas circunstancias, que hacen que, en la jeneralidad de los casos, sea mui difícil determinarla por medio de fórmulas teóricas jenerales i de fácil aplicacion. De aquí que sea mui exacta la espresion del eminente jeógrafo Eliseo Reclus cuando, al ocuparse de las mareas en su obra “La Tierra,” dice lo siguiente: “Cuando se trata de seguir las mareas en sus vijes i sus fluctuaciones a traves de los mares, no basta conocer las leyes de la gravedad i de calcular con la precision la mas rigurosa la marcha i posicion de los astros, es necesario tambien conocer todos los hechos relacionados con el movimiento de los fluidos i saber aplicar a todos sus fenómenos de aceleracion, de atraso, de cruzamientos, de interferencia, de equilibrio, las fórmulas las mas complicadas i las mas minuciosas de las altas matemáticas; *en fin es indispensable nada ignorar en cuanto a la forma de las costas i a las desigualdades del fondo del mar.*”

La fórmula $v = \sqrt{gH}$ es la fórmula teórica reducida a su mas simple espresion, sólo aplicable para un mar abierto, en que la onda de marea se propaga libre i regularmente. Ella no es aplicable sino en aquellos puertos, en que la onda viene mas o ménos perpendicularmente a la costa i a traves de una estension libre de mar, i que se encuentre ademas vecino a las mas grandes profundidades, i delante delcual las corrientes de marea no son desviadas por ninguna inflexion notable de la costa, debido a bahías, canales o estuarios mas o ménos grandes.

Pero cuando la onda se propaga tanjencialmente a la costa,—como en nuestro caso—el empleo de la fórmula teórica deja de ser prácticamente aplicable i no nos daría sino un resultado aproximado, puesto que habría que tomar en cuenta el valor del término H , que varia, en este caso, casi constantemente i de una manera mui irregular.

Es por esto, que he prescindido de esta fórmula, i que, para determinar la velocidad de propagacion de la onda de marea en la costa cercana a Valparaiso, he hecho uso de los datos prácticos, dados por la observacion directa del establecimiento de dos puertos extremos i bien elejidos a lo largo de ella; lo que nos da la velocidad real, sin tener que recurrir a la forma teórica, que nos daría resultados sólo aproximados, dados los infinitos valores que puede tener el término H ,—profundidad del mar,—cuyas variaciones es mui difícil por otra parte de determinar.

I al hacer uso del establecimiento conocido de dos puertos cercanos, habria sido una gran falta de mi parte el prescindir, para la eleccion de estos dos puntos, de tomar en cuenta la posicion de la costa intermedia entre ambos, i de cuya regularidad de N a S, direccion con que se propaga la marea, depende la exactitud del resultado obtenido. Es por esto que, al hacer uso del Establecimiento de los puertos de Coquimbo i Valparaiso, para determinar la velocidad de la onda de marea i al indicarlo así en mi informe, llamo ántes la atencion del lector sobre el hecho de que, en nuestra costa, la onda de marea propagándose de N. a S. i tanjencialmente a ella, su velocidad es variable, dependiendo de la posicion de la costa: sin que esto quiera decir que no sea cierta o que ignore la fórmula teórica.

El señor Cordemoy, en su informe sobre los puertos de Constitucion i Corral, publicado en los ANALES del Instituto de Ingenieros, al referirse a la onda de marea i haciendo notar las irregularidades de su propagacion a lo largo de la costa del

Pacífico dice: "Creo que es necesario buscar la esplicacion de estas irregularidades, 1.º En la forma de la costa i 2.º En la profundidad del mar cerca de las riberas.

IV.

MOVIMIENTO DE LOS ALUVIONES.—Con tan difíciles datos sobre los agentes motores (vientos, corrientes i mareas) pasa el autor del informe sobre el proyecto de Viña del Mar a ocuparse de la marcha de las arenas.—*D. Casanova.*

(*Anales del Instituto de Ingenieros*, Mayo de 1898, páj. 545.)

Anteriormente hemos esplicado la importancia relativa que tienen, en la bahía de Valparaíso, las corrientes i mareas sobre la marcha de las arenas; hemos visto también la dificultad de llegar a determinar este movimiento por el solo conocimiento, aunque sea completo, de los vientos i que la manera mas segura i rápida de hacerlo es por la observacion i el estudio detenido de la localidad.

De la observacion hecha por el Señor Casanova, se desprende que, para él, no hai otro medio para determinar la marcha de los aluviones a lo largo de la costa: prescinde por completo de la observacion. Según esto no aceptaria, por ejemplo, que se pueda determinar la marcha de la onda de marea por medio de la observacion, sin estudiar ántes sus agentes motores, Sol i Luna, sus atracciones variables, aisladas o combinadas, i que sólo despues de hechos estos estudios, se puede pensar en determinar la propagacion de la onda de marea.

Prescinde por completo de la observacion de los hechos mismos i de los innumerables datos que el ingeniero puede recojer en el estudio de una costa; prescinde del estudio comparativo de las arenas, su oríjen, composicion, color i tamaño. i en fin, de las condiciones locales que pueden influir sobre los trasportes, i que pueden también modificar notablemente la accion de los vientos corrientes i mareas. Para él, parece que todo esto no tiene valor alguno.

I, sin embargo, en su artículo titulado "La marcha de los alluviones a lo largo de la costa de Chile" publicado en el mismo número de los ANALES del Instituto, se ve que in conscientemente ha aplicado el mismo procedimiento práctico, que tanto le cuesta aceptar.

He leído con atención e interés este artículo i salvo ciertos errores i defectos de forma, que podrían ser motivo de una crítica igual a la hecha por él, para una persona que se preocupase más de la forma que del fondo; encuentro que las conclusiones a que llega sobre el movimiento de las arenas, i que son las que tienen importancia bajo el punto de vista práctico, son perfectamente claras i concluyentes respecto a las playas de Llico i Pichilemu.

Para llegar a ellas i siendo consecuente con las ideas emitidas en sus observaciones, debe, en cada uno de los puntos citados, haber hecho observaciones completas, para lo cual tiene que haber instalado un observatorio con todos los aparatos necesarios, i poder así recoger todos aquellos datos sobre los vientos como ser: su dirección, su duración horaria i su velocidad kilométrica también horaria; conocer las corrientes i mareas en todas sus más pequeñas manifestaciones tal como parece exigirnoslo. Todo esto mediante sus observaciones propias i por un cierto número de años, para poder obtener un promedio jeneral que pueda servirle de base para sus conclusiones; puesto que en ninguno de los puntos consultados se hacen, al ménos que yo sepa, observaciones ni siquiera iguales a las que se hacen en Valparaíso.

¿Ha cumplido el señor Casanova con todos estos requisitos con la exuberancia de detalles que pide en nuestro caso? ¿Ha recojido todos los datos completos de los ajentes motores, como nos lo exige, para poder llegar a definir la marcha de los alluviones?

Contestaremos a estas preguntas analizando su mismo artículo ya citado, i de lo cual podremos deducir el procedimiento que ha empleado para llegar a conclusiones que, como hemos dicho, son perfectamente exactas.

En el capítulo primero trata de demostrar que no hai transporte jeneral de los alluviones en una dirección dada, i para ello nos cita

una serie de ejemplos tomando puntos bastante distantes unos de otros en todo el largo de la costa: nos muestra una serie de playas de arena muy cercanas entre sí, separadas sólo por puntillas rocosas, que se internan muy poco en el mar, i que se oponen como una barrera a que las arenas de unas i otras se mezclen, a pesar de la poca distancia que las separa i de las condiciones muy favorables de la orientacion de sus costas con respecto a los vientos dominantes: nos cita el ejemplo de playas situadas en una misma bahía que son, sin embargo, de origen exclusivamente local, i nos lo prueba con el estudio que hace de las arenas de estas playas, comparando su color, composicion i tamaños respectivos: nos cita como prueba la desembocadura de los rios que tan luego es desviada en una direccion como en otra: llegando, por ultimo, despues de estas consideraciones, a deducir varias importantes conclusiones, cuyo sentido puede reasumirse así:

1.º Que no hai transporte jeneral a lo largo de la costa de Chile, en una direccion determinada i constante.

2.º Que no sólo pasa esto en un largo tramo de costa sino tambien en una bahía mas o ménos estensa. Así en la costa de Iquique, en una lonjitud de ocho kilómetros mas o ménos, se encuentran tres distintas playas de arena: en Coronel en tres kilómetros hai dos playas distintas, i

3.º Como consecuencia de las anteriores—Que el origen de las arenas de cada playa es solamente local.

Bajo el punto de vista práctico, estas conclusiones son de gran alcance i de una aplicacion inmediata. Un ingeniero con conocimientos de ellas i que quisiera utilizar una de estas playas para la ubicacion de un ante-puerto sabrá ya de antemano que sus obras no estarán espuestas a embancamientos debidos a las arenas trasportadas desde grandes distancias, i si a esto se agrega el conocimiento de las condiciones locales como ser: la importancia de esta playa bajo el punto de vista de su largo, la pendiente de su fondo, el grosor de sus arenas, sus abrigos i orientacion respecto de los vientos dominantes; puede llegar a determinar con precision si los movimientos loca-

les de las arenas, que en estos casos son siempre de poca magnitud, podrán ser o nó un peligro para la conservacion de las profundidades en un tiempo mas o ménos largo.

Vemos pues que, para llegar a esplicarse el réjimen de estas playas, ha hecho uso solamente del estudio particular de cada una de ellas. No nos habla de los ajentes motores, vientos, corrientes i mareas, ni ha necesitado tomarlos en cuenta para llegar a conclusiones prácticas perfectamente exactas i de inmediata aplicacion para el estudio de un proyecto.

¿Qué de estraño le es que, mediante los mismos procedimientos, hayamos llegado nosotros a determinar, con la misma exactitud, la marcha de las arenas a lo largo de la costa en la bahía de Valparaiso?

En el segundo capítulo de su interesante artículo, nos habla ya de la accion de los vientos; pero solamente con el objeto de esplicarnos la causa de la fijeza aparente de estas playas i de los movimientos locales a que están sujetas; atribuyéndolos principalmente a los vientos reinantes del *SO* que, mediante la accion que ejercen sobre las olas, arrastran las arenas de *S* a *N* a lo largo de la playa en épocas normales; trasporte que a su vez es contrarrestado por la accion ménos constante, pero mas poderosa, de los temporales que producen los vientos del *NO*, que invierten la marcha de las arenas volviéndolas al Sur.

No nos habla del trabajo de estos vientos i sólo ha necesitado conocer datos mui jenerales sobre los que soplan de la mitad del compas que mira hácia el largo. En cuanto a la accion de los vientos del Sur del Este, de Oeste i demas intermedios, que tambien soplan en estas playas, lo mismo que la accion de las corrientes i mareas, no las nombra: ¿Por qué? No nos lo dice en su artículo; pero es de suponer que no les da importancia alguna, a causa de que, ejerciendo estos vientos, corrientes i mareas, acciones si no nulas, al ménos mui pequeñas, su importancia desaparece ante la magnitud de las anteriores.

Este segundo capítulo tiene, pues, un interes mui secundario,

puesto que, bajo el punto de vista práctico, mas importancia tiene el conocer los hechos que la esplicacion de ellos. El primer capítulo interesa particularmente a la injeniería práctica i el segundo a la ciencia.

Del análisis del artículo publicado por el Sr. Casanova, vemos que le ha bastado el conocimiento mui jeneral del réjimen de los vientos, resultado de observaciones mucho mas deficientes que las que tenemos en Valparaiso, i el estudio detenido de la localidad, para determinar el movimiento de los alluviones tauto jenerales como locales.

I por último, al hablarnos de la bahía de Valparaiso, nos esplica tambien el movimiento de las arenas, en el cual hace intervenir la accion de los vientos reinantes *SO* i las de los del *N* i *NO*, espresándose casi en los mismos términos i tomando en consideracion los mismos vientos tal como lo hemos hecho en nuestro informe al ocuparnos de la playa de Viña del Mar.

*
* *

No dudo de que las conclusiones jenerales a que llega el Señor Casanova sean exactas aplicadas a las playas de Llico, Pichilemu, Iquique i otras, que ha estudiado personalmente; pero, al querer jeneralizarlas i pretender aplicarlas a la bahía de Valparaiso, sin tomar en cuenta sus condiciones locales, ha caido en un gravísimo error, llegando a conclusiones contrarias a la realidad de los hechos.

En Valparaiso, nos dice, todas las arenas que se forman desde Punta Anjeles i las que arrojan los cauces i esteros al mar, a lo largo del malecon, son arrastradas en tiempos normales hácia Viña del Mar donde van a formar esta playa, siendo así este punto el receptáculo donde ellas se depositan. Pero, si el Señor Casanova hubiera estudiado este tramo de costa, a su simple vista habria comprendido que esto es completamente imposible; para que ello fuera así, seria necesario suponer el absurdo de que esas arenas al ser arrastradas a lo largo de la costa, pudiesen llegar hasta Viña del Mar sin depositar arenas a su largo, ni formar playas en su trayecto, ni de-

jar aun rastro de su paso entre los huecos de las piedras que encuentra en su camino.

En el capítulo primero de su artículo ya citado, nos presenta las playas de Iquique, Coronel i otras, mucho ménos abrigadas de los vientos reinantes que la de Valparaiso, i en donde una sola puntilla rocosa es suficiente para determinar una separacion absoluta entre dos playas de arena, impidiendo que las unas se mezclen con las otras: i sin embargo, en nuestra bahía, mui abrigada de los vientos reinantes, i donde la costa, salvo uno que otro espacio mui limitado, es rocallosa i de rápida pendiente, las arenas, segun esta teoría, tienen que atravesar una larga costa rocosa de mas de ocho kilómetros de largo, saltando puntillas i pasando por profundidades hasta de 9 metros, para irse a depositar en Viña del Mar sin dejar rastro en su camino.

“ Este transporte hácia Viña del Mar, agrega, se hace en épocas normales; con los temporales del NO las arenas que han llegado hasta esta playa son a su vez rechazadas hácia el Sur para irse a depositar en el seno de la bahía.” Ahora bien, como estas alternativas en el tiempo pasan periódicamente todos los años, resulta que, en el trascurso de él, las arenas van hasta Viña del Mar i despues vuelven hácia el seno de la bahía. Si receptáculo hai en este caso será mas bien en este lugar, donde segun su teoría van a depositarse definitivamente.

*
* *

El Señor Casanova, por las observaciones que hace, se ve que se ha preocupado mas en buscar por qué medios he llegado a definir el movimiento de las arenas, que de probarnos si las conclusiones a que hemos llegado son o nó exactas.

No nos dice si la velocidad máxima de las corrientes es o nó mayor, si los datos apuntados sobre las mareas son o nó exactas i si la resultante que hemos ohtenido de los vientos, bajo el punto de vista de su constancia es o nó la verdadera; i por último, cuál seria, en

caso de diferencia, su influencia sobre la direccion en la marcha de los alluviones.

I precisamente aquellas conclusiones a que hemos llegado sobre el movimiento i oríjen de las arenas de la playa de Viña del Mar, mediante el estudio detenido de la localidad, mas que del conocimiento de los vientos, las corrientes i mareas son mui distintas a las obtenidas por su teoría i cuyo error demostraremos mas adelante.

V.

ORÍJEN DE LA PLAYA DE VIÑA DEL MAR.—Las quebradas arrastran en invierno grandes cantidades de aluviones que se van depositando, en parte, al pié del malecon de donde siguen poco a poco hácia el Este como lo prueba el hecho de existir allí la playa de Viña del Mar. Esta playa es el receptáculo donde se han acumulado i siguen acumulándose los partículos mas duros de los componentes de las arenas que se producen en el tramo de costa que va desde la Punta Anjeles a la Punta de Concon i equivale al receptáculo o charco que se formará en el punto mas bajo de una comarea con las aguas que suministren las partes altas.—*D. Casanova.*

(*Anales del Instituto de Injenieros.* Mayo de 1895, páj. 519.)

Antes de entrar a demostrar los errores que contiene la observacion que encabeza este párrafo, no está de mas que recordemos las leyes jenerales que se refieren al movimiento de las olas al reventar en una costa, i su accion de arrastre sobre las arenas que se encuentran a lo largo i en el fondo de las playas.

El resúmen que sigue es extractado de la importaute memoria de Cornaglia titulada "Las corrientes de fondo en los líquidos al estado ondulatorio" i publicada en los *Anales de Puentes i Calzadas* de 1881. Me he servido tambien, para completar este resúmen, de las memorias publicadas por Flamant sobre la "Teoría de la onda

solitaria" i la de Saint Venant i Flamant sobre "La Houle et le Clapotis."

Estas tres memorias dan en su conjunto la esplicacion de todos los hechos relacionados con el movimiento de las olas, desde sus mas pequeñas hasta sus mas potentes manifestaciones; i todas ellas están a su vez de acuerdo, en lo que se refiere al movimiento ondulatorio de las ondas, con la famosa teoría de Gerstner, aceptada hoy dia por todos los ingenieros hidráulicos, por ser la que está mas conforme con la realidad de los hechos.

Prescindamos de como se forman las olas bajo el impulso del viento, como estas ajitan i cesan de ajitar el agua, i considerémoslas en estado ya de movimiento i al llegar a una playa de arena de pendiente mas o ménos suave, como lo son en la naturaleza i como lo es la playa de Viña del Mar.

Las olas, al llegar a honduras mas i mas decrecientes, pierden poco a poco su velocidad i convierten su movimiento ondulatorio en un movimiento de traslacion. Por efecto del roce en el fondo i otra causa que veremos mas adelante, la ola rompe, cayendo de mas o ménos altura, produciendo una especie de chorro de agua que avanza sobre el fondo con una velocidad tanto mas grande, cuanto mayor sea la ajitacion del mar e irá mas léjos mientras menor sea la pendiente de la playa.

La ola, al romper i convertir sus movimientos ondulatorios en uno de traslacion, produce una corriente ascendente de la misma direccion que el movimiento de la ola. La velocidad de esta corriente es mayor en el momento que se produce el chorro, estando las moléculas de agua que la componen animadas de velocidades iniciales mas i mas decrecientes, mientras mas cerca del fondo se encuentren.

El máximo de esta corriente directa o ascendente—términos que emplearemos indistintamente—precede siempre a la vertical que pasa por el vértice o cresta de la ola, siendo el movimiento máximo visible, aquel en que se produce el chorro de agua.

El líquido, con una velocidad inicial positiva, tanto mas grande, cuanto mayor ha sido la velocidad de la onda o su movimiento

ondulatorio, asciende por la playa, yendo mas o ménos léjos, segun sea la pendiente libre de ella.

El espesor de esta corriente disminuye desde el momento en que se produce el chorro hasta el término de su carrera, debido a la velocidad inicial distinta, de que estan animadas las moléculas de agua i que disminuye de la superficie al fondo.

La direccion de esta corriente hace, con la línea perpendicular a la playa, un ángulo, mas o ménos grande, segun sea la pendiente de ella i la direccion del viento, que la impulsa en su carrera en la misma direccion.

Las fuerzas a las cuales las corrientes producidas están espuestas en su movimiento de ascension son: 1.º La componente de la gravedad paralela al fondo. 2.º La reaccion recíproca de las moléculas en su movimiento. 3.º El frotamiento debido a la viscosidad del líquido, a las asperidades i porosidad del fondo, i en fin, a la resistencia del aire.

La componente de la gravedad es contraria al movimiento, puesto que el peso obra en sentido opuesto a la velocidad inicial i la destruye tanto mas rápidamente cuanto mas pendiente sea la playa.

Las resistencias pasivas del frotamiento i del aire son tambien opuestas.

La velocidad de la corriente irá, por lo tanto, disminuyendo mas i mas, hasta que estas resistencias equilibren el esfuerzo inicial con que principió, cesando, por lo tanto, el movimiento.

Concluido el movimiento ascendente, sigue un momento de reposo, despues del cual las moléculas de agua resbalan por el mismo plan, produciendo así otra corriente de sentido inverso o descendente.

En este período de descenso, las fuerzas serán las mismas que para el período de ascencion, con algunas modificaciones en lo que concierne a la reaccion de las moléculas; pero las resistencias obrarán, no ya de arriba a abajo como anteriormente, sino de abajo a arriba.

Si el plan del fondo es bastante estenso para que el chorro pueda

estenderse sobre él hasta detenerse por sí solo, la velocidad inicial con que parte la corriente descendente será nula; si, al contrario, encuentra un obstáculo que lo haga retroceder bruscamente, la velocidad inicial será igual a la velocidad con la cual el líquido está obligado a volver atrás á causa del choque contra el obstáculo. En el primero de los casos considerados el líquido al descender partirá con una velocidad mas pequeña (o al ménos igual si ella es nula) que la que poseia al subir, cuando llega al término de su carrera.

La corriente descendente comenzará por acelerarse, bajo la accion de la componente del peso, hasta que las resistencias se le igualen; a partir de este instante el movimiento disminuirá hasta cesar completamente: en todo caso la velocidad de esta corriente será tanto mas lenta cuanto menor sea la componente del peso o, lo que es lo mismo, que la playa sea ménos inclinada.

En el momento en que la corriente inversa o descendente penetra en la masa de agua, sufrirá un retardo mui rápido; pero al penetrar bajo una capa mui delgada, habrá adquirido una velocidad tanto mas grande cuanto mayor sea la pendiente i cuyos efectos podrán hacerse sentir sobre el fondo aun a distancias bastante grandes.

En este momento de penetracion la ola siguiente encuentra, mas o ménos léjos segun las circunstancias, en su período de ascension, a la corriente descendente i como encuentra resistencias mas pequeñas en su parte superior, enjendra esa especie de voluta, que se observa inmediatamente ántes que la ola se quiebre en la playa.

Estos dos movimientos, que acabamos de analizar, no son contínuos en un sentido u otro, sino que es un movimiento alternativo o, mas bien dicho, un verdadero movimiento intermitente de vaiven, que sigue constantemente las faces de la ola en la superficie, i, por lo tanto, habrá instantes durante el camino de una ola entera, en que el líquido quedará inmóvil.

Las velocidades comparativas que tienen estas dos corrientes en un mismo punto a lo largo del fondo no son, por lo jeneral, iguales i hai siempre preponderancia de la una sobre la otra segun el punto que se considere.

Si las resistencias fuesen nulas i si las velocidades iniciales a la subida fuesen iguales a las velocidades finales a la bajada, el líquido en la ascension como en el descenso, conservará la misma velocidad en su pasaje por los mismos puntos; pero, debido a las resistencias que retardan continuamente ambos movimientos i a las velocidades iniciales distintas, el líquido tiene en cada punto de su descenso una velocidad mas pequeña que la que tuvo en la ascension en el mismo punto, i ella será mas i mas pequeña miéntras el líquido se encuentre mas bajo.

De aquí resulta la preponderancia de la corriente ascendente sobre la descendente i que será tanto mayor cuanto ménos pendiente sea la playa. A medida que esta pendiente aumenta, esta preponderancia disminuye mas i mas, hasta llegar a hacerse nula, pasado lo cual la preponderancia de la corriente descendente aumentará en la misma proporcion, la cual hará sentir principalmente sus efectos, pasada la masa líquida.

*
* *

Estas dos corrientes producen, como es natural, su accion sobre los cuerpos que se encuentran sobre las playas. Si las moléculas líquidas encuentran un obstáculo a su movimiento, pierden mas o ménos su velocidad segun sea la direccion del choque, ejerciendo sobre el obstáculo un esfuerzo que varia segun la forma i las dimensiones de este obstáculo i la inclinacion del choque, que en todo caso es proporcional a una cierta funcion de la velocidad.

Desde que se conoce la velocidad del líquido, es fácil calcular este esfuerzo o, mas bien dicho, la resistencia del obstáculo al movimiento del líquido.

No entraremos a analizar las fórmulas que nos dan la resistencia de los cuerpos sometidos a la accion de estas corrientes; fórmulas de suma importancia para el cálculo de la estabilidad de las construcciones marítimas i que mis colegas podrán consultar en las memorias ya citadas.

Me limitaré únicamente a resumir las conclusiones que de ellas se deducen para el caso de una playa de arena de granos mas o ménos gruesos i que, por sus pequeñas dimensiones, están espuestos a la violencia entera de las corrientes de fondo.

Los cuerpos tienden a ser movidos alternativamente hácia arriba o hácia abajo por las corrientes que se producen, i para que sean arrastrados es necesario que estas venzan las resistencias opuestas al movimiento, debidos a la inercia del cuerpo. Para el momento de la ascension estas resistencias son la componente paralela al fondo i el frotamiento, que se le oponen constantemente, i para el período de descenso solamente el frotamiento, puesto que la componente paralela al fondo es del mismo sentido que la corriente.

Es decir que, si las desigualdades que espresan la estabilidad del cuerpo no se encuentran satisfechas, este cede a las fuerzas a las cuales está sometido i se pone en movimiento.

El movimiento tiene lugar o por que el cuerpo resbala sobre el fondo o bien porque rueda por efecto del volcamiento.

Segun esto, las arenas que se encuentran en una playa serán arrastradas por las corrientes producidas, pasando por todas sus alternativas de movimiento tal como lo hemos explicado anteriormente.

Si las fuerzas que producen estos movimientos de sentido contrario, fuesen iguales en cada punto, su accion se equilibraria i los granos de arena serian sucesivamente empujados hácia la costa o hácia los altos fondos, sin tendencia a quedar en un lugar u otro; pero anteriormente hemos visto que este equilibrio no existe i que siempre hai preponderancia de una corriente sobre la otra segun el punto que se considere; lo cual es debido a la componente del peso del cuerpo paralela al fondo, que paraliza i aun sobrepasa mas o ménos la preponderancia de una corriente sobre la otra, componente que, en todo caso, depende de la mayor o menor inclinacion del fondo.

Cuando la pendiente de la playa es mui suave i en la que el chorro puede estenderse libremente, la preponderancia de la corriente

ascendente se manifiesta en la parte de playa recorrida i es tanto mas grande cuanto mayor sea la intensidad de las olas; en este caso todos aquellos cuerpos de densidad igual o un poco inferior a la del agua serán arrojados a la costa, a causa de la velocidad inicial nula con que principia la corriente descendente. Pero si la corriente encuentra un obstáculo que impide su desarrollo haciéndola retroceder, la velocidad inicial de la corriente descendente será positiva i tanto mas grande cuanto mayor sea la fuerza con que el líquido está obligado a retroceder, a causa del choque contra el obstáculo; adquiriendo así mayor preponderancia, lo que producirá un arrastre de los cuerpos hácia los altos fondos.

A medida que la pendiente de la playa aumenta, aumenta tambien la componente del peso paralela al fondo, contrarrestando mas i mas la corriente ascendente i ayudando, por el contrario, a la descendente: habrá, por lo tanto, una pendiente dada, en que el valor de esta componente neutralice i aun sobrepase la preponderancia de la corriente ascendente i los cuerpos tendrán mas tendencia a ser arrastrados hácia los altos fondos.

Pero cualquiera que sea esta preponderancia hai un punto en que los cuerpos de cierta densidad, se encuentran alternativamente arrastrados en un sentido u otro con la misma energía, sin tendencia a quedar en un lado u otro. La union de estos puntos formará a lo largo de la costa una *línea neutra* pasada la cual, es decir hácia el largo, los cuerpos tendrán tendencia a ser arrastrados hácia los altos fondos i los del lado de tierra a ser arrastrados hácia la costa.

Las corrientes obran sobre los cuerpos situados a lo largo de la línea neutra, segun la espresion de Cornaglia, a *coup de béliet*; de aquí que cuando la corriente ascendente, que ordinariamente tiene preponderancia sobre la descendente, al ménos en una playa de mui poca pendiente, ejerce su accion por cualquier causa, de una manera inclinada sobre la playa, los cuerpos en su movimiento alternativo serán a su vez arrastrados a lo largo de las curvas de nivel del fondo, i jeneralmente en la misma direccion en que se dirige la corriente ascendente, describiendo, por lo tanto, su camino en forma de die-

tes de sierra o en zig-zag. Pero si la direccion es normal a las curvas de nivel del fondo, los cuerpos sólo serán arrastrados alternativamente hácia arriba o hácia abajo.

Aunque los cuerpos sobre la línea neutra no cambien sesiblemente de lugar, sin embargo en sus oscilaciones a lo largo del fondo i debido al frotamiento de los unos con los otros, se gastan, se redondean i aun se rompen.

La posicion de esta línea neutra varia segun los cuerpos, la violencia de las olas, etc., etc., i en fin con todos aquellos datos que entran en el valor de las fuerza a la accion de los cuales los cuerpos se encuentran sometidos.

En otros términos, la línea neutra se encuentra tanto mas baja, cuanto la agitacion del mar sea mas grande, que el fondo sea ménos pendiente i que los cuerpos sean mas pequeños o mas livianos.

Por no estenderme demasiado en esta conferencia, no entro a desarrollar las importantes consecuencias que se deducen de este movimiento alternativo i las modificaciones que pueden producir sobre las pendientes de una playa. Me bastará agregar, que mediante la aplicacion de los principios anunciados, se esplica de una manera mui clara el avance o retroceso que experimenta una playa de arena en el sentido perpendicular a las curvas de nivel. I son los trasportes finales, tanto a un lado como al otro de la línea neutra, de los materiales mas o ménos gruesos que forman una playa, los que a la larga son el oríjen de la formacion de los demas i los que, facilitando esa tendencia del mar a rellenar e igualar sus fondos, forman esas vastas mesetas submarinas que se encuentran delante de aquellas costas fácilmente atacables por el mar, i en las proximidades de las fuentes abundantes de arenas susceptibles de ser arrastradas por el movimiento de las olas.

Ademas de este movimiento de traslacion de las arenas en el sentido perpendicular a las curvas de nivel del fondo, las olas producen otro movimiento paralelo a estas mismas curvas i cuya magnitud depende, para una agitacion dada del mar, de la pendiente de la playa i de la inclinacion e intensidad del viento.

Las olas al reventar mas o ménos perpendicularmente a la playa i al correr sobre el fondo de ella con un espesor mas i mas delgado, están espuestas a la accion del viento que ejerce sobre el líquido un movimiento de traslacion en su misma direccion. Se encuentran así las moléculas de agua, solicitadas por dos fuerzas; la una debida a la corriente ascendente i que es perpendicular a las curvas de nivel i la otra mas o ménos inclinada segun sea la direccion del viento: la intensidad de la primera es variable, pues disminuye a medida que el líquido avanza hácia la costa; la segunda es constante; las moléculas se moverán, por lo tanto, en su período de ascension, segun una línea curva parabólica i tanjente a la línea de mayor pendiente de la playa.

El líquido al descender describe una curva semejante en sentido inverso, mucho mas cerrada que la anterior, debido a la accion aceleratriz de la gravedad, que tiende a confundirse con la línea de mayor pendiente de la playa, miéntras mayor sea esta pendiente.

Segun esto, los cuerpos situados en la parte de playa recorrida por la ola, estando sujetos por una parte, al movimiento alternativo de las corrientes que se hacen perpendicular a las curvas del nivel del fondo i por la otra al avance paralelo a estas mismas curvas; describirán su camino en zig-zag produciéndose una progresion final de las arenas en una direccion horizontal i paralela a la costa i en el mismo sentido de la direccion del viento.

La rapidez de este movimiento depende, de la pendiente de la playa, de la intensidad i direccion del viento i de la densidad de los cuerpos; en igualdad de circunstancias i para una agitacion dada del mar será mas rápido cuanto menor sea la pendiente, mayor la intensidad del viento i mas finas las arenas.

La intensidad de este movimiento de traslacion, que adquiere su máximo en la parte de playa espuesta a la accion de las olas, va disminuyendo a medida que la hondura aumenta; a causa de la resistencia de las capas de agua, hasta hacerse completamente nulo en un punto dado, pasado el cual los cuerpos se encuentran en la mas absoluta inmovilidad.

Volvamos ahora a la costa de Valparaiso i mediante el estudio de ella i la aplicacion de las condiciones jenerales sobre el movimiento de las olas i su accion sobre las costas, que acabamos de esponer, veamos si es posible la teoría emitida por el señor Casanova respecto al orjén i formacion de la playa de Viña del Mar.

Sabemos que las arenas que se encuentran en la bahía provienen de los cauces de la ciudad i principalmente de los esteros de Jaime i Delicias, que sólo en la época de lluvias i cuando éstas han sido constantes durante un tiempo mas o ménos largo, arrastran arenas al mar en cierta proporcion; tan luego cesa la lluvia i pasado un cierto tiempo, este arrastre cesa completamente.

Dada la cantidad de agua media anual que cae, cuyo promedio puede avaluarse en 0.^m50 al año i que se reparte por término medio en 30 dias, i a la poca estension de la hoya hidrográfica, podemos decir que las arenas que llegan al mar por estos conductos son relativamente poco abundantes, en comparacion con las que caen en otras bahías.

Otra causa productora de arenas son las rocas que se encuentran constantemente batidas por las olas, i que en Valparaiso, siendo rocas volcánicas jeneralmente graníticas, que son las que resisten mejor al desgaste i a la desagregacion mediante los ajentes atmosféricos, producen en último caso, arenas en proporcion mui inferiores a las anteriores.

Sabemos ademas que los únicos vientos que producen ajitaciones mas o ménos graves en la bahía son los vientos del NO., que cuando soplan con violencia producen temporales i las mas grandes ajitaciones; temporales que ocurren tres o cuatro veces en el año i que son de poca duracion, pudiendo decirse que durante la estacion de invierno, en que soplan estos vientos, no pasan de 20 los dias en que el mar se encuentra mas o ménos ajitado.

En el resto del año, soplan vientos de distintas direcciones de los cuales los mas constantes son los del SO i los mas fuertes los del Sur: estando la bahía mas o ménos abrigada de todos estos vientos por los cerros altos que la rodean i siendo en su mayor parte vientos de tierra, no producen ajitaciones sensibles en el mar.

Hechas estas consideraciones aceptemos por un momento la teoría de que las arenas son arrastradas en tiempo normal desde Punta Anjeles hasta Viña del Mar. Este movimiento, como es natural, se efectuará a lo largo de la costa, siguiendo todas sus ondulaciones, conforme a los principios jenerales que hemos enunciado anteriormente, pudiendo asimilársele al de una corriente continúa de arena que se hace en esta direccion, tanto mas abundante cuanto mayor sea la cantidad de arenas que va encontrando a su paso.

Para que haya trasporte en una direccion dada, será necesario que se reúnan todas aquellas condiciones que le son favorables, como ser, poco fondo i una playa descubierta, donde las olas al romper produzcan su accion de arrastre en conjunto con un viento favorable, o bien, movimientos del mar mui intensos cuando la pendiente sea mui grande. El trasporte será tanto mas rápido cuanto mejor se cumplan estas condiciones i mas finas sean las arenas.

En tiempos normales en que segun la teoría supuesta, las arenas son arrastradas hácia Viña del Mar, las agitaciones del mar son mui pequeñas, de manera que para que se efectúe este trasporte, será necesario que en todo el trayecto recorrido se encuentren playas en condiciones mui favorables. Si las arenas en su camino a lo largo de la costa encuentran, por ejemplo, fondos de dos o mas metros en los que las agitaciones del mar en la época indicada apénas se hacen sentir, los granos de arena quedarán inmóviles en estos fondos, cayendo por decirlo así, unos encima de otros hasta levantar el nivel, no pudiendo pasar mas adelante hasta no llenarlos; produciendo por lo tanto una playa continúa de arenas, que en este caso debe formarse desde mui cerca de Punta Anjeles hasta Viña del Mar.

Al mismo tiempo, mezclándose en este trayecto todas las arenas que se forman a lo largo de la costa, irán poco a poco adquiriendo un color i composicion mas i mas uniforme.

Por efecto del movimiento, se producirá a su vez un desgaste en los granos de arena i sucederá, que los que se encuentran en puntos mas i mas alejados serán a su vez mas finos.

Por lo tanto las arenas de Viña del Mar, que seria el término de esta corriente, deben ser de la misma composicion i mucho mas finas que las que arrojan los cauces i esteros a lo largo del malecon.

Pero basta recorrer la costa para ver que ninguna de estas circunstancias se cumplen; por el contrario, ella es en su totalidad rocallosa, encontrándose sólo 4 o 5 pequeñas playas de arena de oríjen esclusivamente local; i las arenas de la playa de Viña del Mar tienen una composicion mui distinta i son mucho mas gruesas que las que se encuentran en la desembocadura del estero de las Delicias.

Entre Punta Anjeles i el muelle de pasajeros, hai una distancia de 2,500 metros mas o ménos; en todo este trayecto no hai playa de arena; en tiempos normales las olas revientan suavemente sobre un fondo de piedras i cuya pendiente es relativamente fuerte.

En el muelle de pasajeros aparece la primera playa, que se estiende como a 100 metros a cada lado; las arenas que la forman no pueden venir desde Punta Anjeles, pues ya hemos visto que en todo el trayecto comprendido no hai playa de arena, i no es posible aceptar que se muevan en un trayecto de mas de 2,000 metros sin dejar rastro alguno de su paso, yendo a formar playa en un punto distante, cuando mas natural es que la formen con preferencia en los puntos más cercanos a su oríjen. Esta playa es formada por las arenas que arrojan ahí mismo tres cauces, que desaguan al mar a mui corta distancia uno de otro.

Pasado el muelle de pasajeros, sigue el malecon en una estension de 2 kilómetros, donde se encuentran fondos desde 2 hasta 4 metros.

En tiempos normales las olas chocan en el muro vertical sin reventar, produciendo pequeños movimientos cuya accion no se hace sentir ni aun a dos metros de hondura sobre las arenas del fondo. El agua, cuando no es enturbiada por otras causas, se ve limpia i clara no teniendo ni aun fuerza para levantar las partículas mui finas i gredosas, que se encuentran en las cercanías de la boca de los cauces.

En estas difíciles condiciones tendría que ejecutarse, en todo este trayecto, el arrastre de las arenas hácia Viña del Mar.

El malecon, aun inconcluso, termina en hondura de 3 metros i detras de él se encuentra una antigua playa de arena de 300 metros de largo, mas o ménos, hasta llegar mui cerca del Estero de las Delicias. Entre esta playa i el Estero, hai un malecon de rieles rellenos con piedra construido por los Ferrocarriles del Estado, fundado en honduras de 3 a 4 metros i unido en sus estremos con la costa por otros malecones perpendiculares a la playa. Para que la corriente de arena pasase en direccion a Viña del Mar, seria necesario que contornease estos malecones, i como encuentra en su camino un obstáculo avanzado hácia el mar i perpendicular a su direccion, su primer efecto será producir el embancamiento del ángulo interior i levantar el nivel al pié del malecon. Sin embargo, nada de esto se observa i las arenas seguirian su camino pasando por honduras mas crecientes.

En la desembocadura del Estero de las Delicias, se puede observar un dato mui revelador, que es de que unos cuantos metros al norte de él no se encuentra playa de arena; la costa es rocosa i el fondo compuesto tambien de rocas; si hubiera trasporte en esa direccion, la formacion de una playa en todo el tramo de costa que se estiende al norte del Estero, sería infalible.

Como a 300 metros del Estero se encuentra la Caleta, punta rocosa que avanza al mar, formando casi una isla interrumpida por un pequeño canal cuya parte mas ancha i mas honda sirve de baños públicos. En el ángulo formado por esta punta i que mira al sur no se encuentra tampoco rastro de arenas, i el fondo en la parte mas saliente alcanza hasta 7 metros.

Pasado los baños de la Caleta se encuentra el Fuerte Andes, el trayecto entre estos dos puntos es tambien rocoso i sin rastros de arena. La puntilla en que está situado este fuerte avanzá hácia el mar i en el ángulo que forma con la playa i que mira al sur, el fondo está cubierto de piedras mas o ménos grandes i redondeadas, i de escorias de carbon de las locomotoras del Ferrocarril del Estado, que

se botan en este lugar. El fondo en la puntilla mas saliente alcanza a 6.50 metros. En el ángulo norte formado por esta punta se encuentra una pequeña playa de arena de 150 metros de largo, que principia desde el talud mismo del fuerte; playa que es formada por las arenas que arrastran dos pequeños cauces, cuyas desembocaduras están situadas al norte de ella.

A 1,300 metros mas al norte del Fuerte Andes, se encuentra la playa del Matadero; en este trayecto la costa es siempre rocosa, apareciendo rocas a flor de agua a 10 i 20 metros de la orilla: en toda esta parte las olas revientan al pié del talud del Ferrocarril, que está cubierto de piedras de dimensiones variables i en cuyos intersticios no se nota acumulacion de arena. La playa del Matadero es formada por las arenas arrastradas en tiempo de lluvias por la quebrada del mismo nombre, estendiéndose al sur de su desembocadura i es compuesta de arenas mas o ménos finas.

Terminada esta playa; sigue la costa siempre escarpada i rocosa hasta Punta Gruesa que es la mas avanzada hácia el mar. Toda la parte sur de esta punta que forma un ángulo entrante bastante pronunciado, es compuesta a su vez de pequeñas puntillas de piedra i de una serie de ensenaditas, en ninguna de las cuales se encuentran rastros de arena, a pesar de su favorable orientacion con respecto a una corriente que viniese de Valparaiso. La parte mas saliente que forma la Punta Gruesa tiene una estension de mas de 150 metros en los cuales se encuentran fondos desde 7 hasta 9 metros.

De este último punto, sigue la costa siempre rocallosa i de fuertes pendientes, pasando frente a la Estacion del Recreo, donde forma una pequeña ensenada i donde se encuentran tres pequeñas playas de arena formadas por otrosj tantos cauces i separadas entre sí por puntillas rocosas.

Como a 300 metros mas al norte se encuentra la playa de Caleta Abarca, que tiene poca estension, siguiendo inmediatamente despues la costa rocosa hasta Punta Gorda, que es formada por dos puntas avanzadas al mar i entre las cuales se encuentra una pequeña playa de arena, donde están situados los baños de Miramar. Las hon-

duras en las partes mas avanzadas i en su pié varian entre 6 i 7 metros.

Al norte de la última punta i en el vértice del ángulo que forma esta en la playa de Viña del Mar, desagua el estero del mismo nombre, pasado el cual se estiende la playa arenosa en una longitud de cerca de 3 kilómetros.

Este es pues el camino que, segun la teoría del señor Casanova, tienen que recorrer las arenas que se forman entre Punta Anjeles i el estero de las Delicias para ir a formar la playa de Viña del Mar.

Recorren así un largo tramo de costa de cerca de 8 kilómetros, pasando por fondos variables i en condiciones sumamente desfavorables, sin dejar rastro alguno ni formar playa continúa, como es de suponerlo.

Encuentran obstáculos a su paso, como malecones, muelles i puntos salientes sin detenerse, pasando por honduras desde 0 hasta 9 metros i donde el movimiento de las aguas en tiempos normales no tiene ni fuerza para mover los fangos, saltando por abismos—podemos llamarlos así en este caso—que bastarian para detener la marcha de los alluviones miéntras no fuesen completamente colmados.

I por último, despues de haber recorrido este largo trayecto, llegan a Viña del Mar donde las fuerzas que ponen las arenas en movimiento cesan repentinamente, sin causa alguna, depositándose en esta playa precisamente ahí, ni mas acá ni mas allá.

Basta recorrer una sola vez la costa que se estiende entre los puntos considerados, para comprender que semejante teoría es inaceptable, i que ese supuesto trasporte está en contradiccion con las leyes que rijen el movimiento de las arenas a lo largo de las costas.

*
* *

Si ademas del estudio de las condiciones locales, se examina cada playa en particular, su estension i oríjen i se comparan las arenas de una i otra, se llega al convencimiento de que cada una de ellas tiene un oríjen esclusivamente local i que sus arenas no adquieren movi-

mientos sensibles de traslacion horizontal que puedan producir embancamientos.

Las arenas de la playa de Viña del Mar, pasado un poco la influencia del Estero, son de color i composicion casi homogénea; se componen en su mayor parte de cuarzo, contienen poca anfíbola i algunos granos de otras sustancias; no contienen mica: su color es blanco un poco amarillento debido a algunos granos de cuarzo teñidos de este color, i por su tamaño pueden considerarse como arenas mui gruesas, Si comparamos estas arenas con las que se encuentran al sur, en direccion a Valparaiso, se verá que hai diferencias mui notables.

La playa de Caleta Abarca, que no es la mas cercana, es formada por arenas mucho mas finas, de color amarillo i conteniendo mucho fierro.

La del Matadero, contiene arenas mucho mas finas que las de Viña del Mar i un poco ménos que las de Caleta Abarca, i son compuestas de cuarzo, felpato i uno que otro grano de mica: su color es un poco negro.

Las dos pequeñas playas que se encuentran al Norte del fuerte Andes, son compuestas de arenas gruesas i amarillas mui distintas a las de Viña del Mar.

Las arenas del Estero de las Delicias en su desembocadura son finas amarillentas i contienen mucha mica; por su color i composicion son casi iguales a las que se encuentran frente al Estero de Jaime i a la de los cauces que desaguan a lo largo del Malecon.

Si se toma en cuenta, ademas, la manera como están situadas las pequeñas playas que se encuentran entre Viña del Mar i el estero de las Delicias i su probable oríjen, se ve que en cada punto donde hai una playa de arena desemboca un cauce i que la lonjitud de esta playa es proporcional a la importancia de la quebrada que le dá oríjen, notándose ademas que se estienden al sur de la boca de su respectivo cauce.

Si la teoría que rebatimos fuera efectiva, deberia suceder precisamente lo contrario de los hechos que acabamos de anotar. Las are-

nas de Viña del Mar serian mas finas i de composicion mas o ménos igual a las del estero de las Delicias i demas cauces, i las pequeñas playas estarian situadas, en época normal, al norte de su punto de oríjen i no al sur como sucede.

*
* *

En nuestro estudio sobre la marcha de los alluviones a lo largo de la costa de la bahía de Valparaiso, no sólo nos hemos conformado con hacerlo hasta en honduras visible a la simple vista, i hasta donde los movimientos del mar en épocas normales pueden ejercer de una manera sensible sus acciones, sino que hemos hecho además el estudio comparativo de las arenas que se encuentran a distintas honduras, con el objeto de juzgar de la importancia que tiene el transporte longitudinal de Viña del Mar hácia Valparaiso, en la época de las mayores agitaciones, o sea de los temporales que tienen lugar en los meses de invierno i cuyas acciones se hacen sentir hasta en honduras de 10 a 12 metros sobre las arenas del fondo.

Se han hecho, con este objeto, como 60 sondajes a distintas honduras en todo el largo comprendido entre el muelle de pasajeros i la playa de Viña del Mar, sacando muestras de las arenas que se encuentran sobre el fondo i comparándolas entre sí. Como estas muestras han sido obtenidas por medio del sebo que lleva el escandallo en su parte inferior, no se han hecho sino aquellas observaciones mas sencillas como ser: color, grado de finura i la existencia de sustancias que llamen mas la atencion a primera vista.

Para mayor brevedad resumimos el resultado de todas las observaciones hechas de la manera siguiente:

Los sondajes hechos a lo largo del malecon hasta el estero de las Delicias nos demuestran que las arenas del fondo son mas o ménos de igual composicion, encontrándose, sin embargo, en sus jéneros diferencias notables. Se nota, además, que las curvas de nivel del fondo en todo este trayecto no son equidistantes estando en las cercanías i frente a la boca de los cauces i esteros, notablemente

avanzadas hácia el mar, sucediendo todo lo contrario en los intermedios. En los sondeos efectuados ántes de llegar al estero de Jaime i frente al punto destinado para un nuevo muelle i cuyo arranque está ya construido, se encuentran fondos de piedra hasta en honduras de 7 metros.

Estos hechos nos demuestran que el transporte longitudinal a grandes distancias no existe a lo largo del malecon i que en último caso sólo se ejerce en las proximidades de los esteros i en una estension mui limitada a uno i otro lado de su desembocadura.

Pasado el estero de las Delicias hasta Viña del Mar, hemos visto que la produccion de arenas es insignificante i que no son por sí solas de temer. Todos los sondeos hechos en esta parte demuestran la existencia de fondos mui dispárejos con arenas de composicion i colores mui distintos. Las sondas al frente o en las cercanías de cada una de las pequeñas playas dan arenas de la misma composicion i color que las que se encuentran en ellas, siendo mas finas miétras mayor sea la hondura en que se toman: en las puntillas o en los intermedios entre playa i playa, se encuentran alternativamente fondos de piedra i arenas i estas de distintas clases i colores.

Sólo en las cercanías del estero de Viña del Mar i al sur de él, al rededor de la Punta Gorda, en los sondeos hechos en honduras desde 5 hasta 9 metros se obtienen arenas finas, de composicion i color igual a las que se encuentran frente a la boca de este estero.

Todos estos datos nos demuestran, a su vez, que no hai transporte jeneral de Viña del Mar hasta Valparaiso debido a la accion de los temporales del NO.

*
* *

Las conclusiones a que hemos llegado mediante el estudio de la localidad i que nos demuestran que las arenas que se encuentran a lo largo del malecon no son trasportadas hácia Viña del Mar, ni las de este punto hácia Valparaiso,—como erróneamente se ha supuesto—están tambien conformes con los principios jenerales que rijen el

movimiento de las arenas, principios que anteriormente hemos es-
puesto i que vamos a aplicar en nuestro caso.

Hemos visto que las arenas que se encuentran en una playa es-
tán sujetas a dos movimientos: uno allenativo, debido a las corrien-
tes de fondo producidas por las olas en sus distintas faces, que las
arrastra en el sentido perpendicular a las curvas de nivel; i el otro
debido a la accion combinada de las olas i del viento, que produce
una progresion final de las arenas a lo largo de estas mismas curvas.

El primero se efectúa siempre que hai movimiento por olas, ha-
ciéndose sentir a mayor hondura miéntras mayor sea la intensidad
de ellas, i produciendo un arrastre final de arenas a uno u otro lado
de la línea neutra, segun sea la preponderancia que adquieren las co-
rrientes producidas, preponderancia que en todo caso depende, como
hemos visto, de la pendiente de la paya.

El segundo se produce sólo en el caso en que, al movimiento por
ola, se agregue un viento más o ménos fuerte y de una inclinacion
conveniente i cuyos efectos se hacen sentir de una manera aprecia-
ble, desde el punto en que rompe la ola hasta el término de su carre-
ra. Para que se produzca el transporte lonjitudinal en una direccion
dada, será necesario que haya playa de arena donde la ola al reventar
pueda correr libremente i donde el viento pueda ejercer fácilmente
toda su accion.

Veamos ahora lo que pasa en Valparaiso a lo largo del malecon.
Las aguas que traen los cauces i esteros en tiempo de lluvias, arras-
tran consigo arenas mas o ménos gruesas mezcladas con gran pro-
porcion de fangos arcillosos. Al llegar al mar i caer al pié del male-
con en honduras variables, los fangos son arrastrados por la misma
corriente a distancias mas o ménos grandes, enturbiándose rápida-
mente las aguas del mar, que las mantienen en suspension por un
tiempo mas o ménos largo, yendo al fin a depositarse en los altos
fondos de la bahía. Las arenas por su parte irán a depositarse a
distancias tanto mas alejadas de la boca del cauce o estero, cuanto
mas finas o menor sea su peso.

Si las cosas continuaran así indefinidamente, se produciria el

embancamiento del pié del malecon en cada uno de los puntos donde se desagua un cauce o un estero, formando una playa de arena con tanta mayor rapidez, cuanto mayor sea la abundancia de arena i menores sean los movimientos del mar: puesto que estos tienden, en todo caso, a impedir la acumulacion en un punto dado, i a igualar las curvas del nivel del fondo; pero felizmente la época de lluvias coincide con la de las mayores agitaciones que se producen en la bahía i cuya accion tiende a destruir el efecto anterior.

Estando el pié del malecon, en su mayor parte, en honduras comprendidas entre dos i tres metros, las mas grandes olas que se producen renvientan, en último caso, mui cerca de él, adquiriendo en este momento la corriente ascendente su mayor intensidad de arrastre de abajo hácia arriba; pero la ola al chocar con violencia sobre el muro vertical, retrocede con tanta mayor fuerza cuanto mayor sea el choque, haciendo que la corriente descendente principie con una velocidad inicial tanto mayor, cuanto mas grande sea la intensidad de la ola, adquiriendo así una gran preponderancia sobre la ascendente i cuyo efecto será arrastrar las arenas hácia los altos fondos, tanto mas léjos para una intensidad dada del mar, cuanto mayor sea la pendiente de la playa i mas finas sean las arenas: condiciones que en nuestro caso se cumplen en toda la costa, sobre todo la primera.

El efecto inmediato de los temporales será, por lo tanto, impedir el embancamiento inevitable que producirian los cauces i esteros al pié del malecon, arrastrando las arenas mas o ménos perpendicularmente a las curvas de nivel del fondo en direccion a alta mar, que no producir un movimiento de traslacion horizontal a lo largo de estas mismas curvas, lo que produciria en mui poco tiempo un embancamiento tambien inevitable.

Por esta causa la construccion del malecon en honduras mas i mas crecientes es una garantía contra los embancamientos rápidos, haciendo que la disminucion de las profundidades se haga de una manera lenta i uniforme en un ancho bastante considerable.

Se me preguntará; ¿I la playa que se encuentra en el muelle de pasajeros? La formacion de esta playa es debida únicamente a la

influencia del mismo muelle. En los temporales, las olas ántes de reventar encuentran el ancho cabezo de este muelle, perdiendo parte de su velocidad en los extremos que rozan sus costados i por consiguiente mucho de su intensidad, lo que hará que la accion de las olas se ejerza a ambos lados del muelle oblicuamente, tendiendo a acumular las arenas debajo de él i al pié del malecon que es la parte ménos espuesta a las corrientes: el embancamiento que se produjo primero en este punto, debido a las arenas que arrojan los tres cauces que desaguan en sus cercanías, irá, por lo tanto, estendiéndose mas i mas a ambos lados, hasta donde la influencia retardatriz del muelle se haga sentir sobre las olas.

Si se suprimiese el muelle de pasajeros, esta playa desaparecería al cabo de cierto tiempo, siendo sus arenas arrastradas hácia los altos fondos por la accion de los temporales.

Esto es lo que pasa en el malecon en el invierno; en el resto del año las agitaciones del mar adquieren pequeñas proporciones i las olas chocan en el muro vertical con mucho ménos fuerza, produciendo, en último caso, un movimiento semejante al anterior, pero que no alcanza, por lo jeneral, a ejercer su accion en fondos de mas de dos metros.

Vemos, pues, que, de los movimientos de las arenas en la bahía, el mas preponderante es el de arrastre hácia los altos fondos i cuyo efecto es levantarlas poco a poco, disminuyendo al mismo tiempo la pendiente.

Es mui jeneralizada en Valparaíso la opinion de que el embancamiento lento del muelle de pasajeros i del muelle fiscal, es debido a las arenas de los esteros de Jaime i Delicias i demas cauces; esto es un error, el embancamiento existe, pero su causa es esclusivamente local; el del muelle de pasajeros, por las causas que mas arriba hemos indicado, i el del muelle fiscal, por las arenas que botan los cauces que desembocan cerca de él i de las que se forman por otras causas en su vecindad, sobre todo hácia el oeste. Además, los alrededores de este muelle, siendo la parte mas abrigada de la bahía, los fangos arcillosos de que se cubre el mar en tiempo de lluvias, se depositan mas

rápídamente en este punto; motivo por el cual la capa de fango tiene ahí su mayor espesor.

Como en los puntos considerados es donde se hacen zondajes i en donde, por las necesidades del servicio, se puede apreciar la variación de las profundidades, hai la tendencia a creer que son los únicos puntos donde el fondo se levanta en mayor proporción que en otras partes: Sin embargo, esto es jeneral en todo el largo de la bahía de Valparaiso, siendo mayor el levante en las cercanías de los cauces i esteros i tanto mayor cuanto mas importancia tengan éstos.

Si las arenas del estero de Jaime i Delicias fueran arrastradas hácia la parte occidental de la bahía, seria esta la parte mas embancada i en la que, por lo tanto, las curvas de nivel estarian mas avanzadas hácia el mar i donde la pendiente seria mas suave; pero basta echar una mirada al plano acotado de la bahía para ver que sucede todo lo contrario i que en las cercanías de los esteros Jaime i Delicias es donde las profundidades son menores i las pendientes mas suaves.

Si consideramos la parte comprendida entre el estero de las Delicias i Viña del Mar, bajo la acción de los temporales del NO. vemos que, siendo la costa en su mayor parte rocosa, su acción bajo el punto de vista del transporte de las arenas no tiene gran importancia; las pocas que se producen por el desgaste de las rocas se pierden en las anfractuosidades de las piedras.

VI.

(El autor del proyecto de Viña del Mar dice: "que las olas producidas por los vientos del SO rompen perpendicularmente a esta playa.") No se comprende como una fuerza oblicua a una playa hace romper la ola perpendicularmente a ella. Aun en el caso de un viento normal a una playa, la ola rara vez rompe perpendicular, por la sencilla razon de que los vientos no soplan exactamente segun un rumbo determinado, sino que oscilan sin cesar diez o mas grados a cada lado de un rumbo medio. De aquí la frase: inconstante como veleta..... En materia de trabajos marítimos no se pueden hacer afirmaciones absolutas, por eso los textos dicen: la ola tiende a romper normalmente a la playa, tiende i nada mas.—D. Casanova.

(*Anales del Instituto de Ingenieros*, Mayo de 1898, páj. 546.)

Segun estas observaciones, quiere decir que, para su autor, las olas, una vez formadas, obedecen rápidamente a la accion del viento i que tan luego se inclinan a un lado u otro siguiendo dócilmente sus variaciones, como lo hace una veleta o como un caballo obedece al freno.

Nada hai, sin embargo, mas contrario no sólo a la teoría del movimiento de las olas, sino tambien a los hechos, que a cada paso nos demuestran la regularidad con que una vez producidas las olas se propagan en una direccion dada; cualquiera que sean las variaciones que experimenta el viento. Basta observar lo que pasa en una playa de arena para ver que las olas rompen mas o ménos perpendicularmente a ella, *cualquiera que sea la direccion del viento que sopla*, i basta conocer, aunque sea mui poco, la teoría que rije el movimiento de las olas, para tener la esplicacion razonada i clara de estos mismos hechos.

Pero mi colega, despues de haber sido tan absoluto en sus apreciaciones, termina diciendo: "que los textos dicen: *que la ola tiende*

a romper normalmente a la playa, tiende i nada mas;" pero tendrá que confesar conmigo que, si existe esta tendencia, ello será debido a alguna fuerza que la solicita en ese sentido i que, por lo tanto, en todos aquellos casos en que esta fuerza no se halle entorpecida por otras causas o que las condiciones locales sean favorables; la ola obedecerá a esta tendencia e irá a reventar normalmente en la playa, tal como sucede en la de Viña del Mar y en todas aquellas playas arenosas, mas o ménos estensas, en que las condiciones locales son favorables, como esplicaremos mas adelante.

I ya que se nos habla de textos cuyos autores no se citan, vamos en cambio a citar, a nuestra vez, algunos textos y autores en apoyo de nuestra opinion.

En la memoria de Cornaglia, ya citada anteriormente, en el párrafo en que trata de la accion del choque de las olas sobre los cuerpos sólidos, que constituyen las obras marítimas, i en cuya fórmula entra un término que representa la inclinacion con que se produce el choque, dice lo siguiente: "Con el objeto de simplificar las fórmulas, hagamos el valor de la inclinacion igual a cero, *como esto pasa aproximadamente cerca de la orilla, sobre todo en las fuertes borrascas.*" Lo que en otros términos quiere decir, que la ola viene desde cerca de la orilla perpendicularmente a la playa; i nótese que Cornaglia prescinde en su espresion de indicar la clase de playa; si es o nó arenosa.

En el Anuario Hidrográfico, año 19, se ha publicado un interesante trabajo sobre Oceanografía del profesor Thoulet, el cual dice lo siguiente: (páj. 211). "*Cualquiera que sea el lado de donde proviene el viento, las olas llegan siempre mas o ménos perpendicularmente a la playa en la cual rompen.*" Entrando despues a demostrar la exactitud de ello.

El señor Alfredo Levêque, en su informe sobre el puerto de Constitucion publicado en el Anuario Hidrográfico, año 3, es mas categórico aun en sus afirmaciones. Dice: "*El movimiento de las olas es siempre perpendicular a la direccion de la costa, es decir, aquellas se ajustan a la forma de ésta.*" I despues de demostrar la verdad

de esta opinion, concluye con estas palabras. *Cualquiera que sea la direccion de las olas mar afuera, jiran siempre, de modo que se ajustan a la forma de la costa i su accion es normal a ella.*

*
* *

Por otra parte, la teoría del movimiento de las olas nos demuestra la exactitud de este principio de una manera tan clara que ello no admite discusion. En beneficio de la brevedad, no entraré a desarrollar esa teoría, que mis colegas pueden consultar en las memorias ya citadas i principalmente en la de Gerstner "Teoría sobre las olas" publicado en los Anales de Puentes i Calzadas de 1887.

Bastará con las siguientes observaciones: Las olas en el estado ondulatorio, tienen dos movimientos: el uno el movimiento visible, que afecta a la cresta o vértice de la ola formada, i el otro el invisible, que produce el primero i que afecta a las moléculas de agua.

El agua no tiene un movimiento de traslacion en el sentido de la marcha de la ola, como parece, sino que sus distintas moléculas están animadas de un movimiento circular, describiendo círculos cerrados al rededor de un centro i cuyos diámetros van disminuyendo de la superficie al fondo.

Las moléculas superficiales describen sus círculos con un diámetro que iguala a la altura de la onda, círculos que se mueven a su vez, alternativamente en sentido del movimiento de la ola i en sentido contrario, en una distancia igual a la semiamplitud de ella; produciéndose así el movimiento visible de la ola i cuya superficie afecta la forma de una trochoide.

Es solo la cresta la que se traslada, ocupando las moléculas de agua el mismo punto de su plano en cada una de las posiciones simétricas de cada ola.

Los círculos descritos son menores mientras mas léjos se encuentren de la superficie, i como son descritos en el mismo tiempo, resulta que las moléculas superficiales estarán animadas de mayor velocidad, puesto que describen en el mismo tiempo círculos mayores, siendo sus planos perpendiculares a la cresta de las olas.

La velocidad, altura i lonjitud de una ola, están en relacion directa con la magnitud i velocidad con que son descritos los círculos superficiales.

La influencia de este movimiento se hace sentir a grandes profundidades; 400 a 500 metros segun algunos autores.

Se comprende, por lo tanto, que siendo la velocidad de la ola funcion de la velocidad con que las moléculas de agua describen sus círculos i disminuyendo la de éstos a medida que van pasando por fondos mas o ménos decrecientes, que se oponen por efecto del roce a su movimiento; la velocidad de la ola irá tambien disminuyendo en la misma proporcion.

Cuando una ola avanza en una direccion inclinada a las curvas de nivel del fondo, un extremo de ella, encontrándose en profundidades menores, sufrirá un retardo en su velocidad con relacion al otro extremo, que pasa por mayores honduras, produciendo, en consecuencia, una rotacion de la ola al rededor del extremo mas fatigado; i a medida que va pasando por fondos mas i mas decrecientes, obedecerá lentamente a esta impulsión hasta quedar paralela a la playa en que rompe.

Al romper, hemos dicho anteriormente que convierte su movimiento ondulatorio en uno de traslacion, i como los círculos descritos son perpendiculares a la cresta de la ola, el movimiento de traslacion se hará tambien perpendicular a ella, i ejercerá de la misma manera su accion sobre la playa. De aquí la espresion perfectamente correcta de que la ola rompe perpendicular a la playa.

Es natural que, miéntras mas regulares sean las curvas de nivel i ménos pendiente el fondo, este movimiento, que principiará a producirse a distancias considerables de la orilla, se ejecutará con mucho mas regularidad i perfeccion. Pero cuando las curvas de nivel cambian bruscamente de direccion en distancias mui cortas, no siendo las pendientes regulares, el movimiento se complicará, i podrá suceder que la ola rompa de otra manera, como pasa, por ejemplo, en aquellas costas de fondos mui desparejos llenos de escollos o bancos de arena, que se encuentran a poca hondura.

Cuando la ola en su carrera encuentra una costa rocosa i en la cual el fondo se levanta bruscamente, la ola, llegando con una gran velocidad i no teniendo tiempo para jirar, romperá mas o ménos inclinada. Cuando la costa se levanta casi verticalmente i el mar tiene mucha hondura en su pié, las olas al chocar producirán resacas o corrientes poderosas de fondo, que destruyen la simetría de su movimiento, llegando a veces, cuando su velocidad es mui grande, como pasa en los grandes temporales, a producir interferencias de dos o mas olas, produciendo los grandes saltos de agua, que se observan en algunas costas mui escarpadas.

En la playa de Viña del Mar, las olas al avanzar hácia la costa encuentran en su camino fondos en condiciones sumamente favorables de pendientes i regularidad: la influencia del fondo se hará sentir a una gran distancia de su orilla, de modo que la ola espuesta durante un largo tiempo a esta influencia avanzará con una direccion mas i mas paralela a las curvas de nivel para ir a reventar en la playa perpendicularmente a ella.

Tan notable es esta influencia del fondo, que en ciertas playas curvas i de poco largo, es mui comun observar que, la cresta de la ola toma la misma corvatura de la playa, corriendo así paralela a ella hasta reventar: Hecho que, sin ir mui léjos, se puede ver mui a menudo en la pequeña playa curva de Caleta Abarca en Valparaiso i que muchos de mis colegas talvez habrán observado en esta o en otras playas parecidas.

Si las olas no obedecieran sino a la impulsión del viento, ¿cómo nos esplicaria el señor Casanova este caso de una ola curva? Probablemente suponiendo un viento cuyo oríjen fuera el centro de la circunferencia descrita por la ola i que soprase en forma de abanico, lo cual es un absurdo.

El error de mi colega se hace mas manifiesto al examinar el plano de la rada de Pichilemu (Lámina I), que publica en los ANALES del Instituto, i en el cual nos figura olas al Sur de la puntilla de Pichilemu, con un extremo tocando a la costa i el otro en alta mar; lo que es contrario a los hechos i a la teoría de la formación i pro-

pagacion de las olas. I sin embargo, mas allá, pasada la influencia de la puntilla i a lo largo de la playa arenosa, que se estiende al norte de la punta del Gato, nos representa las crestas de las olas curvas i paralelas a la playa, haciéndolas hacer una conversion de cerca de 90° para ir a romper perpendicularmente a la playa.

Recomiendo a mi colega las memorias que he citado anteriormente, i estoi seguro que, a su sola lectura, cambiará completamente de opinion i verá, sobre todo, que es un absurdo suponer olas que corren tanjentes a la costa como lo ha supuesto en el plano de la rada de Pichilemu (Lámina 1).

VII.

Ademas es un error afirmar que las arenas son arrastradas a los altos fondos. Los materiales los deposita el mar, segun sus tamaños i pesos, en el órden siguiente, a partir de la orilla: cascajo, arena, fango. En los altos fondos, como llama el autor del proyecto de Viña del Mar a las profundidades, sólo se halla fango.—*D. Casanova.*

(*Anales del Instituto de Injenieros*, Mayo de 1898, página 546.)

Ante todo, me permitirá mi colega que le haga una observacion, i es que nunca he pensado en llamar a los altos fondos de una playa las profundidades, como quiere hacérmelo decir.

Ambos términos no espresan números concretos, sino que espresan honduras comparativas que están en relacion con el objeto a que se refieren.

Si en mi informe hablase del mar o de una bahía, la palabra altos fondos podria entenderse por las profundidades, hasta donde no podrán ser arrastradas las arenas; pero al hablar de una playa, nadie iria a entender por altos fondos las mas grandes honduras del mar a las profundidades de una bahía, donde indudablemente se encuentran fangos, sino las de la playa que se considera, cuyo límite

no es indefinido i que puede considerarse aquel, en que los movimientos del mar, dejan de ejercer su accion sobre sus fondos.

El eminente ingeniero Bechmann, en su importante memoria sobre el "Dominio público marítimo," define e indica los límites de este dominio, que corresponden a las playas, radas, abras i mar indefinido, i natural es que a cada una de estas espresiones pueda aplicarse la palabra altos fondos para indicar las mas grandes honduras comparativas que se encuentran en cada uno de ellas.

Bechmann acepta la definicion siguiente para los límites de una playa. "*Todas aquellas partes que el mar cubre i descubre durante las mareas, hasta donde las mas grandes olas ejercen su accion sobre las arenas gruesas.*"

Como en mi informe no me refiero sino a la playa de Viña del Mar, al decir que las arenas son arrastradas a sus altos fondos no quiere decir que éstos sean las profundidades de la bahía, ni que en ellas no se encuentren fangos, como mi colega parece lo da a entender. Por otra parte, los zondajes hechos en esta playa hasta en honduras de 30 metros i donde puede considerarse como el dominio de la rada, se encuentran tambien arenas aun bastante gruesas.

*
* *

Dice ademas el señor Casanova que los materiales los deposita el mar en la playa en el órden siguiente: a partir de la orilla; *cascajo, arena i fango*. No dudo que, en las playas que conoce mi colega, se encuentran repartidos de la manera que lo indica; pero al querer jeneralizar este hecho aplicándolo a todas las playas, cae en un gravísimo error, puesto que la reparticion de los materiales tal como lo indica es mas bien una escepcion a la regla jeneral.

En una costa compuesta de materiales gruesos i que tengan mucho cascajo, i en las que el movimiento de las olas van corriéndola poco a poco, no hai dada que en la orilla se encontrará cascajo; pero en aquellas playas arenosas formadas por depósitos, que vienen de distancias mas o ménos lejanas, ya sean de lo largo de la

costa o del interior de los continentes, no se encuentra cascajo, sino arenas mas o ménos gruesas; las cuales, una vez sujetas al movimiento incesante de las olas, son depositadas cuando ellas son de composicion homogénea, segun sus tamaños, en el órden siguiente; de la línea neutra hácia la costa, arenas mas i mas finas, segun sea la estension i pendiente de la playa, i de la línea neutra hácia el largo, la misma clasificacion, hasta llegar al fango en las grandes profundidades, encontrándose las mas gruesas i mas pesadas a lo largo de la línea neutra.

En ciertas playas, aun la línea neutra es constituida por piedras i piedrecillas mas o ménos gruesas, que no se encuentran en la orilla i que, cuando el mar está mui ajitado, se ven en el fondo cerca del punto en que revienta la ola, i que son movidas alternativamente hácia arriba i hácia abajo, chocando entre sí i produciendo un ruido característico que a veces domina el del mar.

En la playa del Matadero en Valparaiso, puede observarse este hecho, cuando el mar se encuentra un poco ajitado i, sin embargo, todo el resto de la playa es formado por arenas mas o ménos gruesas.

Mi colega parece, por otra parte, olvidar que en mi informe no me ocupo sino de la playa de Viña del Mar, i que todas las consideraciones que hago en él se aplican únicamente a este caso particular, no teniendo nada que ver con la manera como se encuentran repartidos los materiales en otras playas, puesto que nuestras conclusiones no son jenerales.

Su observacion no demuestra otra cosa que su falta de conocimiento de la playa de Viña del Mar, donde no se encuentra cascajo sino arenas hasta en honduras de 20 i 30 metros bajo el agua i desde la orilla hasta los cerros tambien arena de un grosor casi homogéneo.

Ve, pues, mi colega que hai playas en las cuales la reparticion de los materiales segun la línea de mayor pendiente no se hacen como nos lo indica, i esto le probará ademas que su sistema de querer jeneralizar todos los casos particulares que ha presenciado le con-

duciran siempre a lamentables errores i a hacer observaciones que no vienen al caso particular de que tratamos.

Si en todas las playas el mar depositase los materiales, en la forma que nos lo indica, se encontraria mui apurado para esplicarnos la formacion de las *Dunas*, que no podrá negarnos que son debidas a las arenas mui finas depositadas por el mar cerca de la orilla i trasportadas despues por los vientos.

VIII.

INFLUENCIA DEL ESTERO DE VIÑA DEL MAR SOBRE LA PLAYA DEL MISMO NOMBRE. — “Al estudiar la influencia del Estero de Viña del Mar, dice el autor del informe sobre este proyecto que las arenas arrastradas por el estero “no son de tener por su intermitencia i poca abundancia” pues las creces en los años mas lluviosos no pasan de dos i duran apénas tres o cuatro dias.” A pesar de esto, llega a la conclusion de que la arena proviene “en su mayor parte” del estero.—*D. Casanova*.

(*Anales del Instituto de Injenieros*, Mayo de 1898, página 546.)

Segun la observacion anterior, quiere decir, que para el señor Casanova, el hecho de que el estero de Viña del Mar sea intermitente i sus creces de poca duracion, es una prueba de que las pocas arenas arrastradas por él no han podido ser el orjien de la formacion de esta playa.

El que las arenas del estero sean poco abundantes i lleguen al mar sólo de una manera intermitente i en poca abundancia no es una razon para que no hayan sido capaces de formar los terrenos arenosos de Viña del Mar, para cuya formacion se ha necesitado el trascurso de muchos años i aun siglos. I así como una gota de agua, cayendo constantemente i a pesar de su intermitencia i pequeñez, es capaz de oradar una piedra con el tiempo; así tambien las arenas del estero a pesar de su intermitencia i su poca abundancia, han podido formar en el trascurso de los siglos los terrenos arenosos de Viña del Mar.

I el que las arenas del estero hayan formado esos terrenos anteriormente i dado, por lo tanto, oríjen a esa playa no quiere decir que las que hoi día arroja al mar i que tienen tendencia a ser arrastradas al sur, como lo hemos demostrado en nuestro informe, sean de temer para aquellas partes situadas al norte de su desembocadura i en las cuales su influencia no alcanza ya ha hacerse sentir.

No se necesita tener mui profundos conocimientos en jeología para comprender, despues del exámen de la localidad, que los terrenos de Viña del Mar no pueden tener otro oríjen que el que hemos indicado: es decir, que son debidos en su mayor parte a depósitos paulatinos de las arenas depositadas por el estero, el que en épocas mas o ménos lejanas ha ocupado distintos lechos, habiendo sido rechazada su desembocadura poco a poco al sur.

La influencia del estero en la formacion de esos terrenos i, por lo tanto, de la playa de Viña del Mar es indiscutible, i el mecanismo de su formacion de la mas fácil esplicacion; sin embargo, ello ha sido puesto en duda por el señor Casanova que, habiendo ya emitido una opinion distinta sobre su oríjen, i cuya inexactitud hemos demostrado, necesita sostenerla negando un hecho tan claro como la luz del sol.

IX.

MODIFICACIONES QUE PUEDE ESPERIMENTAR LA PLAYA DE VIÑA DEL MAR.—En el informe sobre esta playa se dice que las modificaciones que sufre a causa de los vientos, las olas, corrientes i mareas, son mui lentas i su accion jeneral tiende mas bien a socavar la costa, arrastrando las arenas a los aftos fondos. En prueba de la socavacion se cita el caso del vapor Arauco; pero si el año 1877 sus calderos estaban *casi en seco* es claro que hubo embancamiento ya que en el vapor no pudo haber subido la playa para vararse.—D. Casanova.

(*Anales del Instituto de Injenieros*, Mayo de 1898, pájina 545.)

Toda playa sufre constantemente modificaciones mas o ménos sensibles, tanto transversales como lonjitudinales, mediante la ac-

cion de los vientos, olas, corrientes i mareas. En el sentido transversal se traducen en un avance de la línea de agua hácia tierra o un retroceso; o, lo que es lo mismo, un socavamiento de la costa o un embancamiento en la playa; lo que depende en todo caso de la proporcion que existe entre la alimentacion o sea la cantidad de arenas, que por cualquier motivo llegan a ella i la enerjía del trasporte de estas mismas.

Toda playa en que la alimentacion es muy abundante i en la cual el trasporte es menor, estará sujeta a un embancamiento. En aquellas en que la alimentacion i el trasporte son mas o ménos iguales, se mantendrán en equilibrio i su réjimen será constante. I por último, en la que la alimentacion es mucho menor que el trasporte, habrá un socavamiento tanto mas rápido cuanto mayor sea la enerjía de este último.

En la playa de Viña del Mar de longitud mui reducida, cuya formacion hemos esplicado i durante la cual hemos visto como la desembocadura del estero ha sido poco a poco rechazada al sur, resulta que la alimentacion de su parte norte ha cesado completamente.

En la temporada de lluvias en que el estero crece, las aguas rompen la barra arrastrando al mar arenas mas o ménos finas mezcladas con fangos arcillosos, que lo enturbian rápidamente i siempre con preferencia al sur i hácia el largo. Sólo despues de uno o dos días alcanzan estos fangos a enturbiar el mar, i sólo mui débilmente, frente al muelle de la Poblacion Vergara, en cuyas cercanías, aun en los grandes temporales, las aguas se ven limpias i claras hasta la misma orilla, pudiendo verse las arenas removidas por las olas. Esta limpidez del agua demuestra que en los altos fondos de la rada no se encuentran fangos, los que serian removidos en los temporales enturbiándolas rápidamente; lo que ha sido comprobado por los sondajes hechos, que hasta la ondura de 30 metros indican la presencia de arenas limpias i aun gruesas.

La alimentacion de la playa de Viña del Mar al norte del estero ha cesado, pues, completamente, i como está espuesta a un arrastre final de arenas de *N* a *S*, debido a la enerjía de las acciones de los

temporales del *NO*, resulta, como lo hemos dicho en nuestro informe, que hai un pequeño socavamiento de la costa, de lo que dan prueba el perfil de la pendiente de la playa i la forma de la costa a lo largo, entre Punta Salinas i Punta Gorda.

Tambien hemos hecho notar la importancia que tiene este transporte de *N a S*, que lo hemos calificado de mui lento, a causa de la poca constancia de los temporales i de las condiciones locales de la playa mui favorables bajo el punto de vista de la pendiente i grosor de las arenas. De aquí que el socavamiento que se produce sea sumamente lento, i como prueba de ello hemos citado el caso del vapor náufrago "Arauco," cuyos calderos, segun el plano de la bahía levantado en 1877, se encuentran al parecer despues de veinte años, solo un poco mas alejados de la orilla.

A propósito de esto nos hace el señor Casanova la observacion que encabeza este párrafo, y que, segun sus espresiones, no está conforme con las nuestras.

"En prueba de la socavacion, nos dice, se cita el caso del vapor "Arauco" cuyos calderos en 1877 estaban casi en seco."

En mi informe me espreso de la manera siguiente: "Los calderos del vapor "Arauco" parece, segun la carta de 1877, que estaban un poco mas a la orilla del agua." Lo que no quiere decir que estaban casi en seco.

Por otra parte, no afirmo ese hecho; pues no es posible apreciar diferencias de uno o dos metros en un plano a la escala de $\frac{1}{20.000}$, como el de que nos hemos servido. En último caso la posicion de estos calderos, desde hace veinte años, es la prueba mas evidente de que en esta playa no hai embancamientos, no siendo, por lo tanto, el receptáculo donde vienen a depositarse las arenas de los esteros de Jaime i Delicias, como se ha pretendido.

Mi colega se espresa ademas de la manera siguiente: "En prueba de socavacion se cita el caso del vapor Arauco; pero si el año 1877 sus calderos estaban casi en seco; claro es que hubo embancamiento ya que el vapor no pudo haber subido la playa para vararse."

En esto cae en una contradiccion, puesto que, si ha habido embancamiento, no hai razon alguna para suponer que éste no sea continuo, i si, por lo tanto, a causa de él los calderos del vapor *Arauco* que en 1877 estaban, segun dice, casi en seco, veinte años despues deberian estar mucho mas a la costa a causa del mismo embancamiento.

En último caso, cualquiera que sea la manera como hayan pasado las cosas ántes de 1877, de lo cual no hai antecedente alguno, la situacion de estos calderos en ese año, i fijada en el plano respectivo, comparada con la que hoi dia ocupan i que nos indican que están mas o ménos en la misma posicion respecto a la línea de agua en baja marea despues de veinte años, nos prueba, por el contrario, que no hai embancamiento.

Ademas, el que los restos de un vapor náufrago se encuentren en una playa en seco o casi en seco, no es una razon para concluir, a priori, de que es debido a embancamientos; puesto que, el que un buque al ser arrojado a la costa por un temporal u otra causa, pueda subir la playa sin vararse, como lo considera imposible el señor Casanova, es uno de los casos mas comunes i de lo cual se encuentran numerosos ejemplos.

Eliseo Reclus, el eminente jeógrafo, en su importante obra, *La Tierra*, pájinas 402 i 403, cita varios ejemplos de buques lanzados por la fuerza de un temporal en medio de los campos o sobre las rocas de las playas, quedando en alturas hasta de tres metros sobre las mas altas mareas.

Yo mismo he visto hace mui pocos años el casco de dos buques, el *Watteree* i el *América*, en las pampas de las cercanías del puerto de Arica, buques lanzados a la playa en 1868, quedando uno de ellos a una gran distancia de la costa, i donde ha servido de hotel i casa habitacion durante mucho tiempo.

Nada tiene, pues, de estraño, cuando se observan hechos de la naturaleza de los que hemos anotado, que el vapor *Arauco* hubiera sido lanzado por un temporal, no diré en tierra firme, sino unos cuantos metros mas arriba de lo que su calado se lo permitia, pu-

diendo así quedar casi en seco. Y si esto hubiera sucedido, su situación actual dentro del agua sería una prueba de que hay un socavamiento i no un embancamiento como lo pretende.

X.

MOVIMIENTO DE LAS ARENAS EN LA PLAYA DE VIÑA DEL MAR.—“A pesar de todo, la marcha de las arenas es allí tan evidente, que el autor del proyecto de Viña del Mar es forzosamente conducido a una conclusion exacta: “el transporte de las arenas se efectúa en dos direcciones contrarias” de sur a norte con los vientos del 2.º i 3.er cuadrante i de norte a sur con los del 1.º i 4.º”

Cualquiera creeria que, habiendo llegado el autor a una conclusion tan seria que le prohibe abrir la boca del puerto ya al norte ya al sur, i por consiguiente en una direccion intermedia va a rechazar el sitio que estudia. ¡Error! Lo acepta al contrario a causa del “abrigo eficaz que ofrece la Punta Gorda” contra los vientos, hasta pasado el muelle de la poblacion Vergara.—D. Casanova.

(*Anales del Instituto de Ingenieros*, Mayo de 1898, páginas 546-547.)

Ante todo, recordaremos el principio siguiente que ya hemos enunciado anteriormente en la página 71: “Que en toda playa los “transportes de las arenas a lo largo de ella se hacen siempre en dos “direcciones opuestas, segun que los vientos que vienen de la mitad “del compas que mira hácia el largo i que son los que producen las “mayores agitaciones del mar, i por lo tanto los transportes, so- “plen de un lado u otro, mas o ménos inclinados con respecto a la “perpendicular a la playa: transportes que pueden equilibrarse, pro- “duciendo una playa de réjimen fijo i estable; pero que, por lo jene- “ral, se resume en una progresion final en el mismo sentido de los “vientos dominantes.”

La playa de Viña del Mar no escapa a esta regla i los transportes parciales en ambas direcciones segun la época del año, se resumen

en una progresion final de *N* a *S*, debido al predominio de las acciones de los vientos i temporales del *N* i *NO*.

En nuestro informe, hemos explicado todo esto i hemos llegado a la misma conclusion. Pero, segun las observaciones que encabezan este párrafo, parece que mi colega no se ha impuesto bien de mis ideas, pues nos hace llegar a conclusiones completamente distintas a las nuestras, lo cual, como se comprenderá, es mui sensible en este caso; tanto mas, cuanto que al asumir el papel de crítico de un proyecto estudiado con conocimiento perfecto de la localidad, está mas que nadie obligado a imponerse perfectamente de él, para no interpretar mal mis ideas ni incurrir en errores imperdonables.

La mala interpretacion de mi colega proviene de haber atribuido a la playa, únicamente, las conclusiones a que hemos llegado sobre el trasporte final de arenas en dos partes, que son independientes una de otra, i que son: *la costa* i *la ante costa o playa propiamente dicha*. La primera, espuesta únicamente a la accion del viento, nada tiene que ver con la entrada del Ante-Puerto que sólo tiene que resguardarse de los trasportes que se efectúan en la segunda, debido a la accion combinada del viento i de las olas.

En la costa, decimos, el trasporte se hace de sur a norte, debido a la fuerza de los vientos *suras* que tiene mui poca importancia en la parte situada al sur de las obras proyectadas, a causa: 1.º de la poca lonjitud de esta parte; 2.º al poco ancho en que las arenas se encuentran en descubierto i 3.º al abrigo que ofrece la Punta Gorda *contra los vientos del sur*, abrigo que *es ménos eficaz mas i mas al al norte de élla*.

En la playa, cuyos movimientos de arena son los únicos que nos interesan para la orientacion de las obras de defensa, se hacen en dos sentidos; el uno de sur a norte, debido a los vientos i las agitaciones que estos producen en el mar en tiempos normales, i el otro de norte a sur, debido a los vientos i temporales del *N* i *NO*. El primero, siendo sumamente lento, es contrarrestado por el segundo, por ser este producido por acciones ménos constantes pero mas poderosas; resumiéndose ambos en *trasportè final de N a S*: que es,

en último caso, del que tiene principalmente que resguardarse la entrada del Ante-Puerto construido en esta playa.

Ademas el señor Casanova nos habla de trasportes producidos por los vientos del 1.º i 2.º cuadrante, de los cuales no hemos hecho mencion, por no ejercer accion alguna sobre los movimientos de las arenas en la playa. Estos vientos soplan de tierra, por lo tanto no producen ajitaciones sensibles en el mar, que puedan influir sobre los trasportes finales, como lo hemos hecho notar en nuestro informe: mal podemos entónces atribuirles una accion tan importante como se nos hace decir en la observacion aludida.

*
* *

“Cualquiera creeria, agrega el señor Casanova, que, habiendo “llegado el autor (del proyecto de Viña del Mar) a una conclusion “tan séria que le prohíbe abrir la boca del puerto ya al norte ya al “sur i por consiguiente en una direccion intermedia, va a rechazar el “sitio que estudia ¡¡Error!! Lo acepta al contrario, a causa del “abrigo eficaz que le ofrece la Punta Gorda contra los *vientos*, hasta “pasado el muelle de la Poblacion Vergara.”

Vuelvo a insistir sobre el hecho de que mi colega ha leído mui a la lijera mi informe i se ha impuesto mui poco de las favorables condiciones locales de la playa de Viña del Mar, que hago notar a cada paso i que resaltan del estudio de los planos del proyecto presentado.

Basta leer el párrafo citado para comprender cuan ofuscado está; revela en él tal confusion de ideas, tan poco conocimiento del informe que critica; ha hecho una mezcla tan completa de las ideas por mí emitidas i por último, se ha impuesto tan poco del cúmulo de circunstancias favorables que hacen de la playa de Viña del Mar, el único punto en toda la bahía de Valparaiso, donde puede realizarse la construccion de un Ante-Puerto i Dársena en condiciones mas favorables, bajo el punto de vista práctico i económico; que llega hasta suponer i creer que he sido inducido a elegir esta playa, unicamente por el abrigo que le presta una insignificante punta contra

el *viento* que ménos importancia tiene, para las agitaciones del mar i para el trasporte de los aluviones a lo largo de la costa.

La Punta Gorda, hemos dicho no una sino varias veces, protege la playa de Viña del Mar en una cierta estension de los vientos del sur únicamente, i no de los *vientos* sin especificacion alguna como lo dice en su observacion. Por otra parte, su influencia se hace sentir en las cercanías de ella i va disminuyendo a medida que se avanza al norte, siendo, por lo tanto, mas o ménos eficaz hasta llegar al muelle de la Poblacion Vergara.

Hubiera sido ademas de desear que mi colega, dejando a un lado su sistema de encontrar errores sin demostrárnoslo, nos hubiera ilustrado un poco, explicándonos que causa tan poderosa es aquella, que en la playa de Viña del Mar, me prohíbe, segun sus mismas espresiones, abrir la boca del puerto ya al norte ya al sur, lo cual me obliga a rechazar el punto estudiado a pesar de las muchas ventajas que nos ofrece la localidad; puesto que consideramos que no hai motivo alguno para abandonar este lugar, *aunque las arenas se moviesen de la manera que él mismo nos lo indica.*

No conozco las ideas de mi colega sobre la construccion de puer-
tos en playas de arena; pero, por mi parte, puedo decir que, cualquiera que sea la orientacion de una playa, cualquiera que sea la manera como se efectuan los movimientos de los aluviones a lo largo de ella, sin escepcion de ninguna clase, siempre se podrá construir en ella un antepuerto i orientar su entrada de una manera conveniente.

Se comprende así que, con semejantes ideas, no iría a abandonar una playa cuya cualidad mas sobresaliente es precisamente la poca importancia que tienen en ella el movimiento de las arenas, cuyo efecto a la larga será mui fácil contrarrestar. Tanto valdria decir que debíamos abandonar la construccion de obras marítimas con muros de granito, porque el mar tambien los desgasta, i que tampoco debemos construir líneas férreas, porque los rieles están espuestos a la oxidacion i al desgaste; como si esas piedras no pudieran fácilmente reemplazarse, esos rieles renovarse i esas are-

nas, que a la larga pueden disminuir las profundidades, ser fácilmente estraidas.

Si dadas las condiciones en que se encuentra la playa de Viña del Mar bajo el punto de vista de los movimientos que estudiamos, debiera concluirse que este lugar no es a propósito para la construcción de un antepuerto en condiciones favorables, podíamos también decir que casi la totalidad de las playas del mundo entero no son tampoco aparentes para el mismo objeto, pues es muy raro encontrar playas en condiciones tan favorables como la de Viña del Mar.

I sin embargo, si se pasan en revista las costas de todos los mares, principalmente las del viejo mundo, encontramos numerosos puertos marítimos contruidos en playas en que los movimientos de las arenas adquieran proporciones considerables, haciéndose alternativamente en un sentido u otro i según el principio que hemos enunciado al comenzar este párrafo.

Un ingeniero en presencia de una playa de arena que trata de aprovechar i en la cual conoce sus movimientos i la importancia que estos pueden adquirir, orienta su rompe-olas i molos de defensa con el objeto, nó de impedir que estos movimientos no se produzcan, sino con el de anular, si es posible, sus efectos en un punto dado o retardarlos por el mayor tiempo posible, recurriendo, en último caso, a los dragados para la conservación de las profundidades.

El progreso realizado en la construcción de dragas de distintas clases i tipos, la economía con que se pueden hacer hoy los dragados, han colocado este procedimiento entre uno de los más prácticos a que se puede recurrir en la conservación de las profundidades, a tal punto que puertos que ántes habían sido abandonados, i la creación de otros considerados como imposibles es hoy día uno de los problemas de más fácil realización. El ingeniero Eyriaud des Vergnes, en un estudio sobre "El establecimiento i conservación de puertos en playas de arena," publicado en los Anales de Puentes i Calzadas, de 1889 i premiado con medalla de oro de primera clase, deduce numerosas conclusiones prácticas i de fácil aplicación, para cada caso

que pueda presentarse en el estudio de un proyecto de puerto. De su lectura se desprende que, cualquiera que sea la importancia que puedan tener los trasportes en las cercanías de las obras de un puerto, siempre se podrá hacer frente a ellos por medio de dragados, que no adquirirán, en nignun caso, una gran proporcion, pudiendo hacerse siempre con gran economía. Estos procedimientos podrán, por lo tanto, clasificarse entre los medios de conservacion actual; a que se puede siempre prácticamente recurrir para la conservacion de las profundidades a la entrada de un puerto construido en playas de arena.

*
* *

El progreso realizado poco a poco en el comercio de los pueblos i las necesidades creadas por él a la navegacion, han ido tambien poco a poco produciendo un cambio radical i modificando la manera de ser de casi todos los puertos marítimos.

En la antigüedad, en que se consideraba casi imposible luchar contra el poder invasor de las arenas, los puertos marítimos estaban situados léjos de la influencia de ellas.

En los mares de débil marea como el Mediterráneo, por ejemplo, sólo progresaron aquellos puertos que, situados en el litoral marítimo, estaban en condiciones favorables i lejos de la influencia de los trasportes de arenas. Así Marsella, que, por mucho tiempo, sirvió únicamente al comercio de toda la estensa rejion bañada por el Ródano, está situado, sin embargo, léjos de la desembocadura de este rio; Alejandría, el gran puerto ejipto, se encuentra al oeste de la rejion aluvial del Nilo, léjos de la influencia de sus depósitos; Venecia está léjos de la desembocadura del Pó. I así los mas prósperos puertos de la antigüedad se encuentran, salvo raras escepciones, en situaciones parecidas.

En aquellos mares en que las diferencias de mareas son notables, los principales puertos fueron establecidos, no sobre el litoral marítimo, sino sobre los rios i aun a distancias considerables de su desembocadura, hasta donde el flujo de las mareas se hacia sentir dos

veces al dia. Lóndres, Hamburgo, Nantes, Burdeos, Ruan i muchos otros están en estas condiciones.

Pero a medida que el comercio jeneral de los pueblos fué aumentando i que, por las necesidades creadas por él, fué haciéndose necesario aumentar las dimensiones i calado de los buques, se hacia sentir la insuficiencia de muchos puertos de rios, como tambien la necesidad de crear otros en mejores condiciones.

De aquí el progreso realizado: así se ve que Lóndres tiene que anexarse sucesivamente los puertos de Deptfort, Woolwich, Millwall i Gravesend. Ruan ha sido reemplazado por el Havre como puerto de comercio internacional, i Saint-Nazaire le hace hoi dia la competencia a Nantes.

Creados así muchos de estos puertos i otros en el litoral marítimo, en condiciones para aquel entónces desfavorables, bajo el punto de vista de la conservacion de las profundidades, la injeniería tuvo que mantener una lucha constante contra el poder invasor de las arenas: lucha en la cual quedó muchas veces vencida.

En todas las costas se encuentran playas cuyo oríjen es debido a las arenas arrastradas por los rios o a la descomposicion de las rocas mediante los ajentes atmosféricos i la accion mecánica del mar. Estas fuentes productoras depositan en las orillas materiales de distintas clases que, batidos constantemente por las olas, son triturados, desgastados i separados, siendo arrastrados segun leyes fijas i conocidas, formando a uno u otro lado de su oríjen playas mas o ménos estensas, segun sean la intensidad i direccion de las fuerzas a las cuales se encuentran sometidas. I miéntas mas abundantes son estas fuentes productoras, o mas bien dicho la alimentacion, menores pendientes i mayores lonjitudes adquieren esas playas.

Así en la costa sur del mar Báltico donde desembocan numerosos rios, de los cuales los mas notables son: el Oder, el Trave, el Vístula, el Preguel i el Niemen, fórmase una estensa playa, casi continúa, de centenares de kilómetros de largo, constituida por arenas finas i fangosas, que son fácilmente removidas por las olas en anchuras considerables i arrastradas mas o ménos rápidamente.

En el Mar del Norte, entre Calais i el Estrecho de Dinamarca, se estiende una playa de mas de 1,000 kilómetros de largo, donde desembocan rios como el Escalda, el Meusa, el Rhin, el Ems, el Jade, el Wesser, el Elba i varios otros, llevando al mar millones de toneladas de arenas sumamente finas.

En la Mancha, en la costa de Francia, se encuentran tambien estensas playas, de las cuales la principal es formada por los aluviones acarreados por el Sena.

En el Atlántico, se encuentran las playas formadas por el Loira i, mas al sur, la estensa playa conocida con el nombre de las Landas de Gascuña, que tiene 220 kilómetros de largo, comprendida entre las desembocaduras del Gironda i el Adour.

I si se pasa al Mediterráneo se encuentran tambien estensas playas en las cercanías de los grandes rios constituidas por arenas a veces tan finas como harina.

En todas ellas el movimiento de los aluviones se hace con mas o ménos enerjía, i el mar en su incesante movimiento produce modificaciones sensibles en las curvas de nivel de los bajos fondos de estas playas, formando en muchas de ellas bancos de arena que se encuentran aun a distancias bastante grandes de la costa.

¿Qué es la playa de Viña del Mar con sus tres kilómetros de largo i su raquílica fuente productora de arenas, ante el orjén i la estension que tienen esas playas?

I, sin embargo, a lo largo de ellas i como perdidos en ese mar de arena se encuentran numerosos puertos con una actividad mercantil asombrosa, sin que sea un inconveniente para su existencia i prosperidad el movimiento constante de las arenas.

Si se recorre los puertos del Báltico, del Mar del Norte, del Atlántico i del Mediterráneo i se estudia el réjimen de sus playas, se ve que en todos ellos se producen trasportes lonjitudinales en un sentido u otro, segun el principio que hemos mencionado al comenzar este párrafo, i en proporciones inmensamente superiores a los que se efectúan en la playa de Viña del Mar.

Sólo no teniendo conocimiento de la mayor parte de los puertos

construidos en playas de arena, de como se efectúa ahí el transporte de los aluviones i de la manera como se mantienen las profundidades tanto interiores como exteriores, se comprende que en presencia de la playa de Viña del Mar se pueda hablar de temores de embancamientos i luchas imposibles i costosas con las dragas. La diferencia que hai entre esta playa i las que anteriormente hemos citado, es tan notable como la que existe entre los efectos producidos por el Sena u otro gran rio europeo sobre su desembocadura, i los efectos producidos por el estero de Viña del Mar en la suya.

Si, debido a los movimientos de arenas que se producen en la playa donde hemos ubicado nuestro proyecto, cualquiera que sea la manera como se efectúen, aceptáramos que es imposible ahí la construccion de un ante-puerto, tendríamos que aceptar tambien que ni en Llico, Pichilemu, Imperial i demas lugares en playas de arena de la costa de Chile es tampoco posible su construccion, puesto que ninguna de ellas se encuentra en condiciones tan favorables como la de Viña del Mar, bajo el punto de vista que analizamos.

No nos quedaria, entónces, mas remedio que cruzarnos de brazos i contemplar inactivos el desarrollo que va adquiriendo el movimiento comercial de las demas naciones, mediante la creacion de nuevos puertos artificiales i mejoramiento de sus radas o puertos naturales, quedando así reducidos a ocupar el último lugar como nacion comercial a pesar de nuestra estensa costa, por considerarnos impotentes para hacer lo que hacen los ingenieros de las demas partes del mundo en condiciones aun mas desfavorables que la nuestra.

*
* *

El señor Casanova en la página 529 de los ANALES del Instituto del mes de Mayo, cita el caso del puerto de Tointe des Galets, en la isla de la Reunion, como un ejemplo que debemos tomar mui en cuenta, i donde se constató que en sólo tres dias habian entrado al puerto 93,000 metros cúbicos de arena. Para que este puerto pudie-

ra servirnos de ejemplo i como un antecedente que debemos tener presente en nuestro caso, seria necesario que se encontrase en costas cuyas condiciones locales fueran idénticas a las nuestras.

Pero las costas de la isla de la Reunion nada tienen de comparable con las del mar Pacífico. Esta isla está situada en el gran Océano Índico, uno de los mas terribles por el número i violencia de sus tempestades i precisamente en el camino recorrido por los ciclones mui comunes en este océano; ciclones que tienen su oríjen al sur del Indostan, dirijiéndose al suroeste, encontrando a su paso las islas de la Reunion, Mauricio i Madagascar.

Casi seis meses en el año la primera de estas islas, espuesta a todos los vientos i rodeada por todos lados por estensiones considerables de mar libre, es atacada por un mar tempestuoso cuya violencia lanza sobre sus orillas cantidades enormes de arenas i piedras, que se mezclan i estrechan entre sí.

Los *raz de marea*, fenómenos tan comunes en estas rejiones i cuyos efectos nada tienen de comparable con los nuestros remueven el fondo del mar arrastrando cantidades incalculables de arenas i fangos.

Comunmente ciclones espantosos, a los cuales nada resiste, recorren los contornos de la isla, derrumbando casas, desarraigando árboles i dejando la devastacion i la ruina por donde pasan, sucediendo el caso de verse azotada por dos ciclones casi simultáneos en dos de sus extremos opuestos, como nos lo cita Eliseo Reclus en su obra "La Tierra" página 416.

Así se veía numerosos proyectos de puertos abandonados i a otros ya establecidos despues, de un brillante período de actividad mercantil, suceder un período de decaimiento, a causa de la disminucion de sus profundidades, i viendo la corriente comercial buscar otros puntos mas favorables, quedando reducidos a puertos de 3.º i 4.º orden. Sólo podian mantenerse aquellos que, colocados en situacion favorable, o que, por sus condiciones locales, podian emplear corrientes naturales o artificiales producidas en cada período de marea, que, guiadas convenientemente, podian mantener las profun-

didades en sus entradas; único medio que por su economía era generalmente preferido.

Pero, al mismo tiempo, el perfeccionamiento que poco a poco, iban alcanzando los maquinarias de dragados era una promesa de mejoras para el porvenir.

Se lanzó la idea de la apertura del canal de Suez, i los inventores se disputan cual presentará la draga que reuna a un gran poder de escavacion, una sólidez garantía a toda prueba a aun precio el mas reducido. Al canal de Suez sucede el canal de Panamá i nuevas ideas i mejoras traen, por consecuencia, el perfeccionamiento mas completo; poniendo los dragados entre uno de los medios mas económicos i mas prácticos para el aumento i conservacion de las honduras a la entrada de los puertos, rios i canales.

I mediante estas importantes conquistas de la mecánica i su aplicacion a la mejora de los puertos, la navegacion i el comercio se desarrolla i se facilita. Así se ve en el trascurso de ménos de medio siglo alcanzar a las comunicaciones marítimas i fluviales el gran desarrollo que hoi dia estamos palpando.

Ya no hai nada imposible ante la potencia de las dragas; puertos, que ántes estaban decaídos, vuelven a conquistar su antiguo actividad; proyectos considerados irrealizables se llevan a cabo sin dificultad alguna.

No sólo los puertos marítimos sufren tan radicales modificaciones sino tambien la navegacion interior, canalizando los mas grandes rios en aquellos puntos en que una simple rectificacion es insuficiente, profundizando sus pasos, abriendo nuevos canales de comunicacion i creando a lo largo de ellos numerosos puertos para el trasbordo de las mercaderías.

Debido a este despliegue de actividad, que trae por consecuencia la formacion de grandes puertos marítimos i fluviales i mejora de otros ya iusuficientes, se realiza el desideratum de las vias navegables mediante su union íntima i rápida con los caminos de fierro; formando con su conjunto una vasta red de comunicaciones que se estiende por un lado hasta el interior de los mas grandes continentes

i por el otro al traves de los mares hasta los mas remotos paises; facilitándose así, sin pérdida de tiempo ni trayectos inútiles i costosos, la salida de los productos que vienen del interior para ser repartidos en el mundo entero, e inversamente para llevarlos en grandes masas a los distintos puertos, para ser tambien repartidos en todas direcciones por las vias férreas.

*
* *

Podemos, pues, decir, que hoi dia, en presencia de una playa de arenas, donde se trata de construir un puerto artificial, i cualquiera que sean sus condiciones, bajo el punto de vista de la importancia i direccion que tienen la marcha de los aluviones a lo largo de ella; siempre se podrá contrarrestar sus efectos, mediante una orientacion i lonjitud convenientes de los molos de defensa, pudiéndose, en todo caso conservar las profundidades por medio de dragados convenientemente repartidos i con un costo relativamente pequeño.

El ingeniero Eyriaud des Vergnes, en sumemoria ya citada sobre "Los puertos en playa de arena," ocupándose del puerto de Dunquerque, uno de los ejemplos modernos mas importantes que se tiene, de lo que se puede conseguir mediante una aplicacion inteligente de los dragados, dice lo siguiente:

"Las esperiencias de dragados que hemos hecho establecen la
" posibilidad de exigir de ellos mucho mas de lo que se les ha pe-
" dido hasta ahora. Ellos han puesto a disposicion de los ingenieros
" un medio de accion nuevo, i han demostrado que son de una
" eficacia real i que su empleo no demanda sino gastos mui modera-
" dos, mui inferiores a los que se podria suponer. *Adquieren así un*
" *valor que ántes no tenian, i como en todas las empresas la econo-*
" *mía de la solucion adoptada constituye el principal mérito, ellos*
" *han introducido en la apreciacion de los sistemas, entre los cuales*
" *se puede elejir, para la creacion o mejoramiento de un puerto, un*
" *elemento prácticamente nuevo que conviene mucho tener en cuenta*
" *para el porvenir.*"

Hablar, pues, hoy día de emprender luchas imposibles con las dragas, i hablar de embancamientos inevitables a la entrada de un puerto que se trata de construir en una playa, es retroceder a los tiempos antiguos.

El señor Casanova nos habla, en la página 520 de su artículo ya citado, de las oscilaciones funestas de la playa de Viña del Mar, donde, según él, el movimiento de las arenas adquieren proporciones tales que no es posible pensar siquiera en emprender una lucha con las dragas. Ya hemos visto i demostrado cuán equivocado está respecto a estos movimientos; no nos sorprende, pues, esta nueva i errónea opinión respecto a las proporciones que adquieren, lo que viene a probar una vez más el poco movimiento que tiene esta playa.

Cualquier ingeniero que estudie sin ánimo preconcebido la playa de Viña del Mar, no podrá menos que reconocer la poca importancia que tienen en ella los trasportes longitudinales; lo cual es debido a una serie de circunstancias locales favorables que no pueden escapar a un estudio más o menos detenido i que son causales suficientes para llevar el más claro convencimiento de la verdad de nuestros juicios.

I si ello no bastara, el estudio comparativo con otras playas, en las cuales existen también puertos i donde las arenas están sujetas a movimientos idénticos i mucho más intensos que los que se producen en el nuestro—que en todo caso son casi nulos—servirá tal vez para destruir temores tan poco fundados.

Se comprende que, ante semejantes condiciones locales, que nada tienen de comparable con las costas del Pacífico, sea un verdadero triunfo alcanzado por los ingenieros que concibieron i construyeron el puerto de Point des Galets i que aquel embancamiento casi súbito de 93,000 metros cúbicos de arena se puede considerar como un caso fortuito, como sería la inundación de un puerto marítimo por una invasión súbita del mar o la destrucción de una ciudad por un gran terremoto.

XI.

DIRECCION DE LA ENTRADA DEL ANTE-PUERTO.— La orientacion de la entrada del proyecto de Viña del Mar tiene el defecto de su mala direccion con respecto a las olas de temporal, que, de acuerdo con lo que preceptúan todas las autoridades en materia de construcciones de puertos, deberá estar orientada en la direccion de donde vienen las olas i vientos de temporal de modo que los buques que lleguen en busca de refujio contra los temporales sean conducidos directamente al ante-puerto por el viento i las olas en vez de ser arrojados contra los cabezos de los tajamares, si se orienta la entrada en otra direccion.—*D. Casanova.*

(*Anales del Instituto de Injenieros*, Mayo de 1898, páginas 520 541, 547.)

En el proyecto de Viña del Mar, el ante-puerto tiene por principal objeto resguardar el canal de entrada de la dársena de las agitaciones del mar i facilitar, por lo tanto, la entrada de los buques a su interior.

Dadas las condiciones de esta playa, que tiene una pendiente relativamente fuerte, los rompe-olas, en todo caso, no tendrán lonjitudes considerables, puesto que sus cabezos no tienen necesidad de ser fundados en honduras, sino un poco superiores a las del canal de entrada en baja marea.

En nuestro informe, hacemos notar las razones por las que hemos adoptado para la entrada del ante-puerto la orientacion al sur indicada en el plano respectivo, que, como se ve, consulta una lonjitud mayor de rompe-olas que la que habríamos tenido en otro caso.

En la disposicion adoptada, ha influido poderosamente en mi ánimo, la opinion de dos de los mas distinguidos marinos de la Armada, que, por su profesion i conocimientos prácticos en la materia, son mas competentes que el que suscribe para juzgar cuál será la

disposicion mas conveniente para facilitar la entrada i salida de los buques por un paso mas o ménos estrecho.

Sin embargo, creo que sin abandonar la combinacion adoptada, seria talvez mas conveniente orientar el paso un poco mas hácia el oeste, inclinando un poco el rompe-olas principal en esta direccion al enfrentar el molo sur, obteniéndose así mayor ancho de entrada i una trayectoria mucho mas recta para embocar el canal de entrada a la dársena.

Esta modificacion, por otra parte, no produciria variacion en nuestro presupuesto, porque si bien el cabezo del rompe-olas principal quedaria fundado en mayor hondura, ello seria compensado de sobra con su menor longitud, pues de este modo se ahorraria la construccion de mas de cien metros de rompe-olas.

Pero de todas las direcciones que puede tener la entrada del ante-puerto, la ménos conveniente i la ménos adecuada, en nuestro caso, seria aquella que la abriese en direccion al NO, precisamente de donde vienen las mas grandes agitaciones del mar; discrepando así completamente de la opinion emitida por el señor Casanova, que nos dice que el defecto del proyecto es la mala orientacion de su boca de entrada con respecto de la direccion de las olas de tempestad, lo que equivale a decir que la mayoría de los puertos del mundo tienen tambien sus entradas en malas condiciones de orientacion, pues no nos podrá citar mas de uno o dos casos en que sus entradas se hayan abierto francamente en la direccion de donde vienen los vientos i olas de tempestad.

Todas las autoridades científicas en materia de trabajos de puertos, nos dice, sostienen que la boca de los *puertos* deben orientarse de modo que los buques sean empujados por las olas i vientos de temporales en popa. Sensible es que no cite los nombres de estas autoridades científicas, i si se trata de *verdaderos puertos* o simplemente de *pequeños ante-puertos*, como en nuestro caso; puesto que aquellas autoridades tambien científicas que conozco no se espresan, en ningun caso, de una manera tan jeneral ni tan categórica.

La direccion del paso de entrada depende principalmente de las condiciones locales i de las dimensiones del puerto o rada que se trata de mejorar; lo que es bueno para el uno, es inaceptable para el otro. Hai que tomar mui en cuenta las condiciones marítimas del lugar i la mayor o menor constancia con que sòplan los vientos de tempestad. En un mar jeneralmente ajitado por vientos de una direccion dada, será mui de tomarse en cuenta esta circunstancia; pero en un mar como el nuestro en que son relativamente poco frecuentes los temporales producidos por vientos del NO, no es razon suficientemente poderosa para orientarla entrada de un ante-puerto en esta direccion, lo que la pone, por otra parte, en mui malas condiciones respecto a los vientos reinantes del SO, i vientos fuertes del sur que soplan la mayor parte del año.

Comprendo que, cuando se trata de cerrar un gran puerto, en el cual la superficie de agua englobada es considerable, se trata de conseguir que sea, a su vez, tambieu un puerto de refujio, haciendo que su entrada sea favorable para los buques sorprendidos en sus cercanías por un temporal.

Esto seria el caso de la bahía de Valparaiso en que se tratase, por ejemplo, de cerrarla por medio de dos rompe-olas, que partiendo, el uno de Punta Anjeles i el otro de Punta Gruesa, avansasen hácia el mar, hasta dejar entre sus cabezos un paso de entrada de 300 o mas metros de largo. No hai duda, que en este caso, habria conveniencia en orientar su entrada mas o ménos al NO, haciendo así en Valparaiso un puerto de refujio. Un buque que entrase con temporal i empujado por el viento i las olas, una vez pasada la línea de los cabezos, quedaria perfectamente a salvo, pues encuentra delante de sí, un espacio considerable de aguas tranquilas al abrigo de los rompe-olas i donde, desviándose a la derecha o a la izquierda, podrá maniobrar con toda seguridad, hasta tomar una colocacion conveniente.

Pero cuando se trata de pequeños ante-puertos, que no sirven sino para facilitar la entrada a dársenas interiores i que, en ningun caso, son lugares de refujio, las cosas cambian completamente de aspecto.

Conocidos son los peligros de la bahía de Valparaíso, ningún buque, con rumbo a nuestro puerto, que sea sorprendido en sus cercanías por un temporal se atrevería a acercarse a su costa; su seguridad está lo más lejos posible de ella. Aquellos que se encuentran fondeados dentro de la bahía toman las mayores precauciones para resistir al empuje de las olas i el viento, i los vapores encienden apresuradamente sus fuegos para estar listos a zarpar e ir a buscar su seguridad hácia alta mar.

En estas condiciones i en el caso del proyecto presentado por el señor Casanova, ubicado al sur de la punta Anjeles (véase plano N.º II) i cuyo ante-puerto está situado en el tramo de costa más fuertemente azotado por los temporales, i en el cual la entrada está abierta en la dirección de donde vienen éstos, no iría un buque en pleno temporal a tentar semejante entrada de 100 metros de ancho, que sería muy suficiente para entrar con un mar medianamente tranquilo; pero imposible con un mar ajitado.

Hai que imaginarse lo que sería semejante paso azotado por violentas olas i en el cual las rocas de la Baja aumentarían considerablemente los rompientes. Las olas, forzadas a entrar por tan estrecha boca, serían comprimidas por las olas reflejadas por los cabezos i, empujadas por las olas siguientes, producirían un mar completamente desmontado, donde sería imposible gobernar. Un buque que, empujado por el viento, tentase con temporal entrar al ante-puerto, tiene 90 probabilidades de ser arrojado contra las olas o contra las rocas de la Baja.

I aún en el supuesto de que se pudiera salvar bien la entrada, penetraría el buque con una velocidad tal que iría infaliblemente a estrellarse contra los muros opuestos a causa de las pequeñas dimensiones del ante-puerto. El peligro disminuiría en caso de que en el ante-puerto encontrase aguas más o menos tranquilas; pero desgraciadamente penetrando las olas en un recinto tan poco estenso i hasta cierto punto cerrado, encuentran las olas reflejadas por los muros que vienen de distintas direcciones, produciendo un movimiento tumultuoso donde un navío no puede maniobrar.

No habria, pues, capitán que, con tan pocas probabilidades de éxito, fuese a arriesgar la vida de sus tripulantes, la suya propia i los intereses que se le tienen encomendados, queriendo entrar en semejante ante-puerto; prefiriendo, en todo caso, largarse a alta mar hasta esperar que calme el temporal.

Eyriand Desvergues, en su importante memoria sobre los puertos de España (Anales de Puertos i Calzadas, año 1890), hablando del puerto de Alicante, abierto en condiciones parecidas al proyecto del señor Casanova, i despues de hacer notar las dimensiones reducidas que tiene la superficie encerrada por las obras, —que son, sin embargo, tres veces mas grandes que en este proyecto— se espresa de la manera siguiente: “La entrada del puerto de Alicante está en mui malas condiciones náuticas, porque las olas reflejándose sobre las obras encuentran en el paso las olas directas, i forman un mar desmontado, en el cual los navíos gobiernan mui mal. Uno de los marinos con el cual hemos conversado compara el puerto de Alicante en temporal a un caldero hirviendo. Con mal tiempo un navío, llegando a este puerto, tiene mas ventajas en quedarse en alta mar que ententar la entrada.”

I si esto pasa en el Mediterráneo, cuyos temporales no son tan intensos como los del Pacífico, ya podemos imaginarnos lo que pasará en el ante-puerto del proyecto del señor Casanova i en todos aquellos en que la entrada está en las mismas condiciones de tamaño i de orientacion.

*
* *

Si se pasa revista a los principales puertos del mundo, se nota que, salvo mui raras escepciones, i ello obligado por otras circunstancias locales, predomina el sistema de orientar la entrada de modo que las mas grandes agitaciones del mar no penetran directamente al ante-puerto, consiguiendo, de este modo, obtener las mayores probabilidades de mantener sus aguas relativamente tranquilas, i esto con tanta mayor razon cuanto menores sean sus dimensiones.

Entre los puertos de construcción mas moderna se encuentra Libau en el Báltico, el cual es considerado, entre las autoridades en materia de trabajos marítimos, como uno de los mejores ejemplos que se tienen de puntos establecidos en playa de arena, por la disposición dada a sus rompe-olas i la buena orientación de su entrada. Ahora bien, la costa donde está situado este puerto está orientada de norte a sur, i los mas violentos temporales se producen con vientos del SO i del O i, sin embargo, su entrada está orientada hácia el NO en la dirección de donde vienen los vientos del largo que producen las menores agitaciones en el mar.

Jénova, situado en el golfo del mismo nombre en la costa norte del Mediterráneo, i que es uno de los principales puertos de Italia, es una rada natural en forma de semi-círculo abierta al sur, i que ha sido cerrada por medio de un rompe-olas, construido en distintas épocas, de 2,430 metros de largo, que cambia tres veces de dirección, figurando una Z; las dos ramas inferiores forman con la costa un estenso ante-puerto, pasado el cual i ocupando la rada, se encuentra el verdadero puerto en cuyo interior se hallan los dársenas. El rompe-olas cierra completamente el puerto al sur, dejando la entrada en dirección al SE i abrigándolo de los vientos del S i SO que son los mas peligrosos, por ser los de tempestad.

El Habre, situado en la costa norte del Mar de la Mancha i en la desembocadura del Sena, es el principal puerto marítimo de la Francia. En este los Dársenas son construidos en tierra i unidos con el ante-puerto por canales convenientemente dispuestos. El ante-puerto es formado por un rompe-olas mas o ménos paralelo a la costa i tiene dos entradas, una abierta al SO que es la principal, i la otra, al O; la primera es constituida por dos rompe-olas, de los cuales el del norte es el mas largo i mas avanzado hácia el mar, abrigando, de este modo, la entrada contra los vientos que soplan del NO que son los que producen las mas violentas tempestades.

Muchos ejemplos podríamos citar en prueba de que, en la

práctica, la entrada de los puertos no está, por lo jeneral, orientada en la direccion de donde vienen los mas grandes temporales. Basta con los ejemplos mas arriba citados, i que han sido elejidos especialmente por ser puertos de mucha importancia, i en los que sus obras de mejoramiento son de construccion mui reciente.

XII.

La entrada del ante-puerto del proyecto de Viña del Mar con una hondura de 10 metros en baja marea es insuficiente. Admitiendo que las olas de tempestad tengan sólo 6 metros de altura, se ve que, al encontrarse una nave en su parte baja i durante una baja marea, tendrá apenas 7 metros de agua para pasar. Los barcos que calan 23 i mas pies se desfondarian.—*D. Casanova.*

(*Anales del Instituto de Injenieros*, Mayo de 1898, página 547.)

En el párrafo anterior hemos hecho ver que el ante-puerto proyectado para Viña del Mar no tiene las pretensiones de servir como puerto de refujio a las naves acosadas por un temporal, i que, salvo el proyecto que consiste en cerrar completamente la bahía de Valparaiso, de todos los demas que se presenten ninguno podrá cumplir con esa condicion.

Todos los proyectos presentados hasta ahora,—esceptuando el nuestro—son mas o ménos del mismo tipo; consisten en la eleccion de un tramo de costa mas o ménos estenso, a lo largo del cual se construirian los dársenas, que, a su vez, serán protegidos de las aji-taciones del mar, por un rompe-olas paralelo a la playa de una lonjitud conveniente i como las pendientes son bastante fuertes, exigencias económicas obligan a que estos rompe-olas se proyecten lo mas cerca posible de la orilla, para no tener que fundarse en grandes honduras; pero siempre tendrán que estar a una distancia suficiente para que puedan los buques circular cómoda-

mente en su interior: de aquí que esos ante-puertos tengan dimensiones reducidas i su entrada esté mui cerca de la costa, lo que los pone en malas condiciones náuticas en un dia de temporal.

En el proyecto de Viña del Mar, el ante-puerto se encuentra en las mismas condiciones; pero esto no es de ningun modo un inconveniente, pues nada se pierde con que un buque que llegue en un dia de temporal espere el momento favorable para entrar en la dársena, tal como pasa en la mayor parte de los puertos del mundo, siendo en nuestro caso esta circunstancia mucho mas favorable, a causa de que los dias de temporal son, como hemos dicho, mui escasos.

Si la hondura de 10 metros adoptado para nuestro proyecto, fuera única i escepcional, comparada con la de los demas puertos que nos pueden servir de ejemplo, seria talvez un motivo de crítica por no estar sancionada por la práctica; pero felizmente tenemos mas de un 50% de los puertos del mundo i entre ellos de primer órden, en que esta hondura es mui inferior, sin que ello haya sido nunca motivo de quejas ni un entorpecimiento para la navegacion.

El ingeniero Eyriaud des Vergnes, en su memoria ya citada, sobre el "Establecimiento i conservacion de puertos en playas de arena," refiriéndose a las obras construidas con el objeto de facilitar la entrada por un canal a obras interiores—caso igual al nuestro—dice lo siguiente: "*Es necesario siempre que los rompe-olas sean llevados a o ménos hasta profundidades iguales a aquellas que se quiere mantener en el canal de entrada.*"

En nuestro proyecto, el canal de entrada a la dársena está en honduras de 8 metros, tener 10 metros en la entrada del ante-puerto, es, pues, suficiente.

De los numerosos ejemplos de puertos que podemos citar en que el tirante de agua a la entrada es inferior al del proyecto de Viña del Mar, elejimos los siguientes; por ser los mas importantes i cuyas honduras referimos a la línea de baja marea.

En el mar Báltico, que se puede considerarse como un mar sin mareas, tenemos: Pillau y Memel con 7 metros, Libau con 9.50

En el mar del Norte, en el canal las diferencias de mareas están

comprendidas entre 1 metro 60 i 1 metro 70, se encuentran: Ostende con 7 metros, Dunquerque con 8 metros, Imuiden con 9.50.

En el Mediterráneo, que tambien puede considerarse como un mar sin mareas, están: Alicante i Terragona con 8 metros, Valencia, 9 metros i Cartajena, 10 metros.

La Pallice en el Atlántico tiene 5 metros, diferencia de mareas 4^m.70 máximo.

Malamoro en el Adriático, 8 metros, diferencia de mareas 1.50

Hemos dejado a propósito para lo último dos importantes puertos, cuyo movimiento marítimo es superior a todos los demas; nos referimos a Port Said i el Havre.

Port Said, despues de las últimas mejoras, tiene a la entrada del ante-puerto 9 metros de agua, que es un poco superior a la hondura del canal de Suez; las diferencias de marea alcanzan a 0.70.

I en el Havre, uno de los puertos mas importantes de la Francia, no tiene en ninguna de sus entradas ni aun en alta marea los 10 metros que tendríamos en nuestro proyecto en baja marea.

Vemos, pues, que la entrada del ante-puerto en el proyecto de Viña del Mar se encuentra en mejores condiciones que la de muchos puertos europeos, que tienen un movimiento de naves mui superior al de Valparaiso: estando ademas en mejores condiciones que el del Havre, que es uno de los primeros puertos bajo el punto de vista de su comercio internacional i cuyo movimiento es 10 veces superior al del nuestro.

XIII.

El rompe-olas del proyecto de Viña del Mar tiene escolleras con un talud de 1×1 del lado del ante-puerto. "En el mar es imposible un talud de 1×1 , a ménos que se coloquen las piedras a mano." En Marsella donde el mar es mas pacífico que en el Pacífico, se ejecuta en la actualidad un ensanche del puerto i las escolleras tienen un talud de 4×3 .—*D. Casanova.*

(*Anales del Instituto de Injenieros*, Mayo de 1898, pájina 547.)

En primer lugar, el que el mar en Marsella no sea tan malo como en el Pacífico no es argumento alguno, puesto que no se trata de taludes espuestos de frente al embate de las olas de un mar mas o ménos tempestuoso, sino de taludes que se encuentran del todo opuestos.

En segundo lugar, el que en los trabajos nuevos de Marsella se haya adoptado taludes interiores de 4×3 , no quiere decir que los de 1×1 sean imposibles; cuando mas esto indicará que ahí se ha aumentado la precaucion en vista de la gran hondura que tendrá el rompe-olas, pues siempre será mejor un talud de 4×3 que uno de 1×1 .

Por lo demas, si el señor Casanova tuviera conocimiento de los taludes adoptados en otras obras marítimas, no habria hecho una observacion tan jeneral. ni habria considerado como imposible un hecho del cual no sólo hai uno, sino varios ejemplos.

Así, en el mismo Marsella, citado por él, el antiguo rompe-olas i del cual el que se proyecta no es sino continuacion, el enrocado tiene al interior del puerto un talud de 1×1 . En Brest i en Cherburgo sus enrocados tienen tambien un talud de 1×1 . En Málaga i Bilbao, la misma cosa.

Uno sólo de los ejemplos citados bastaria para probar que el talud de 1×1 es perfectamente posible; i en ninguno de ellos, al ménos que yo sepa, se han construido estos enrocados colocauo las piedras a mano.

XIV.

Sobre la base superior de los enrocados del rompe-olas se proyecta una capa de concreto de 0.^m50 de espesor i que sirve para igualar el asiento donde debe de ir colocado el parapeto. "¿Cómo? se cree que ántes de cuatro años, plazo que se fija para terminar las obras, habrán cesado los movimientos de las escolleras fundadas sobre *arena escurridiza* i atacada por olas de 6 metros de altura? Tal capa de hormigon desaparecería hecha añicos en un temporal serio."—*D. Casanova*.

(*Anales del Instituto de Ingenieros*, Mayo de 1898, páginas 547, 548).

En nuestro informe, al tratar de la construccion del rompe olas, hemos dicho, que sobre la base superior de los enrocados se estenderá una capa de concreto, cuyo único objeto es igualar la superficie de esta base, para la fácil colocacion de los bloques artificiales que forman el parapeto.

La colocacion de esta capa no se hará simultáneamente en todo el largo del rompe-olas, sino por secciones, a medida que ello sea necesario, i en toda la estension en que pueda, desde luego, cubrirse con los bloques artificiales, no estando, por lo tanto, espuesta a la accion de las olas en un dia de temporal.

Habria sido por demas supérfluo, el que nos hubiéramos ocupado en hacer disertaciones sobre las innumerables precauciones que se requieren en la construccion de esta clase de obras, de las cuales depende su buena conservacion; ellas son del dominio del ingeniero que sabe que todas las precauciones que se tomen, aunque ellas parezcan exajeradas, nunca están demas.

Si se prescindiese de esas precauciones i se colocase la capa de concreto en la época de los temporales, no hai duda que su destruccion seria segura en aquella parte que estuviese en descubierto; pero ello seria, a su vez, una torpeza imperdonable que no es posible suponer; tanto mas en un mar en que se tienen nueve meses en el año en que los trabajos podrán ejecutarse con la mas completa seguridad,

El señor Casanova parece tener dudas sobre la perfecta estabilidad de los rompe-olas en el curso de la construcción fundados sobre un lecho de arena gruesa, que está comprimida por el peso del agua, i a las cuales llama arenas *escurridizas*, término que no podemos aceptar para las de la playa de Viña del Mar, porque el único movimiento que tienen es el movimiento natural, común a cualquiera otra playa, debido a la acción de las olas sobre el fondo i que en ningún caso tendrán acción sobre la masa de los enrocados construidos sobre ellos.

Las arenas son movidas sólo muy superficialmente a lo largo de las pendientes del fondo por las corrientes que producen las olas al llegar a la playa, i cuyos efectos disminuyen con la hondura, hasta hacerse completamente nulos, i las arenas que están bajo los enrocados se encontrarán siempre en la más absoluta inmovilidad. Pretender que, en una playa en que rompan olas de 6 o más metros de altura, sean éstas un peligro para los grandes macisos construidos en ella bajo el punto de vista de la acción que ejercen sobre las arenas del fondo es no conocer la manera como obran, ni las leyes que rigen sus movimientos.

Dadas las condiciones del fondo en que quedarán asentados los enrocados, podemos decir que constituyen una de las mejores bases de fundación, i que el hecho de ser compuesto de arenas gruesas es la mejor garantía de que, una vez que los enrocados tengan toda su altura, no estarán espuestos a ningún movimiento peligroso; puesto que es un hecho reconocido por todos los ingenieros, que la mejor base de fundación es la arena, *por su carácter precioso de estabilidad i resistencia homogénea del sub-suelo, en todas las partes sobre las cuales se trata de sentar las fundaciones.*

Ejecutados por lo tanto, los enrocados con aquellas precauciones i cuidados, que toda obra hidráulica requiere, no estarán sujetos a movimientos más o menos bruscos que puedan producir dislocaciones en la superestructura de las obras. Esto sería muy de temer en el caso de fundaciones hechas sobre fango más o menos profundo, como en el proyecto de Punta Anjeles, o en el caso de fundaciones

sobre fondos someros compuesto de fango, arena i piedra como en el proyecto de Cabritería.

La mayor parte de los puertos del mundo tienen sus rompe-olas contruidos sobre fondos de arena, mas o ménos finas; en algunos como en Marsella, Trieste i Fiume, en fango, i conocidas son las dificultades con que se tropezaron, sobre todo en Trieste, para su construccion. No tengo conocimiento sino de dos puertos, La Pallice i San Juan de Luz, donde se encuentran sobre roca mas o ménos dura. Sin embargo, a pesar de este hecho tan jeneral, en ninguna parte he visto que se hable de arenas *escurridizas*, ni que puedan ser un peligro para los rompe-olas el que las arenas sean movidas en el fondo de las playas por olas de 6 o mas metros de altura.

XV.

Para evitar la accion de las olas de 6 metros de altura, el autor del proyecto de Viña del Mar propone la construccion de jaulas de rieles fundadas a la cota de 1.^m i de un empedrado que cubra el fondo hasta la cota de 4 metros, tanto al sur como al norte del ante-puerto. "*Me parece que semejante defensa desapareceria con el primer temporal serio, como plumas llevadas por un huracan.*"—D. Casanova.

(*Anales del Instituto de Ingenieros*, Mayo de 1898, página 547.)

Con el objeto de que se pueda apreciar el valor de esta observacion, daremos ántes algunas esplicaciones sobre el objeto a que están destinadas las obras a que se alude i la manera como se efectuarán.

Es un procedimiento mui usado en ciertas playas de arena fina i de pendientes mui suaves situadas en la proximidad de los puertos el retardar el movimiento de las arenas i fijar así el réjimen de una playa, por medios artificiales.

En Viña del Mar a pesar de la poca importancia que tiene el movimiento de las arenas i con el objeto de evitarlo en lo posible al

sur de las obras, i también con el objeto de adquirir nuevos terrenos que serán de gran utilidad, hemos proyectado la construcción a lo largo de la playa de un malecón de jaulas de rieles rellenos con piedra, igual al construido en Valparaíso, i fundado a la cota de 1 metro bajo la línea de agua en baja marea, cubrir el fondo con piedras de dimensiones convenientes con el objeto de anular, en cuanto sea posible, el arrastre de las arenas que se hacen con vientos del *SE* i *SO* en los 1,000 metros de playa que hai al sur de las obras proyectadas.

Después de un estudio más atento de la cuestión i dada la pequeña magnitud de este trasporte, creemos que nuestras precauciones son excesivas, pudiéndose, sin inconveniente alguno, suprimir en esa parte el enrocado del fondo, bastando desde luego con la construcción del malecón, que fundado a honduras de 1 metro producirá el efecto de disminuir en gran parte la acción de las olas sobre el fondo, que a lo sumo se harán sentir en honduras de 2 metros.

Una vez construidas las obras, se podrá juzgar de la magnitud que aun tendrá el movimiento de las arenas, por el embancamiento más o menos rápido que se producirá en el ángulo exterior formado por el dique sur i por el cual podrá apreciarse si vale o nó la pena de hacer el enrocamiento del fondo.

Al norte de las obras i en una longitud conveniente se ha proyectado un malecón igual i el enrocado del fondo hasta hondura de 4 metros, retardando así el avance de las arenas al sur producidas por los temporales del *NO.*, que son los que ejercen los trasportes de mayor proporción.

A propósito de estas construcciones que no tienen nada de anormal, el señor Casanova nos hace la observación que encabeza este párrafo i en la cual, como se ve, interpreta muy mal mis ideas, modifica el sentido de mis expresiones i cambia aun las palabras. Así, habla de *empedrados*, cuando se habla de *piedras de dimensiones convenientes*, lo que quiere decir, que estas piedras tendrán las dimensiones necesarias para contrarrestar las acciones a que están destinadas a resistir. Da a entender que las obras son proyectadas con el objeto de defenderse de la acción de las olas de 6 metros de

altura, cuando en realidad están destinadas únicamente a disminuir i evitar, en cuanto sea posible, el movimiento de las arenas del fondo de la playa i a ganar terrenos al mar.

Una playa fija de arena i de pendiente mas o ménos suave, como la de Viña del Mar, no necesita de obras artificiales para defenderse contra los temporales: su mejor defensa es la misma forma de la playa, donde las olas de 6 o de 20 metros de altura pierden, al avanzar, poco a poco su intensidad, bajo la influencia de los fondos mas i mas decrecientes, que encuentra en su camino, no ejerciendo su accion sobre los cuerpos que se encuentran en el fondo de la playa, sino por las corrientes que producen i cuyos efectos hemos anteriormente analizado.

Al decir el señor Casanova que las obras proyectadas en la playa desaparecerán al primer temporal como plumas llevadas por el viento, comete un contra-sentido, puesto que, si, bajo la accion de estos mismos temporales, se mantiene la playa en un estado de equilibrio permanente con su fondo cubierto de arena mas o ménos gruesa, con mas razon lo estará, si en lugar de arena estuviera cubierto con cascajo o piedras, i si, bajo la accion de estos temporales, las arenas se mueven sólo de una manera mui lenta, mucho mas lentamente se moverán los materiales mas pesados i no tendrá accion alguna sobre piedras de dimensiones convenientes.

Mi colega atribuye a las olas una accion que no tienen ni pueden ejercer sobre los cuerpos colocados en el fondo de las playas, i confunde lastimosamente la manera como las olas ejercen su accion en las distintas facies de su carrera. Olvida este principio fundamental que se deriva del estudio de las olas i de la manera como ellas se mueven: *que la mas grande accion de las olas se ejerce en su superficie superior, donde sus partículas adquieren la mayor velocidad de circulacion.*

La accion que una ola de 6 metros de altura, por ejemplo, ejercerá sobre una obra avanzada hácia el mar i fundada en honduras superiores i contra la cual va a chocar bruscamente, es infinitamente superior a la accion que ejercerá sobre un cuerpo colocado en el fon-

do de una playa, en la cual revienta despues de perder poco a poco su intensidad. En el primer caso, la ola, llegando con toda su fuerza, sin que el movimiento circular de sus moléculas sea retardado de una manera ya sensible por la influencia del fondo, i al chocar bruscamente contra el obstáculo, tendrá fuerza, no solo para mover, sino para lanzar a cierta distancia un bloque de algunas toneladas de peso; miéntras que esa misma ola apénas tendrá fuerza para mover los granos de arena que se encuentran en el fondo de la playa i eso sólo entre ciertos límites.

En la playa de Viña del Mar, las olas de 6 metros de altura revientan, a causa de la pendiente del fondo, como a 50 o 60 metros de la orilla; en este punto la ola al romper remueve el fondo, viéndose las arenas suspendidas por un momento en el remolino formado por el agua, para volver a caer casi inmediatamente un poco mas arriba; despues de romper, el agua corre por la superficie con una velocidad mas i mas decreciente, formando las corrientes de que hemos hablado i que arrastran las arenas conforme lo hemos explicado en el párrafo V.

Se comprende, que si se cubriera el fondo de la playa con piedras que presentasen la menor superficie posible al empuje de las aguas, como ser piedras mas largas i anchas que altas, el efecto de arrastre producido por las corrientes se anularia completamente, i las piedras de un cierto peso, fácil de calcular, quedarían inmóviles.

Al principio las piedras botadas al azar i colocadas sobre el fondo en posiciones mas o ménos desfavorables, podrán ser movidas; pero como los cuerpos tienden siempre a buscar la posicion mas favorable para ser lo ménos posible cambiadas de lugar, irán poco a poco colocándose en posiciones mas favorables, i apoyándose las unas con las otras, concluirán por formar un maciso, que resistirá perfectamente, por el frotamiento sobre el fondo a la accion de arrastre de las corrientes producidas por la ola.

En cuanto al malecon construido en hondura de 1 metro bajo la línea de agua, no sufrirá el choque de la corriente, sino casi al

final de su carrera, cuando su fuerza ha desminuido considerablemente por el frotamiento sobre el fondo, produciendo un pequeño choque que no tendrá fuerza, ni aun para mover las piedras colocadas a su pié.

Si la ola en lugar de tener 6 metros de altura, tuviera mucho mas, 10 metros por ejemplo, el efecto seria mas o ménos el mismo, puesto que en cambio esta ola rompería a mayor distancia de la costa i a honduras tambien mayores.

Por no alargar demasiado esta conferencia, no entro a desarrollar las fórmulas que dan el esfuerzo producido por las olas en las distintas faces de su carrera i a distintas honduras, i la resistencia que los cuerpos le oponen; fórmulas, que mis colegas encontrarán en las memorias citadas de Cornaglia i de Gerstner; por las cuales se verá que no son mui grandes las fuerzas a que tienen que resistir los cuerpos colocados sobre el fondo de una playa, i que, cualquiera que sea la magnitud e intensidad de las olas, se podrá siempre llegar a una estabilidad suficiente, recurriendo a materiales de un peso específico i de dimensiones convenientes, los que no tendrán, en ningun caso, proporciones fuera de las que se obtienen en la práctica.

Muchos ejemplos podria citar de la aplicacion del procedimiento que proyectamos para la playa de Viña del Mar. Conocidos son de los ingenieros los numerosos trabajos llevados a cabo en las costas de algunos mares, como en las del Mar del Norte, por ejemplo; de las defensas de Grand Champ i de la isla de Re, con el objeto, o bien de fijar las arenas a lo largo de la costa, o de defenderla contra la accion destructora de las olas; pero sin ir tan léjos, pueden servirnos de ejemplo los varios trabajos que se encuentran en la misma costa de la bahía de Valparaiso i que resisten durante muchos años a la accion de los grandes temporales.

El malecon está construido en honduras hasta de 4 metros; en esta parte la pendiente del fondo es mayor que la de Viña del Mar, i las olas chocan contra el muro vertical con bastante fuerza, sin que la construccion se resienta de ello, sobre todo en aquellas partes bien construidas i conservadas. En muchos puntos a lo largo de él se

encuentra el fondo cubierto con piedras de dimensiones regulares i que están hasta 1 metro 50 bajo el agua i nunca han sido lanzadas fuera de su lugar por los mas fuertes temporales.

Entre el Fuerte Andes i el Matadero, a lo largo de la línea del Ferrocarril, los taludes que caen al mar han sido defendidos con un revestimiento de piedras sueltas botadas hasta en honduras de 2 metros; sin embargo, a pesar de que la pendiente del fondo es mui fuerte i los taludes mui parados i ser una de las partes mas fuertemente atacadas por las olas en un día de temporal, no se ha visto jamas que estas piedras sean lanzadas como plumas, a pesar de sus pequeñas dimensiones; cuando mas, son a veces removidas i arrastradas a mayor hondura, bastando de vez en cuando renovar algunas, para mantener estos taludes en buen estado.

En el Matadero, donde las olas tienen la misma intensidad que en Viña del Mar, no se ha producido ningun perjuicio sobre el muelle destinado al embarque de animales i construído de jaulas de rieles rellenas con piedras, a pesar de estar su cabeza fundado en honduras de 4 metros i contra el cual las olas revientan con toda su fuerza.

No hai, pues, razon alguna para que las obras proyectadas a lo largo de la costa de la playa de Viña del Mar i que se encontrarian en mejores condiciones que las de los ejemplos que hemos citado, sean destruidas i sus materiales lanzados como plumas llevadas por el viento, con el primer temporal. como le parece al señor Casanova.

XVI.

FUNDACIONES.—La parte superior de los cajones de fundacion, que serán espaciados de 1 metro 50 (irán unidos por una bóveda de piedra, i el espacio entre unos i otros se rellenará con albañilería hidráulica construída con aire comprimido. “Admi-
 tiendo que los cuclillos del cajon permitan hacer
 el trabajo indicado, cabe preguntarse ¿Qué ob-
 jeto tiene la bóveda superior? ¿Se teme que ceda
 el relleno de los espacios? En tal caso tambien
 cederian los cajones que se proyecta construir
 con el mismo material hidráulico.”—*D. Casanova.*

(*Anales del Instituto de Injenieros*, Mayo de 1898, pájina 548.)

Por las preguntas que hace el señor Casanova en la observacion que antecede, parece que no se ha impuesto bien del objeto que tienen los rellenos entre los cajones i de la importancia de la bóveda, cuya supresion *espondría los muros de muelle a una ruptura segura en esos puntos.*

Los cajones de fundacion están destinados a servir de base a los muros de muelle, i sus dimensiones han sido calculadas para resistir al peso de estos muros, a la presion de las tierras i a una sobrecarga por metro cuadrado uniformemente repartida; miéntras que los rellenos de los espacios dejados entre ellos están destinados a evitar la solucion de continuidad, i sus dimensiones están calculadas únicamente para resistir a la presion de las tierras que se encuentran detrás de él i en el espacio de 1 metro 50 dejados por los cajones, puesto que el relleno no va en todo el ancho de estos, sino en la parte delantera en un ancho de 2.20 metros en su parte superior. De aquí que la bóveda sea necesaria principalmente para evitar que el muro de muelle descansa directamente sobre estos macizos construídos independientemente de los cajones de fundacion, i ademas para salvar el espacio no relleno.

Además, hai que tener en cuenta que la albañilería de estos re-

lentos no tiene traba alguna con la de los cajones, i que, aunque ambos son contruidos con el mismo material hidráulico, puede ceder el relleno sin que peligre el resto de la construcción, ni los cajones cedan, como se dice en la observación hecha.

La construcción de estos rellenos por medio de cajones de aire comprimido no presenta dificultad alguna en la práctica; el procedimiento aplicado no tiene nada de nuevo, es simplemente la repetición de lo que se ha hecho en construcciones análogas en los puertos del Havre, de Rochefort, Glasgow i varios otros, cuyos detalles se encuentran en numerosas obras.

XVII.

Con el proyecto de dársena en Viña del Mar se cree que *siempre* se podrá hacer frente al desarrollo comercial, "prolongando sus obras i sus muelles". Es muy posible; pero no es práctico el construir otra dársena al lado, que tendría que comunicarse con la primera, ya destruyendo e muro de separación, ya por medio de otro antepuerto.—D. Casanova.

(Anales del Instituto de Ingenieros, Mayo de 1898, página 548.)

Ante esta observación cabe preguntar: ¿Qué es lo que entiende su autor por una cosa práctica en trabajos de ingeniería? A mi entender, un procedimiento no es práctico cuando su ejecución es poco ménos que imposible, o que, una vez realizada, no se obtenga de él el objeto que se desea, o bien que, por su excesivo costo, puede ser reemplazado por otro más económico.

Pero tan práctico es el construir una dársena al lado de otra, cuando las condiciones locales son favorables; que este sistema ha sido, no una, sino muchas veces empleado, i es raro que el señor Casanova no tenga conocimiento de ello.

¿Prefiere, acaso, que desde luego se construyan, en lugar de 2,100 metros de muelles, suficientes para muchos años, 5,000 metros

por ejemplo, para dejarlos sin uso alguno, recargando los gastos de construccion i aumentando los gastos de explotacion con los intereses i gastos de conservacion de 2,900 metros de muelles improductivos por mucho tiempo?

Si algo puede decirse que no es práctico, es precisamente este ruinoso sistema.

I si no bastan estas consideraciones, podrá servirnos de ejemplo lo que está pasando en los mas grandes puertos marítimos modernos, respecto al acrecentamiento paulatino de sus obras i de sus dársenas a medida que las necesidades del comercio i su aumento progresivo lo han hecho necesario.

Si tomamos los principales i mas conocidos puertos marítimos o fluviales, como ser Marsella, El Havre, Amberes i otros, vemos que lo que son hoy no lo fueron ayer, i que en todos ellos se ha ido aumentado la longitud de sus muelles, con la construccion de nuevas dársenas comunicadas con las anteriores, a medida que su desarrollo comercial lo ha ido exigiendo.

I en aquellos puertos en que esta necesidad se ha hecho sentir i en que las dársenas se encuentran en tierra, como en nuestro caso; las nuevas dársenas se han construido a continuacion de las anteriores sin que haya sido un inconveniente su comunicacion, precisamente por el sistema único, tan poco práctico, segun el señor Casanova, de destruir un pedazo de muro de muelle, i de lo cual tenemos numerosos ejemplos de aplicacion.

Así en El Havre, en que todas sus dársenas están construidas en tierra, la nueva dársena, el Bellot, se construyó a continuacion del de l'Eure; una vez terminados los muros i hecha la escavacion del primero, se les puso en comunicacion por un canal de 30 metros de ancho, para lo cual se tuvo que destruir los muros de la antiguo dársena en una estension conveniente, haciéndose esta operacion con suma rapidez i sin dificultad alguna.

En Amberes, en la construccion de las dos últimas dársenas, el Africa i el América, tambien construidas en tierra firme, se aplicó el mismo procedimiento para unir la primera con la antigua dársena

de Kattendyk, para lo cual hubo que destruir una seccion de muro de este último.

Aun mas, voi a citar un ejemplo, que, si no es igual, al ménos puede asimilárseles por la naturaleza del trabajo ejecutado, i en el cual se verá lo práctico que es destruir un muro de muelle. Me refiero al puerto de Marsella i a la série de trabajos llevados a cabo durante la construccion de la dársena la "Nacional". Esta dársena, construida paralela a la costa i a continuacion de las anteriores, i en la cual se aprovechó una parte de tierra firme, fué necesario, para poderle dar la hondura exigida de 8 metros en baja marea, efectuar el derrocamiento del fondo cercano a tierra: con este objeto se construyó un muro provisional de concreto de 1,069 metros de largo, que cerraba completamente el recinto donde se tenia que hacer el derrocamiento; el cual se hizo así en seco con la mayor facilidad i economía, concluida esta operacion se llenó de agua la dársena i se procedió a la destruccion del muro en toda su lonjitud.

Con estos ejemplos basta para demostrar la practicabilidad del medio indicado, i que no hai ningun inconveniente en aumentar mas tarde la capacidad de nuestro dársena con la construccion de una nueva a continuacion de ella i unidas por medio de un canal conveniente.

No son, pues, consideraciones de este órden las que se opondrán a la mayor o menor facilidad del aumento de nuestras obras, sino mas bien consideraciones de órden económico, que provendrán del mayor valor que adquirirán los terrenos circundantes al proyecto actual, una vez realizado éste. Inconvenientes que pueden fácilmente salvarse mediante la prevision del gobierno o de los concesionarios, sobre todo del primero que será, en todo caso, el que quedará dueño esclusivo de las obras, pasado un cierto tiempo.

I ya que hablamos del aumento futuro posible de la dársena, voi a aprovechar la oportunidad para hacer algunas observaciones sobre esto i sobre la capacidad comercial de nuestras obras proyectadas.

Se ha pretendido fundar superioridad de otro proyecto sobre el

nuestro con la mayor longitud de muelles con que cuenta—longitud sólo ficticia i aparente—sin tomar en consideracion que precisamente las dimensiones dadas al de Viña del Mar satisfacen ampliamente las necesidades presentes i aun futuras del comercio de Valparaiso, por muchos años; i esto con un costo comparativamente mucho menor que el de cualquier otro proyecto, lo que es una garantía mas de que su ejecucion será mas conveniente al pais bajo el punto de vista económico.

La importancia comercial de una dársena, se gradúa por la longitud de muelles con que cuenta. Los 2,000 metros consultados en nuestro proyecto son de sobra suficientes para el movimiento actual de Valparaiso, que puede estimarse en 1.000,000 de toneladas al año, lo que corresponde a ménos de 500 toneladas por metro corrido de muelle.

Esta capacidad, mediante el material de explotacion que se le ha consultado, puede ser elevado hasta 600 toneladas, i mediante un aumento en este material i la perfeccion en su uso, se podrá llegar fácilmente hasta 1,000 toneladas por metro corrido; pudiendo, por lo tanto, hacer frente a un aumento de mas del doble del movimiento actual sin necesidad de construir un solo metro mas de muelle.

En apoyo de lo anterior, citamos la opinion del ingeniero Luis le Rond, que, en su importante memoria Sobre la Explotacion de los puertos marítimo publicada en los Anales de Puentes i Calzadas de 1886, se espresa de la manera siguiente, al hablar de la capacidad máxima práctica de un metro de muelle:

“ Parece que 700 toneladas es un límite superior de capacidad posible en un muelle *estrecho i mal herramientado*. Eu cuanto a la cifra teórica de 3,500 i 2,550 toneladas, no hai duda que es muy difícil alcanzarla, pues para esto seria necesario no perder un minuto de tiempo ni hacer falsas maniobras; condiciones que no son fácilmente obtenidas en un puerto cuyo réjimen es esencialmente irregular. Un puerto es una máquina i como tal su rendimiento práctico es forzosamente inferior a su rendimiento teórico.

“ Parece, pues, que no debe pedirse a un puerto un rendimiento

“ de mas de un 50% i que debe considerarse la cifra de 1,500 toneladas por metro corrido de muelle, como el máximun que se puede obtener convenientemente en buenas condiciones de esplotacion.

“ Esta cifra de 1,500 toneladas, demuestra, pues, que el material de esplotacion permite doblar i aun sobrepasar el rendimiento mínimun de un metro de muelle, lo que equivale a decir que herrar bien un puerto equivale a aumentar su lonjitud de muelles.”

Segun esto, nuestro proyecto de dársena está en condiciones favorables para responder a un aumento comercial cualquiera que sea éste: pero tampoco hai que exajerar la tendencia a este aumento aplicado a Valparaiso, que, en todo caso, está íntimamente ligado al desarrollo comercial de toda la República.

Dadas las condiciones topográficas de nuestro territorio, la zona de atraccion de nuestro principal puerto irá reduciéndose mas i mas; porque si Chile quiere conservar sobre el Pacífico la influencia comercial a que tiene derecho, su interes le impone la obligacion de mantener i mejorar sus otros puertos marítimos i abrir otros nuevos para facilitar sus transacciones comerciales.

Siendo su estrecha faja de territorio bañado en toda su lonjitud por el mar, se impone, como un principio económico, la necesidad de dar a cada centro agrícola o minero la mas rápida i barata salida a la costa. De aquí que, en las evoluciones progresivas por que atravesamos actualmente, mediante la realizacion, aunque lenta, del vasto plan de ferrocarriles proyectados i que unirán los puertos con la red central, la zona de atraccion de cada punto de la costa sufrirá tambien continuas variaciones, a medida de la realizacion de cada uno de esos proyectos.

Los nuevos puertos de salida se desarrollarán a su vez a espensas de los antiguos.

La prolongacion de la red central i el mejoramiento de Talcahuano han influido poderosamente en el movimiento mercantil de Valparaiso. Concluida la línea de Constitucion, habilitados los puertos de Llico, Pichilemu i San Antonio i puestos en comunicacion con

el interior con la construccion de sus ferrocarriles proyectados, Valparaiso reducirá aun mas su zona de atraccion.

Indudablemente que el progreso de nuestra industria minera i el desarrollo mayor que podrán adquirir las industrias fabriles compensarán i aun podrán sobrepasar con el tiempo esta disminucion; pero, en todo caso, este aumento será relativamente lento i pasarán muchos años ántes que su influencia se haga sentir de una manera tal que haga insuficientes las dimensiones de la dársena proyectada en Viña del Mar.

XVIII.

ESCAVACIONES.—Se dice que las escavaciones se harán *en seco* hasta la cota 0. 0 0.

Veámoslo. Segun el autor del proyecto de Viña del Mar, el terreno tiene la cota media + 7. metros i el agua se encuentra ya a los 5 metros de profundidad. Luego se trabajará en el agua desde la cota + 2 metros. De estos dos metros hai uno mas o ménos que es de agua salada, puesto que 0. 0 0 coincide con la baja marea.—*D. Casanova.*

(*Anales del Instituto de Ingenieros, Mayo de 1898, página 548*).

Al tratar de la construccion de las fundaciones de los muros del muelle, decimos en nuestro informe que las escavaciones se harán en seco hasta la cota 0. 0 0, en la cual se principiará la construccion de los cajones de fundacion, que, a su vez, serán sumerjidos hasta la hondura necesaria por el procedimiento que hemos indicado.

El que el agua de filtracion aparezca a los 2 metros ántes de llegar al plan que necesitamos no es una razon para decir que se trabajará en el agua, puesto que en este caso se dispone de los procedimientos corrientes de desagües, que nos permitirá escavar el terreno en seco, no sólo hasta el nivel 0.00, que hemos adoptado, sino a un nivel inferior, hasta donde el agua pueda fácilmente ser dominada con bombas a mano o a vapor.

Aun mas, es de esperar que, en el curso de la construccion, las

escavaciones que se hagan en la parte norte de la dársena, podrán hacerse hasta el mismo nivel inferior de las fundaciones; puesto que siendo en esta parte la capa acuífera, pero abundante, es muy posible poder dominar la afluencia de agua, mediante el agotamiento, por un desagüe mas o ménos poderoso. En este caso, las fundaciones podrán hacerse desde su misma base por los procedimientos ordinarios, sin tener que recurrir a la inmersión de los cajones; siendo de sobra compensado el mayor gasto en el desagüe con la economía realizada en la manera de hacer las fundaciones.

En los pozos de la Poblacion Vergara el agua aparece a la cota +2 metros; pero estos pozos tienen una hondura de 2 i 3 metros bajo la superficie del agua, su fondo estará, por lo tanto, a la cota 0,00. 0-1 i, sin embargo, en ninguno de ellos, ni aun en el pozo del muelle que está a muy poca distancia del mar, deja de ser el agua perfectamente dulce, aunque se rebaje su nivel por un bombeo continuo; lo que prueba que, si hai filtración del agua del mar, esta no se hace sentir todavía a esas honduras.

XIX.

VELOCIDAD DE LA CORRIENTE PRODUCIDA POR LAS DIFERENCIAS DE MAREAS EN EL CANAL DE COMUNICACION ENTRE EL ANTE-PUERTO Y LA DÁRSENA.

(Véase *Anales del Instituto de Ingenieros*, Mayo de 1898, página 548, 549.)

En nuestro proyecto, el ante-puerto i la dársena están comunicados por medio de un canal de entrada de 50 metros de ancho i con una hondura de 8 metros en baja marea. Las corrientes que se producirán en el caual, debidas a las diferencias de mareas, serán tan pequeña que no tendrán influencia alguna por su velocidad sobre los buques a la entrada o salida, sirviendo únicamente para renovar periódicamente, i en cada período de marea, el agua de la dársena, lo que se hará totalmente en 6 o 7 mareas consecutivas.

Reconozco la importancia i los útiles servicios que prestan las gruas flotantes en las construcciones marítimas, sobre todo cuando se trata de utilizarlas en un puerto abrigado donde puedan, a cada momento, estar completamente seguras i exentas de los peligros de un golpe de mar i de tempestades.

Pero en Viña del Mar, no hai abrigo inmediato i estará espuesta en los primeros inviernos a ser sorprendida por un temporal que la pondria en peligro. Las precauciones que habria que tomar en los primeros años de la construccion i en los meses de Mayo, Junio, Julio i Agosto, obligarian a paralizar su empleo durante este tiempo, para tenerla en un lugar seguro; perdiéndose así un tiempo precioso que no compensaria con la diferencia de precio.

Por otra partela grua flotante no podrá reemplazar las gruas Titan i Hércules, que son indispensables en la construccion de la primera parte del rompe-olas, no siendo, en todo caso, sino una ayuda de ellas en la parte mas avanzada; miéntas tanto que estas últimas pueden prescindir completamente de la primera.

CONCLUSION

Hemos terminado con las observaciones hechas a nuestro proyecto por el señor Casanova; i sensible es tener que decir que, en todos los puntos que toca, no hai un solo dato ilustrativo, ninguna idea nueva, ni una sola demostracion que venga a indicarnos un nuevo rumbo i a probarnos que estamos en el error.

I la crítica que ha hecho de los demas proyectos de dársenas para Valparaiso no es ni aun una crítica imparcial, puesto que a continuacion nos presenta un proyecto suyo, que preconiza como el mas aceptable i conveniente: ¡Se comprende así, que gaste tanto empeño en apocar los demas proyectos!

Al ocuparse a la lijera del proyecto de la Cabritería, encuentra que su defecto principal es la orientacion de la entrada que está dirigida al sur; despues agrega que podria alegarse en apoyo del proyecto la facilidad con que se podria modificar su orienta-

cion en una direccion mas conveniente; pero esto, dice, no vale la pena, desde que hai otro punto mejor para la ubicacion de la dársena: tanto que, como veremos despues, le obliga a invertir de 10 a 15 millones mas de pesos que en la Cabritería.

El proyecto de Viña del Mar tiene, segun él, un movimiento de arenas, que prohíbe abrir la entrada del puerto en cualquier direccion i otra série de inconvenientes que tambien obligan a abandonar esta localidad, a pesar de las numerosas ventajas que ofrece, teniendo que preferirse el local elejido por él i en el cual habrá que invertir en la construccion de la dársena mas de 30 millones mas que en nuestro proyecto, como veremos mas adelante.

Este local no es otro que el tramo de costa comprendido entre Punta Anjeles i el muelle de pasajeros, que es donde ubica su proyecto de ante-puerto i dársena: (Lámina II) Local precisamente el ménos adecuado, i proyecto, que, de todos los presentados hasta la fecha, es el de mas imposible realizacion, bajo el punto de vista económico, dado el movimiento marítimo i comercial del puerto de Valparaiso.

Si se examinan los numerosos informes, proyectos presentados i opiniones emitidas, desde mui atras, por los ingenieros que se han preocupado del mejoramiento del puerto de Valparaiso, se verá que es unánime la opinion de que el principal inconveniente para crear en la bahía, un puerto artificial de abrigo con una lonjitud conveniente de muelles de carga i descarga no es el temor a los embancamientos, a los cuales siempre se les ha considerado como mui secundarios, sino a las grandes profundidades en las cuales habrá que fundar los rompe-olas: lo que se traduce en un excesivo costo en la construccion que no corresponde al movimiento mercantil de Valparaiso.

Esta opinion está tan profundamente arraigada, se encuentra expresada en varias Memorias del Ministerio de Industria i Obras Públicas, i ya, en 1893, se toca mas de lleno el asunto, i se habla de la posibilidad de construir una dársena en seco en los terrenos de

la Poblacion Vergara. Con este objeto, parece, se iniciaron sondajes de reconocimiento frente a la playa de Viña del Mar, donde, con justa razon, se esperaba encontrar honduras mas adecuadas i condiciones locales mas favorables para la ubicacion de un ante-puerto i dársena.

Pero el señor Casanova retrocede a los primeros tiempos, i, haciendo caso omiso de la esperiencia adquirida, nos presenta un proyecto de puerto precisamente en el lugar en que la pendiente del fondo es la mas rápida, lo que le obliga a fundar su gran rompe-olas en honduras casi constantes de 25 metros i en un fondo de fango de cerca de 10 metros de espesor.

I al elejir este local, en el cual el costo de construccion de la dársena que proyecta excederá en muchos millones al de los otros proyectos presentados, antepone a la cuestion económica, que constituye en todo caso, el principal mérito de la solucion que se adopte, consideraciones de un órden sólo aparente o al ménos mui insignificantes, como la de que allí las arenas son arrastradas siempre en una direccion fija, siendo así menores los temores de embancamientos, lo que, segun él, constituye una gran ventaja, que no tienen los demas lugares elejidos, i ante la cual no tienen importancia alguna el mayor o menor costo en la construccion. Temores de embancamiento que son tan infundados ahí, como en cualquier otro punto de la bahía de Valparaiso, una de las mejores bajo este punto de vista, i en donde, cualquiera que sea el tramo de costa que se elija, i cualquiera que sea la direccion que tomen las arenas, siempre se podrá, mediante una orientacion i lonjitud conveniente de los rompe-olas, resguardar la entrada de los embancamientos rápidos.

Otro de los motivos de preferencia para la ubicacion de la dársena es, segun el señor Casanova, el encontrarse su proyecto en las cercanías de los almacenes de aduana i muelle fiscal, en los que el gobierno tiene invertidas injentes sumas de dinero. Pero la dársena que se trata de construir en Valparaiso no está destinada a resguardar ni servir los intereses del gobierno, ni mucho ménos a intereses particulares de ninguna especie, creados ante las exigencias

topográficas de nuestro antiguo puerto i a la sombra de un sistema de carga y descarga añejo i anticuado, que sería la vergüenza del mas pequeño puerto de Europa que pretendiese clasificarse como puerto comercial. Son los intereses de la nacion los que aquí entran en juego i que están mui por encima de todos los demas.

I no porque el gobierno haya construido sus almacenes de aduana en un lugar cuya estrechez e insuficiencia se está palpando dia a dia, es una razon suficientemente poderosa para ir a construir dársenas donde no hay expansion posible; en un lugar estrechado entre los altos cerros i el mar, donde todo hai que construir a grandes costos en el seno mismo del mar, i donde no hai ni el terreno plano mas indispensable para hacer las instalaciones provisionales necesarias para la construccion de la nueva dársena.

Su situacion al extremo opuesto de Valparaiso es, por otra parte, perjudicial i onerosa, pues se hace recorrer a las mercaderías de importacion i esportacion, que en su totalidad van al interior o vienen de él, un trayecto inútil de mas de 10 kilómetros, atravesando así todo Valparaiso i poniendo este estrecho puerto en peores condiciones aun, bajo el punto de vista de su expansion, hijiene i seguridad de sus habitantes que lo que es hoi dia.

Construida la dársena en ese tramo de costa, se encontraria ademas en pésimas condiciones de explotacion, puesto que una de las condiciones mas necesarias i de la cual no se puede prescindir en obras de esta naturaleza es un contacto íntimo i lo mas inmediato posible con una estacion de ferrocarril ámplia i espaciosa, donde pueda fácilmente hacerse el movimiento obligado de trenes. Fácil es darse cuenta de las dificultades con que se tropezaria al querer hacer la centralizacion de todo este servicio, que hoi dia se hace a lo largo del malecon, en un lugar tan estrecho que aun es insuficiente para el movimiento exijido por la aduana i el muelle fiscal.

El proyecto presentado por el señor Casanova, i que no puede considerarse sino como un simple dibujo hecho sobre el plano acotado de la bahía de Valparaiso, adolece como hemos visto anteriormente en en el párrafo X, del gravísimo defecto de tener la entrada

del ante-puerto orientada en la direccion de donde vienen las olas de tempestad; disposicion que, ademas de no facilitar la entrada de los buques en un día de temporal, como lo pretende, pone esta entrada en condiciones tambien desfavorables respecto a los demas vientos i principalmente a los vientos reinantes del SO que soplan con fuerza en esa punta.

Hai ademas otra disposicion adoptada en el ante-puerto que llama la atencion: me refiero a la colocacion que tomarán las arenas que lleguen por algun motivo a penetrar en él. Mi colega dice que estas arenas irán a depositarse en el ángulo agudo formado por los espigones que separan el recinto de las dársenas con el ante-puerto i en su plano nos representa estos ángulos cubiertos con arena. Sin pecar de exajerado, se puede asegurar que estos espigones no llenarán el objeto a que se les destina i que sus ángulos no se cubrirán de arena sino a medida que se embanque el ante-puerto.

Por otra parte, las arenas que son arrastradas a lo largo de la costa i que vienen del sur se depositan en el ángulo formado por el rompe-olas del oeste i al exterior del ante-puerto, donde irán poco a poco produciendo un embancamiento. Ademas, estando la entrada en fondos de 23 metros mas o ménos, las arenas en esta hondura estarán en la mas absoluta inmovilidad i aun, en el supuesto de que las mui finas mantenidas en suspension por una ajitacion mui rápida del mar afuera, penetraran en el ante-puerto, se depositarian con preferencia en la entrada i al rededor de los cabezos donde se produciria primero el embancamiento. No hai razon alguna para que las arenas que podrian entrar al ante-puerto pasen por todo su largo i por honduras hasta de 23 metros, para irse a depositar en la parte mas retirada i en el ángulo formado por los espigones, teniendo que ascender en el lado de tierra, donde habrá honduras de 6 o mas metros: para que aparecieran arenas en este ángulo, seria necesario que el ante-puerto fuese primero completamente embancado.

No hai duda alguna que todos los proyectos de dársenas i presentados son perfectamente realizables bajo el punto de vista de la ingeniería; pero esto no basta, es necesario i de primordial importancia que aquel que se lleve a cabo sea conveniente para el país cuyos intereses está destinado a servir.

Como cuestion previa, de la cual no puede prescindir un ingeniero, so pena de colocar su proyecto como una mera fantasía, se encuentra la cuestion financiera, mediante cuyo estudio se podrá resolver cuál es el proyecto mas conveniente. Tanto mas, cuanto que para la ejecucion de estas obras, se tendrá que recurrir al capital extranjero, el que no se obtendrá sino mediante una garantía que, dada la situacion actual por que atraviesa el país, no podrá ser concedida miéntras no se tenga la confianza de que ella será solamente nominal.

El principal mérito de un proyecto de esta clase es la economía realizada en su construccion, i el menor costo constituye un poderoso argumento a favor, que influirá en la solucion que ha de adoptarse: costo que, en todo caso, deberá estar en relacion con el rendimiento probable. No debe olvidarse, por lo tanto, que los únicos recursos con que se contará para hacer frente a los intereses del capital invertido en la construccion de estas obras i a los gastos de explotacion son los derechos de la navegacion i los percibidos por carga i descarga de la mercadería de esportacion i de importacion i que estos derechos deberán ser siempre menores a los que hoy dia gravan estos servicios, so pena de producir al país un mal, que no un bien.

Resuelta la cuestion económica, mediante el conocimiento mas o ménos aproximado del movimiento mercantil actual de nuestro puerto, i fijado así el valor máximo del capital que podrá invertirse en estas obras, con provecho i sin gravar al país, quedarán de hecho anulados todos aquellos proyectos que excedan de este máximo.

Desde luego, i a priori, podemos concluir, que será mas conveniente para aquella parte de la República que hace su servicio de esportacion e importacion por Valparaíso aquel proyecto de Dársena

en cuya ejecucion se invierta el menor capital, siempre que cuente con una capacidad suficiente para hacer frente al movimiento mercantil de este puerto i a su futuro desarrollo.

*
* *

Si comparamos la capacidad i costo de construccion de los tres proyectos de dársenas, cuya situacion i planos respectivos pueden verse en la lámina II, se verá que el proyecto de Viña del Mar, es el que, conteniendo suficiente capacidad, podrá, al mismo tiempo, realizarse con un costo mas de la mitad menor que cualquiera de los otros dos.

Ante todo no está demas recordemos algunos principios jenerales, que debe tenerse mui en cuenta, respecto a las condiciones con que deben cumplir los muelles que contienen una dársena; principios deducidos por la esperiencia adquirida en la explotacion de puertos marítimos i que ha ido poco a poco indicando cuáles son las condiciones con que deben cumplir para que su explotacion se haga rápida i económicamente: principios de los cuales no es posible prescindir, cuando se trata de la concepcion de un proyecto nuevo, so pena de gastar muchos millones de pesos, para tener muelles en malas condiciones de explotacion.

La capacidad comercial de una dársena se avalúa por la longitud de muelles con que cuenta, puesto que de ésta depende el mayor o menor número de naves que podrán servirse de ellos al mismo tiempo. I para que una dársena pueda considerarse perfecta i llenar todas las exigencias de una explotacion económica i activa, como lo requiere un puerto comercial, es necesario que sus muelles se encuentren, en primer lugar, en aguas constantemente tranquilas i en segundo lugar, tengan en toda su longitud espaciosos terraplenes cubiertos de galpones i bodegas i bordeados en todo su contorno por líneas férreas mas o ménos numerosas.

La práctica en la explotacion de puertos marítimos indica que el ancho de los terraplenes debe variar entre 75 i 100 metros, pu-

diendo bastar en algunos casos 50 o 60 metros, pero nunca ménos. Muelles con un ancho menor no son pues aceptables en nuestro caso.

En el proyecto de Viña del Mar, la dársena contiene 2,100 metros de muelles en aguas constantemente tranquilas, recorridos en toda su lonjitud por tres líneas férreas i con espacios terraplenes cubiertos de galpones o bodegas, con un ancho en su mayor parte de 100 metros i con un mínimun de 80 metros en algunas otras. Se encuentra así esta dársena en las mejores condiciones de explotación.

Para que su comparacion con la capacidad de los otros proyectos sea aceptable, es necesario que la lonjitud de muelles con que éstos cuentan, se encuentre en condiciones mas o ménos iguales.

Los proyectos de Cabritería i Punta Anjeles, son mas o ménos del mismo tipo i se parecen en sus razgos jenerales a los puertos de Marsella, Trieste i al proyecto estudiado para Montevideo.

Este tipo de puertos artificiales es caracterizado por la circunstancia de tener una superficie de aguas mas o ménos grande abrigada de los movimientos del mar por un rompe-olas paralelo a la costa i que lo divide en dos partes: el ante-puerto i el recinto interior, comunicados por una entrada mas o ménos ancha, que impide que las agitaciones del mar que se sienten en el primero se trasmitan al segundo.

El recinto interior está a su vez, subdividido en el lado de tierra en pequeños espacios separados entre sí por molos trasversales mas o ménos anchos i de un largo suficiente para permitir el libre tránsito de los buques entre ellos i el rompe-olas. Estos espacios constituyen las verdaderas dársenas, cuyo número depende de la lonjitud del tramo de costa abrigado i sus dimensiones deberán ser tales que los mas grandes navíos puedan moverse dentro de ellos sin dificultad.

Los molos trasversales junto con los muros del lado de tierra, comunmente llamados *rampas*, forman los muelles de cada dársena i, por lo tanto, su ancho debe ser a lo ménos de 50 metros i a lo mas de 100 metros, segun que estén destinados a ser utilizados por uno o por sus dos lados. Este ancho es indispensable i en todo pro

yecto nuevo, racional i bien estudiado i en cuyas disposiciones puede un ingeniero aprovechar, sin inconveniente alguno, de las lecciones dadas por la esperiencia, deben tener esas dimensiones para que presten un útil i económico servicio.

Segun estos antecedentes, podemos juzgar de la lonjitud aprovechable de muelles con que cuentan los otros dos proyectos considerados; pero, ante todo, conviene que veamos cuál es la lonjitud atribuida por los ingenieros marítimos a los puertos de Marsella i Trieste i el dado por sus autores al proyecto para Montevideo, o mas bien dicho, la lonjitud utilizable de muelles con que cuentan: lo que servirá como una demostracion de que nuestras opiniones sobre la capacidad de los proyectos de Cabritería i Punta Anjeles son perfectamente exactas.

La lámina III da la disposicion del puerto de Marsella, en el cual la gran superficie de aguas abrigadas por el rompe-olas está dividida en un ante-puerto i un recinto interior, donde están situadas las dársenas construidas a lo largo de la costa i en las que los molos transversales que las dividen tienen 100 i mas metros de ancho. La lonjitud de muelles utilizables se cuenta segun el contorno formado por los molos i las ramplas.

La lámina IV representa el puerto de Trieste, donde se ve que la disposicion dada a las dársenas obedece a las mismas reglas. Los molos transversales tienen aquí tambien a lo ménos 100 metros de ancho i la lonjitud de muelles utilizables atribuida a este puerto es dada por el contorno indicado en el plano, por las líneas cortadas trazadas paralelamente a los muelles.

Estos dos puertos son considerados, por su buena distribucion, como de los mejores, bajo el punto de vista de su explotacion; i en igualdad de circunstancias pueden tomarse como tipos, que convendrá tener mui presente para la concepcion de un proyecto nuevo, salvo ciertas modificaciones de detalles debido a las condiciones locales mas o ménos parecidas.

En la lámina V, que representa el proyecto aprobado para el

puerto de Montevideo, se ve que tiene en su distribucion los mismos rasgos jenerales.

Segun los autores de este proyecto la longitud utilizable de muelles con que contará este puerto es la siguiente:

LARGO DE LOS MUELLES		
	No utilizables	Utilizables
MOLO A	510 m.	300 m.
Muelle de rampla entre A i B.....	000	410
MOLO B	120	600
Muelle de rampla entre B i C.....	000	130
MOLO C	000	620
Muelle de rampla entre C i D.....	000	130
MOLO D	000	720
Muelle de rampla	000	220
Muelle al rededor del dique de Carena.....	500	000
Muelle de rampla	000	138
MOLO E.....	000	710
Muelle de rampla	000	138
Total utilizables.....		4108 m.

Datos que han sido tomados del informe que acompaña a este proyecto.

El proyecto del señor Casanova, ubicado en el tramo de costa situado al Sur de Punta Anjeles i representado en la lámina II, se parece en sus rasgos jenerales a los anteriores, con la diferencia de que los molos trasversales, en lugar de ser perpendiculares a la costa,

están inclinados con respecto a ella: disposición cuyas ventajas son indiscutibles, puesto que así las líneas férreas que bordean sus muelles podrán comunicar con las líneas principales por simples cambios i no por torna-mesas como en los casos que hemos citado.

Se consulta en este proyecto cinco dársenas, separadas entre sí por cuatro molos A, B, C, D, a las que se les ha dado un ancho de 50 metros, que consideramos insuficiente desde que serán usados por sus dos lados. Convendría darles lo ménos 100 metros.

La longitud de muelles utilizables con que contará este proyecto será, por lo tanto, la siguiente:

Dársena I	{ Rampla	320 metros
	{ Molo A	180 id.
	{ Molo A	180 id.
Id. II	{ Rampla	120 id.
	{ Molo B	170 id.
	{ Molo B	170 id.
Id. III	{ Rampla	220 id.
	{ Molo C	270 id.
	{ Molo C	270 id.
Id. IV	{ Rampla	200 id.
	{ Molo D	250 id.
Id. V	{ Rampla	500 mas o ménos
Total de muelles utilizables		2850 metros

En el proyecto de la Cabritería ubicado frente al matadero i representado en la lámina II, se nota desde luego que, a pesar de las condiciones locales mas o menos semejantes, difiere notablemente de la disposición típica seguida en todos los demas proyectos citados i que es considerada como la mas ventajosa, por ser la que aprovecha mejor el espacio encerrado, dando la mayor longitud de muelles utilizables.

Se ve que el recinto interior ha sido dividido en cuatro dársenas (I, II, III, IV) separadas entre sí por muelles de fierro de 20 metros de ancho, que hacen las veces de molos. Disposicion absurda e ináceptable, por la que no se consigue toda la lonjitud de muelles que podria obtenerse, puesto que de ningun modo se puede considerar como lonjitud utilizable para muelles de carga o descarga estrechos muelles de fierro, que ocupan ahí un lugar digno de mejor empleo.

No vale la pena de gastar tantos millones de pesos en un rompe-olas i abrigar una gran superficie de aguas, para construir en su interior, en lugar de molos conteniendo anchos i espaciosos muelles de un rápido i económico empleo, pobres muelles de fierro de 20 metros de ancho, que servirán seguramente para cargar o descargar, pero en condiciones tan desfavorables que mui luego se verá la necesidad de reemplazarlos por molos de dimensiones convenientes.

Indicamos en el plano respectivo i con líneas de puntos la disposicion que convendria dar a los molos—100 metros de ancho a lo ménos—i a una parte del rompe-olas para aprovechar convenientemente i de una manera práctica todo el recinto abrigado.

Concretándonos al plano tal como ha sido presentado por sus autores, i siguiendo el mismo principio aplicado en los otros proyectos considerados anteriormente, tendremos que la lonjitud de muelles utilizables con que se contará en este es la siguiente:

Dársena I	{ Muelle A.....	180	metros
	{ Rampla.....	230	id.
„ II	Rampla.....	150	id.
„ III	„	210	id.
„ IV	„	210	id.

Total de muelles utilizables en buenas condiciones de explotacion e idénticos a los que se tienen en Viña del Mar 980 metros

En los muelles de fierro B, C i D, se podrá, en caso de absoluta necesidad hacerse la carga o descarga sólo por un lado, no pudiendo

en ningún caso, hacerse por los dos a la vez a causa de su poco ancho. Se tendrá entónces otros 400 metros mas, en mui malas condiciones de esplotacion, que agregados al total anterior, dan en último caso una suma de 1,380 metros.

La verdadera longitud de muelles con que se contará en este proyecto será por lo tanto de 980 m. i no la que le atribuyen sus autores, que, sin razon alguna justificada, la hacen subir hasta la suma total de 3,500 metros. Para llegar a esta enorme cifra hacen uso del ante-puerto, haciéndolo desempeñar el papel de dársena, contra todas las reglas establecidas por la práctica, i cuentan ademas con la longitud total del rompe-olas, a cuyos muros los consideran como muelles utilizables de carga i descarga, a pesar de su poco ancho aparente para este objeto.

Semejante manera de aumentar la capacidad de un proyecto es inaceptable i no demuestra en sus autores sino una falta absoluta de conocimiento del verdadero objeto que tiene el ante-puerto i la dársena i de los servicios que están destinados a prestar los muelles de carga i descarga.

En los puertos cuyos planos hemos dado i a pesar de que sus condiciones marítimas son mas favorables que en Valparaiso, se ve que no se prescinde del ante-puerto, ni se utiliza este recinto como dársena. En todos ellos, ademas, no se toma en cuenta la longitud de los rompe-olas i, para que estos puedan utilizarse como muelles, es necesario que se les dé dimensiones apropiadas, que no son convenientes sino en ciertos casos; tal como se ve en Marsella, donde, en la parte que corresponde a la dársena de Joliette, se ha dado al rompe-olas un ancho de 80 metros.

En el proyecto de la Cabritería, se podría aprovechar en el recinto abrigado, el lado interior del rompe-olas, siempre que se le diera un ancho de 60 metros a lo ménos, tal como está indicado en el plano con líneas de puntos; lo que aumentaria considerablemente el costo, dada la hondura en que está fundado en esta parte.

Resumiendo, tenemos que la longitud utilizable de muelles de carga i descarga que contienen los tres proyectos considerados, apre-

ciados bajo el doble punto de vista científico i práctico, es la siguiente:

Proyecto Viña del Mar.....	2,100	metros
Id. Punta Anjeles.....	2,850	id.
Id. Cabritería.....	980	id.

El costo del proyecto de Viña del Mar ha sido presupuestado en una suma de \$ 17.200,000 en números redondos.

El costo del proyecto de la Cabritería, segun el presupuesto que acompaña el informe impreso, es poco mas o ménos de \$ 27.500,000. Este presupuesto ha sido modificado i correjido posteriormente llegando a cerca de \$ 30.000,000, que consideramos aun insuficientes, puesto que, calculando el valor del rompe-olas i aplicando los mismos precios unitarios que hemos empleado en el de Viña del Mar, obtenemos un total de \$ 33.000.000.

Pero prescindimos de esta diferencia, i tomaremos sólo en cuenta los intereses del capital invertido durante la construccion, que ha sido apreciada en 5 años por los autores del proyecto; tiempo que, dada la magnitud del rompe-olas, que es la primera obra que tiene que construirse, es absolutamente insuficiente. Nuestro rompe-olas, por ejemplo, que sólo tiene 560 metros de largo i fundado en hondura media de 9 metros, necesitará lo ménos 4 años para terminarse. El rompe-olas de la Cabritería, que tiene 1,965 metros de largo i fundado en honduras comprendidas entre 18 i 22 metros, es como ocho veces mayor que el nuestro i necesitará para concluirse un tiempo que, por lo ménos, tendrá que estimarse en 12 años.

Si suponemos un gasto mínimun de \$ 2.500,000 anuales i calculamos los intereses en un 5% de este capital en los años restantes, veríamos que el costo total de este proyecto pasaria de \$ 43.000,000.

Aunque el proyecto de Punta Anjeles no tiene presupuesto, fácil es apreciarlo aproximadamente, comparándolo con el proyecto de la Cabritería, al cual se parece en sus razgos jenerales.

El rompe-olas proyectado en Punta Anjeles tiene una lonjitud

de 2,200 metros mas o ménos, fundado en honduras de 25 metros sobre un fondo de fango. Segun los sondajes hechos para la construccion del muelle fiscal, esta capa tiene un espesor de 9 a 10 metros, que reposa sobre una capa de arena fina: se puede tener, por lo tanto, la seguridad de que los enrocados así fundados penetrarán la capa de fango i que tendrán una altura de 32 metros a lo ménos. En estas condiciones este rompe-olas, que, por su lonjitud i altura, seria el mas grande de los construidos hasta la fecha en el mundo entero, no podrá terminarse en ménos de 18 a 20 años.

El costo de este proyecto, tomando en cuenta la magnitud de sus obras, mui superiores, como se ve, a los de la Cabritería, no podrá ser ménos de \$ 50.000,000.

Segun esto, la comparacion, bajo el punto de vista del costo i capacidad comercial de los tres proyectos de dársenas para Valparaiso, puede establecerse de la manera siguiente:

	Lonjitud de muelles utilizables.	Costo.
Dársena de Viña del Mar.....	2100.00 metros	\$ 17.200,000
Id. Cabritería.....	980.00 id.	43.000,000
Id. Punta Anjeles.....	2850.00 id.	50.000,000

Bajo el punto de vista económico, tendremos que la utilidad neta que debe percibir cada uno de los tres proyectos considerados, para que la garantía exigida de un 5% sobre el capital invertido, sea solamente nominal, deberá ser la siguiente:

	Utilidad líquida.
Dársena de Viña del Mar.....	\$ 860,000
Id. Cabritería.....	2.150,000
Id. Punta de Anjeles.....	2,500,000

Pero, ademas de estas entradas, hai que tomar en cuenta los gastos de explotacion de la dársena, i, aceptando, como lo exigen los au-

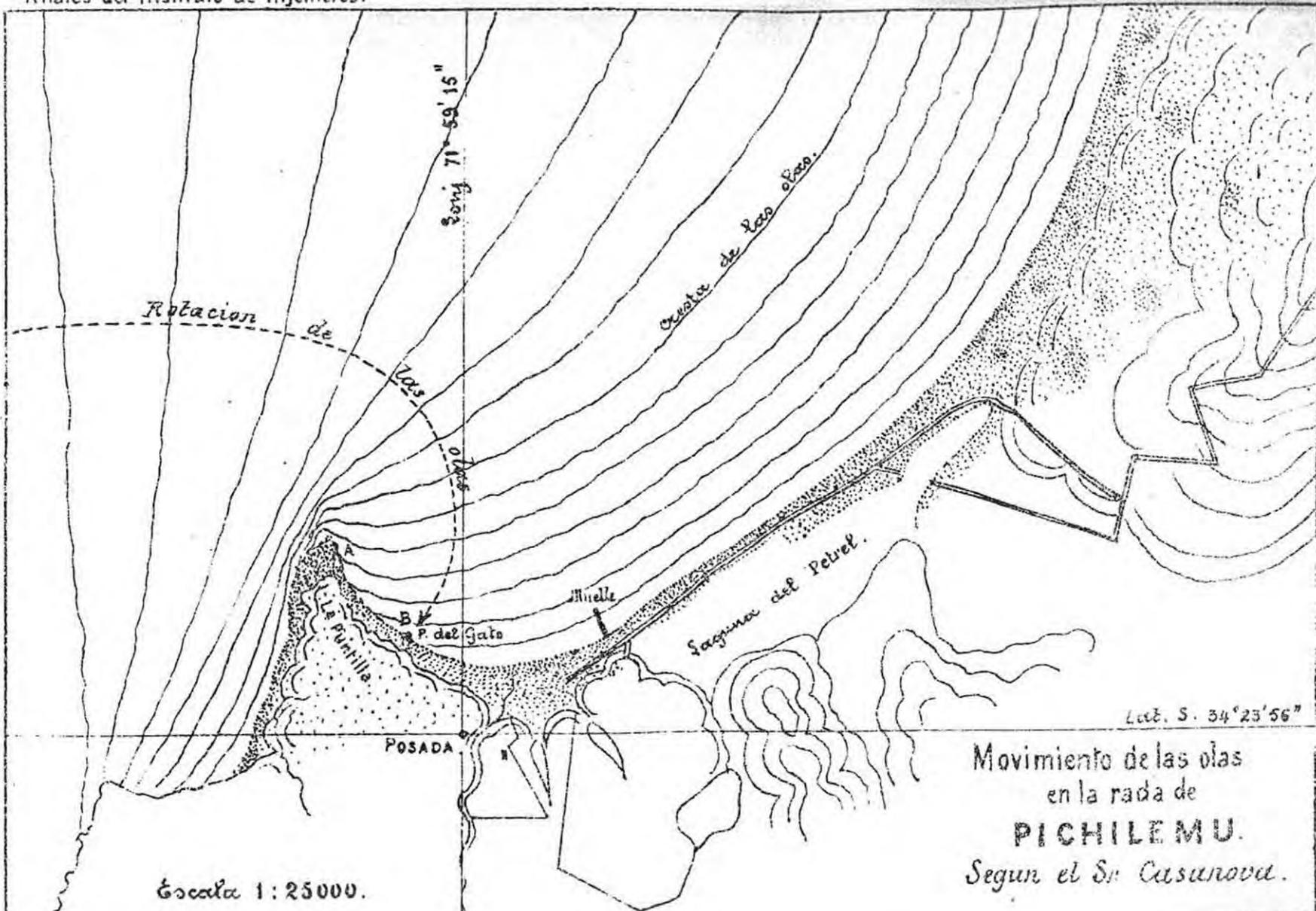
tores del proyecto de la Cabritería, que estos gastos equivalgan a un 50% de las entradas brutas percibidas, tendremos que las entradas totales deberán ser las siguientes:

	Entradas totales.
Dársena de Viña del Mar.....	\$ 1.720,000
Id. Cabritería.....	4.300,000
Id. Punta Anjeles.....	5.000,000

Siendo estas entradas, cubiertas directa o indirectamente por las mercaderías de importación i esportación, que harán su servicio por la dársena i que pueden estimarse en un millón de toneladas al año, no se necesita ser mui entendido en finanzas para comprender cuál de los tres proyectos producirá, una vez realizado, un verdadero beneficio al país i cuáles producirán un efecto contrario.

EIJENIO BOBILLIER



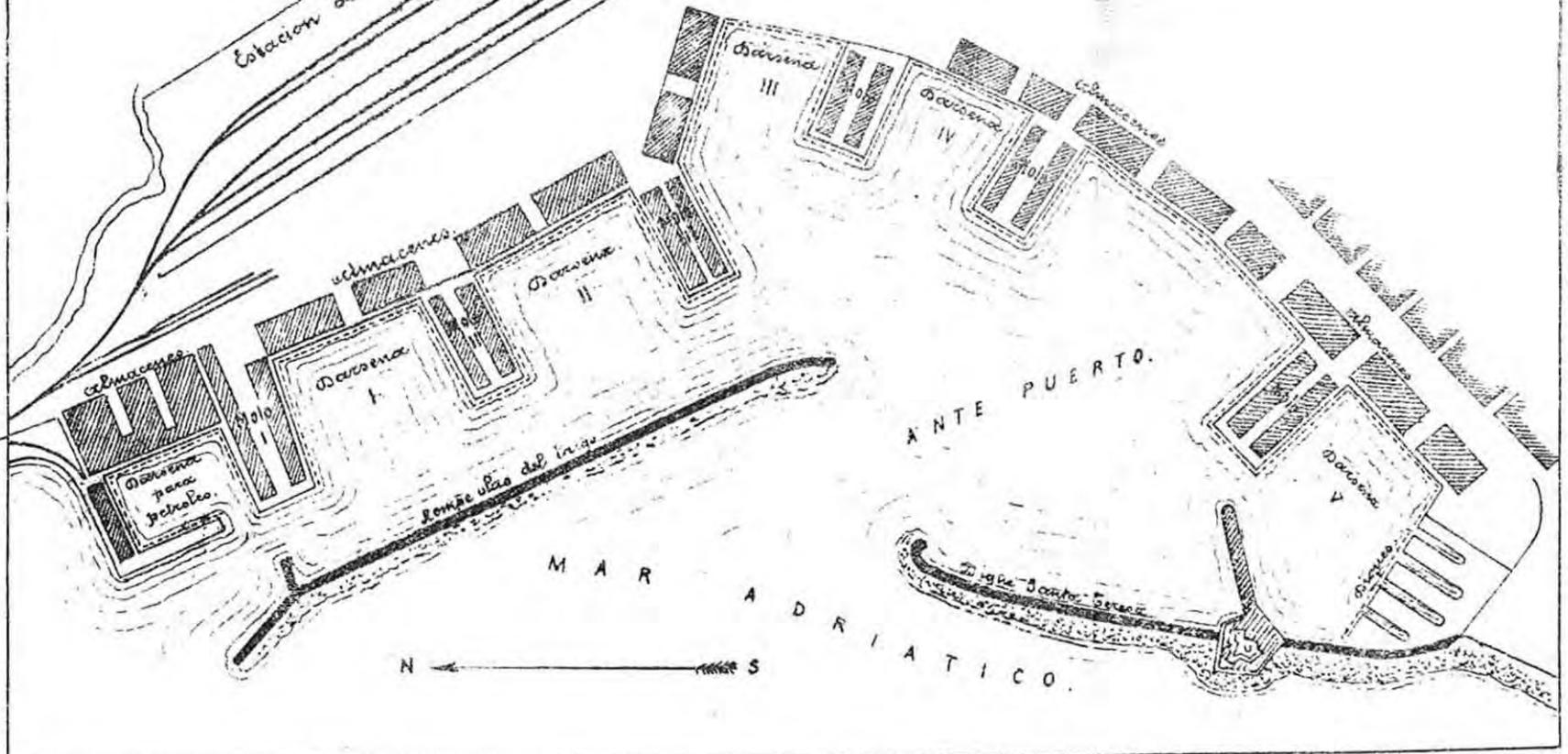


Movimiento de las olas
en la rada de
PICHILEMU.
Segun el Sr. Casanova.

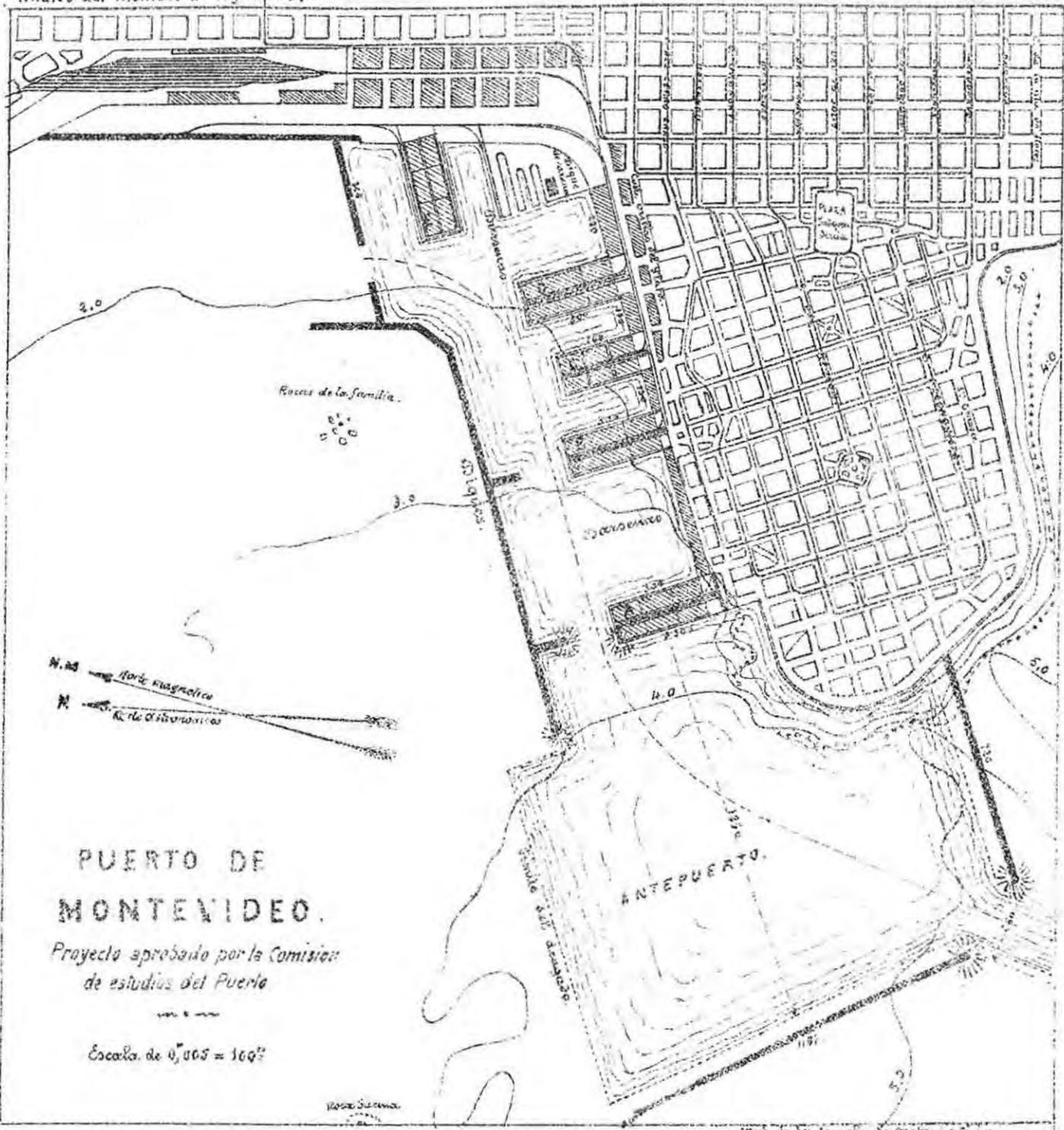
PUERTO DE TRIESTE.

Escala de 0,01 = 100^m

Estacion de Ra. Ansaldo.



M A R A D R I A T I C O.



PUERTO DE
MONTEVIDEO.

Proyecto aprobado por la Comisión
de estudios del Puerto

Escala de 1/500 = 160'

1888

Este plan es de propiedad del Instituto de Ingenieros.

