

## REFUTACION DE LAS OBJECIONES DEL SEÑOR DOMINGO CASANOVA AL PROYECTO BROEKMAN PARA EL PUERTO DE SAN ANTONIO

POR

EDUARDO REYES COX

---

En la última sesión, después de nuestra exposición sobre el proyecto Broekman para el puerto de San Antonio, nuestro colega señor Domingo Casanova hizo varias objeciones a dicho proyecto, objeciones que hoy nos proponemos contestar.

Para proceder con mayor método i claridad, nos ocuparemos de cada una de dichas objeciones en el orden en que fueron espuestas.

Ellas fueron:

1) Que el estudio económico es inútil, dada la inexactitud de nuestras estadísticas.

2) Que el examen jeológico del sub-suelo es deficiente, porque la hipótesis de que la Poza es prolongación de la quebrada, i el banco del terreno de la costa, el señor Casanova la estima errónea, sosteniendo que la Poza se debe a la existencia de una vertiente que mantiene la profundidad.

3) Que el estudio de las corrientes no es completo, por cuanto no se verificó la existencia de esa vertiente con flotadores de profundidad i que si ella existe socavará i arruinará las obras proyectadas.

4) Que no se han observado directamente las presiones del viento, sino deducido de la velocidad por fórmulas.

5) Critica al gran cubo del terraplen proyectado que alcanza a 2 600 000 m<sup>3</sup> que lo hace temer un fracaso, comparándolo con terraplenes de ferrocarriles.

6) Finalmente sostiene que el trazado del señor Vergara Montt i el que propone el señor Casanova en un ante-proyecto son preferibles al del señor Broekman, porque la boca es mas abrigada, i no se embancará con los aluviones, i ademas que el costo de su ante-proyecto será un tercio de el del señor Broekman.

Tales son las objeciones formuladas contra el proyecto Broekman por nuestro

colega señor Casanova, las cuales nos proponemos refutar, demostrando que carecen de base.

1.<sup>a</sup> OBJECCION.—*Que el estudio económico es inútil por ser malas nuestras estadísticas.*

Es verdad que nuestra estadística es por demás deficiente, pero en todo con ella se tendrán datos mas vecinos a la verdad, que suponiendo un tráfico sin basarse en ella.

Por lo demás el señor Broekman, en vista, precisamente de esas deficiencias, no aprovechó esos datos, i dedujo las cifras que aparecen en el estudio comercial del puerto, directamente de los boletos de carga de un año completo, los cuales le fueron proporcionados por paquetes enormes de cada mes. La labor fué de inmensa paciencia i de ella puede dar fé el señor Salas Edwards que hizo el estudio comercial del proyecto.

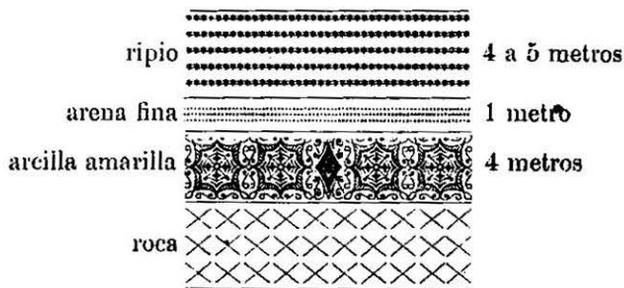
De modo pues que esta primera objecion falla por su base.

2.<sup>a</sup> OBJECCION.—*Que el exámen jeológico del subsuelo es deficiente.*

Para el reconocimiento del subsuelo se hicieron 18 sondajes de perforacion i 97 de inyeccion.

Casi todos los de perforacion están hechos en la playa a orillas del mar por la imposibilidad casi absoluta de realizar éstos sondajes en la zona de rompientes. Hai solo dos sondajes de estos en el mar. En cambio en dicha zona se hicieron 97 sondajes de inyeccion que dan una idee de la clase de terreno atravesado i de su resistencia.

En los sondajes de la playa, la roca se encontró en los sondajes números VIII, X, XI, XIII i XV, a una profundidad variable de 6,30 a 6,70 bajo el nivel medio del mar. Sobre la roca viene una capa de unos cuatro metros de espesor de arcilla amarilla i sobre la arcilla una capa de arena fina de un metro de espesor mas o ménos, i encima el ripio que forma la playa con un espesor de 4 a 5 metros (fig. 1).



Los sondajes de inyeccion demostraron que en la zona de ubicacion de las obras existe una capa de arena fina de espesor variable, con un promedio de tres metros, despues de la cual se encuentra la arcilla poco resistente en uno o dos metros, i de ahí hácia adelante bastante dura, con una resistencia que corresponde a rocas des-

compuestas, i efectivamente en un sondaje de perforacion hecho cerca del sondaje número LXXVI de inyeccion, se sacó una muestra que es claramente producto de la descomposicion de las rocas indicadas (páj. 25 de la Memoria).

Respecto de la formacion del banco en que se producen los rompientes, el señor Broekman fundándose en los resultados de los sondajes ya indicados formula la hipótesis, no aceptada por el señor Casanova, de que ese banco no es sino una prolongacion de la costa, como La Poza sería la prolongacion natural de la quebrada (páj. 24 de la Memoria).

Para aceptar esta hipótesis, i nó la de que es formado por el Maipo, se basa en que la arena del banco no es la misma del rio Maipo, la cual es más gruesa i que la arcilla amarilla encontrada debajo proviene de la descomposicion de la roca que le sirve de base, segun opinion del profesor de jeolojia de nuestra Universidad don Julio Schneider (páj. 24 de la Memoria).

Habiéndose encontrado en los sondajes de inyeccion esa arcilla amarilla que descansa en las rocas de cuya descomposicion proviene, segun resulta de los sondajes de perforacion de la playa, no se creyó necesario seguir el reconocimiento ya que se habian alcanzado profundidades de 10, 12 i 15 metros bajo el nivel medio, lo que era suficiente para el estudio del proyecto. Ademas, la direccion de la corriente del Maipo, que va hácia mar afuera, confirma esta opinion.

Al señor Casanova le ha parecido una hipótesis sin base el suponer que la Poza es prolongacion natural de la quebrada, sin embargo, esto no es estraño, pues en Valparaíso, segun nos lo ha indicado nuestro colega don Jorge Cerveró, que trabajó en la comision Kraus, sucede lo mismo que frente a las quebradas se encuentran grandes fallas del fondo.

Creemos, pues, suficientemente estudiada la constitucion del sub-suelo para las necesidades del proyecto i en vista de las circunstancias locales. En cuanto a la posibilidad de existencia de una vertiente en la Poza, lo veremos despues.

### 3.<sup>a</sup> OBJECION.— *Que el estudio de las corrientes es deficiente.*

El señor Casanova estima que este estudio fué incompleto por no haberse verificado la existencia de la vertiente que segun hipótesis que él formula puede existir en la Poza.

A nuestro juicio, la observacion de corrientes es completa como vamos a tratar de demostrarlo, i ellos son contrarios a la existencia de la supuesta vertiente.

Ademas, la observacion de la direccion de las aguas del Maipo en las creces que puede verse por lo turbio de sus aguas, hace ver, como ya lo hemos dicho, que esas aguas se dirijen hácia alta mar, pasando por fuera del banco, lo que confirma aun mas la idea de que dicho banco no se debe a depósitos del rio.

La observacion de corrientes se hizo por medio de flotadores de superficie i de profundidad, apareciendo en el plano serie A, número 6, sus trayectorias marcando su posicion de minuto en minuto. Las observaciones de profundidad se hicieron a 5

i 10 metros, i entre las simplemente descriptivas de que habla en la página 27 de la memoria, figuran tres observaciones hechas a 15 metros de profundidad en la Poza, segun he podido averiguarlo.

El total de observaciones que aparece en la memoria, en un cuadro página 28, es de 33. De éstas, 26 son superficiales i 7 de fondo.

Se observa que las velocidades superficiales son mayores que las de profundidad. Así, en estos últimos se tiene como velocidades máximas:

#### Flotadores de profundidad

N.º	Velocid. máxima en m $\times$ seg.	Velocidad mínima	OBSERVACIONES
10	0,04	.....	
12	0,24	0,17	12 : 14 su prolongacion uno de otro
14	0,25	0,08	
21	0,48	0,10	
22	1,02	0,38	Apegado a la orilla cóncava
23	0,11	.....	
32	0,11	0,10	
Promedio .....	$\frac{2,25}{=0,32}$		

Ahora, sin los flotadores de superficie que mas se acercan en su trayectoria a las anteriores, se tiene las velocidades siguientes:

N.º	Velocidad máxima	Velocidad mínima	OBSERVACIONES
15	0,56	0,24	Corresponde a 10
13	0,38	0,27	» 12 i 14
16	1,00	0,37	» 21 i 22
2	1,30	0,15	» 23
31	0,37	0,37	» 32
Promedio .....	$\frac{4,61}{=0,92}$		

Estas cifras nos dan un promedio para las velocidades máximas de los flotadores de profundidad de **0,32 m**  $\times$  seg., i para los de superficie correspondientes=**0,92**.

Se ve, pues, claramente, que estas observaciones demuestran que la velocidad disminuye rápidamente de la superficie hácia el fondo, lo que es contrario a la hipótesis de existencia de la vertiente.

Por otra parte, un ligero cálculo nos va a demostrar la imposibilidad de que las profundidades observadas en la Poza sean debidas a la existencia de una vertiente, i que esta pudiera socavarse i arruinar las obras proyectadas.

Los sondajes jeológicos demuestran la existencia de una capa de arena en la parte de ubicacion de las obras con un espesor medio de 3 metros. Despues se encuentra una arcilla que se hace dura a poca profundidad. Si fuera posible la socavacion, se iria la arena, quedando desnuda la arcilla que le sirve de base i que es insocavable con velocidades corrientes; i los enrocados de la infraestructura bastarian para llenar esa socavacion ya que tienen taludes mui tendidos, que permiten su descenso. Pero vamos a probar que ni ese descenso de los enrocados por la socavacion de la arena es posible. Para hacerlo vamos a calcular el gasto que debería tener la supuesta vertiente para ser capaz de arrastrar la arena en que se apoyarán los enrocados.

En efecto, hagamos un perfil trasversal a La Poza entre el extremo del espigon mas próximo a ella i el cerro. Nos resulta el de la figura.

La superficie de esta seccion trasversal es de **14 610** metros cuadrados. Veamos ahora que velocidad debería tener el agua para producir la socavacion del espigon.

La velocidad necesaria para socavar la arena en que se apoyan los enrocados de la base del espigon, sería a lo ménos de 0,40 m por segundo (i decimos a lo ménos porque el señor Broekman estima esa velocidad en 0,60 m por segundo) i esta sería velocidad de fondo. Ahora la velocidad en La Poza profunda sería evidentemente mayor para que en *e* se pudiese producir esa velocidad de 0,40 m; pero queremos aceptar que esa velocidad fuera la misma. La velocidad media calculada por las fórmulas de Prony es:

$$u = 0,49 \text{ m por segundo i la superficial}$$

$$v = 0,55 \text{ m por segundo.}$$

Luego el volúmen de agua que debería escurrirse por La Poza para poder socavar el pié del espigon sería, como mínimo:

$$Q = u \cdot a = 14\,610 \cdot 0,49 = 7\,159 \text{ metros cúbicos por segundo.}$$

En otros términos, construidas las obras, para socavarlas, las vertientes, cuya existencia supone el señor Casanova, debería tener un caudal diez veces mayor que el río Valdivia, i veinte o mas veces mayor que el del Maipo!

Será posible la existencia de una vertiente semejante?

Escusamos la respuesta.

Pasamos ahora a ocuparnos de la

4.<sup>a</sup> OBJECCION.—*Que no se han observado directamente las presiones del viento.* Efectivamente no se hicieron observaciones directas de la presión del viento, pero sí de la velocidad, deduciendo de ésta, por medio de fórmulas; el valor de dicha presión.

Estimamos que al proceder así se procedió bien. En efecto ¿para qué se necesita conocer con exactitud rigurosa el valor efectivo de la presión del viento?

Para proyectar un puerto, no tiene interés sino el valor relativo para conocer el viento más fuerte o dominante, i nada más. Para la estabilidad de molos i malecones, no necesitamos conocer la presión efectiva del viento, ya que no se toma en cuenta. La altura i dirección de las olas tampoco las determinamos deduciéndola del viento, sino por observación directa, de modo que a nuestro juicio la determinación de las presiones por fórmula en función de la velocidad, observada con anemómetros inscriptores, por ejemplo, satisface completamente las necesidades del proyecto.

5.<sup>a</sup> OBJECCION.—*Se critica el gran cubo de terraplen proyectado para relleno del espacio ganado al mar.*

El señor Casanova, basándose en su experiencia en trabajos de ferrocarriles, en que dice ha hecho con orgullo cortes i terraplenes de 150 000 metro cúbicos, critica el enorme cubo de 2 600 000 metros cúbicos proyectado para San Antonio.

Para contestar, diremos en primer lugar, que no es lógico comparar terraplenes de ferrocarril con terraplenes de obras de puertos; en estos últimos no se tiene otra solución, i en ferrocarriles todos conocemos los medios de evitar los de grandes dimensiones. Por otra parte, el dato de los 150 000 metros cúbicos se refiere sin duda a un corte i terraplen único, i no al total de terraplenes que se ejecutan en un proyecto de ferrocarril cualquiera. Si comparamos ese total, con el total de terraplenes que se harán en el puerto de San Antonio, la cifra no sólo no será elevada, sino que aparecerá vulgar i realizada a menudo.

Ahora, hai otro factor importante que hace este terraplen mucho más realizable que en una obra de ferrocarril, i es el material con que se hará, i el estar todo concentrado i a distancia muy pequeña de acarreo. En efecto, este relleno se proyecta hacerlo, por medio de grandes escavadoras, de las más perfeccionadas, que sacaran la arena de las dunas i echándola en trasportadores continuos va al lugar de su destino. En estas condiciones, su ejecución no tiene nada de extraordinario i por el contrario resultará rápida i sencilla.

El costo total del terraplen, con un precio unitario, muy jeneroso, de \$ 0,80 por metro cúbico, alcanza a 2 037 500.

ULTIMA OBJECCION.—*Que la disposicion de la entrada en el proyecto Vergara*

*Montt i en el ante proyecto Casanova, es mas favorable por su abrigo i por el peligro de embancamiento.*

Hemos probado la imposibilidad de existencia de una vertiente capaz de producir arrastre o socavaciones; por consiguiente, es evidente a nuestro juicio que la existencia de La Poza se debe simplemente a la prolongacion de la quebrada, como lo dice el señor Broekman en su Memoria, la cual no se ha rellenado debido a las velocidades de 0,6 metros por segundo i mas, que la corriente que viene del sur provoca en la curva cóncava de la Poza, velocidades que impiden se deposite la arena arrastrada del banco por la corriente i las olas.

### **Disposicion de la entrada en cuanto a los embancamientos posibles**

Basta ver la ubicacion del molo Broekman, para ver que él arroja la corriente del sur, que contornea la Poza, hácia el noroeste, pasando mas afuera de la punta Centinela i por consiguiente los sedimentos arrastrados por esa corriente, o bien se depositarán al lado afuera del molo, al chocar la corriente con él, o seguirán su camino libremente al norte.

En cambio la ubicacion de la entrada internándola en la Poza como lo hacia el señor Vergara Montt i como lo propone el señor Casanova, tiene el peligro de que la corriente al chocar contra la puntilla del Centinela deposite la arena que arrastra en la boca misma del puerto, embancándola, ya que la supuesta vertiente no arrastrará esa arena.

### **Orientacion de la entrada en cuanto al abrigo de los vientos i de las corrientes**

Aunque ya nos habiamos ocupado de este punto, en nuestra conferencia anterior, lo tocaremos nuevamente por ser de capital importancia.

La primera regla que se dá para ubicar la entrada de un puerto es el colocarla lo mas alejada posible hácia el mar, a fin de que si un buque yerra la maniobra de entrada, cosa mui posible con el mal tiempo i bocas estrechas, no abiertas al viento, pueda virar libremente i no irse sobre la costa.

El proyecto del señor Broekman cumple con esta condiccion, en cambio la ubicacion de la boca al interior de la Poza, espone a un buque que quiera entrar con un viento sur o suroeste fuerte, como los hai en San Antonio, a ser arrojados contra la costa norte.

Ademas la corriente del sur molestaria la entrada en este último caso ayudando al viento a empujar el buque hácia la costa.

En el proyecto que defendemos, un buque al cruzar la boca de entrada está fuera del alcance de la corriente que es arrojada hácia afuera por el molo mismo.

Ademas, la ubicacion de la entrada afuera, tiene la gran ventaja de darnos una superficie de agua considerable, que permita un gran desarrollo futuro, desarrollo que no es posible en los otros anteproyectos por escasez de aguas i de terrenos ganados al mar, como lo veremos luego.

Para terminar con este punto, diremos que a nuestro juicio la entrada está perfectamente ubicada, en vista de las consideraciones espuestas, respecto de las corrientes i vientos reinantes i de la posibilidad de embancamientos. En cuanto al abrigo de los vientos del norte i noroeste, es tambien satisfactorio. Los del norte nada hacen por la natural defensa de la puntilla norte; en cuanto a los del noroeste, provocan olas cuya direccion es una resultante con los vientos del sur que le han precedido casi siempre, i respecto a esa direccion, como se ve en el plano....., la entrada queda abrigada. Ademas, la puntilla tiende a hacer jirar las olas del noroeste sirviendo ella de centro o eje, hácia el oeste o suroeste. Esto es lo que se observa en la práctica.

Queremos suponer todavia, que con un viento noroeste mui persistente se tuviesen olas de esa direccion que entrasen por la boca al antepuerto; lo que no se ha observado. El ensanche que encuentran despues de la entrada, o sea la potencia reductiva del antepuerto, disminuye su altura i fuerza, i no serian peligrosas para la seguridad de los buques. I nótese bien que esto solo podria pasar en unos pocos dias del año i con vientos mui persistentes, lo que ordinariamente no sucede, pues los temporales de ese viento en Valparaíso rara vez pasan de un dia.

Por lo demas, si en el futuro se produjese esa molestia i quisiese evitarse siendo solo unos pocos dias en el año, se podria construir un pequeño molo en la punta norte que dejaria la entrada cubierta a todos los vientos, pero esto solo la observacion posterior podrá demostrar si es necesario o nó ejecutarlo, ya que no serviria a la seguridad de los buques dentro del puerto, que en todo caso queda asegurada con el solo molo proyectado, sino para dar tranquilidad completa en las aguas en unos pocos dias del año en que podria ser alterada, lo que aun no se ha observado.

### Costo del proyecto

Por último, debemos ocuparnos de la cuestion costo.

En nuestra conferencia anterior creemos haber justificado ampliamente la inversion de 17 millones de pesos de oro de 18-d, en las obras de puerto para San Antonio.

En efecto, recordaré solamente que nos resultaba que el puerto con una tarifa de *cuatro pesos* por tonelada, cubria no solo los intereses sino tambien la amortizacion del capital invertido, i si agregamos la economia de fletes por ferrocarril, respecto de

Valparaíso, nos resultaba un costo efectivo de \$ 2,50 por tonelada comparado con este último puerto.

No puede, pues, ser mas satisfactorio el aspecto económico del proyecto. I construido se dispondrá de una vasta superficie de aguas tranquilas que dan márgen ámplio para los ensanches futuros así como tambien se podrá disponer de los terrenos indispensables para ese mayor movimiento.

En cambio, si se construye un puerto pequeño, como los anteproyectos de que ya hemos hablado, a mas de los serios inconvenientes que hemos señalado en la ubicacion de la entrada internada en la Poza, que hacen difícil i peligroso el acceso con vientos del sur i suroeste, o sea los reinantes, i ademas del peligro de embancamiento por los aluviones arrastrados por las olas i corrientes del sur, peligros que no existen en el proyecto Broekman, tienen ademas esos anteproyectos el grave inconveniente de hacer imposible el ensanche futuro del puerto, pues, para hacerlo, habria que construir nuevos rompe-olas mas afuera, quedando los primeros como espigones de atraque defectuosos por su ubicacion i longitud, i en estas condiciones el costo del puerto resultaria excesivo ya que se habian construido dos rompe-olas, que son la parte mas costosa del puerto, en lugar del único con que el proyecto Broekman sirve el presente i el porvenir.

En efecto, realizados los espigones de atraque que el señor Casanova nos propone para el futuro, la superficie de aguas disponibles en las dársenas es de **14** hectáreas, segun resulta de las dimensiones adoptadas. I con 14 hectáreas no pueden servirse mas de:

$$14 \times 100\ 000 = 1\ 400\ 000 \text{ toneladas de registro,}$$

lo que no significa en tonelaje de carga mas de:

**500 000** toneladas anuales.

Es decir que el anteproyecto que el señor Casanova nos propone, da para el futuro capacidad para 500 000 toneladas de carga, tráfico que San Antonio puede alcanzar en cinco o diez años. Llegada esa época habria que construir un nuevo molo mas afuera, i entónces el costo del proyecto seria mui elevado como hemos dicho, ya que equivaldria mas o ménos al proyecto Broekman mas un molo interior perdido i perjudicial para el tráfico dentro del puerto.

Ahora, si consideramos los malecones del mismo anteproyecto en su desarrollo futuro alcanzan a cerca de **2 000** metros, o sea para un movimiento de 1 000 000 a 1 200 000 toneladas de carga, lo que nos está probando tambien que la superficie de

agua encerrada es escasa, necesitándose doble o triple cantidad para poder servir los buques que los malecones admitirian; i esa mayor superficie de agua se consigue precisamente llevando el molo mas afuera, como lo hace el señor Broekman.

---

Otro punto mui digno de tomarse en cuenta es la constitucion jeológica del fondo, pues existe el peligro que al dragar el interior de las dársenas del señor Casanova se dé en roca a poca profuadidad, dada la vecindad de los malecones a la costa.

Los sondajes jeológicos hechas en ella bajo los números VIII, XIII, XIV i XV inmediatos a los malecones, demuestran que la roca se encuentra a 6,50 m como promedio bajo el nivel medio del mar, hallándose solo a 0,50 bajo ese nivel en el sondaje número XIV. No seria pues de estrañarse que la roca impidiese dar por dragaje la profundidad necesaria a dársenas mui apegadas a ta costa como las propone el señor Casanova.

---

En cuanto al costo del anteproyecto propuesto, creemos que será mucho mayor que el indicado por simple estimacion global. La parte mas costosa, o sea el molo de abrigo, deberá fundarse a profundidades de 10 a 11 metros promedio por dragaje previo, i por consiguiente diferirá mui poco del molo Broekman: la superestructura será igual, disminuyendo los enrocados de base.

### Conclusiones

Para terminar, resumiendo nuestras observaciones, diremos:

1.º Que el proyecto Broekman, como lo hemos probado, ha sido perfectamente estudiado durante el año o año i medio en que se hicieron observaciones.

2.º Que la existencia de la vertiente supuesta por el señor Casanova, para producir socavaciones al pie de los enrocados de fundacion, que en ningun caso serian peligrosas, necesitaria un caudal subterráneo de 10 veces el rio Valdivia en su desembocadura, lo que demuestra la imposibilidad de su existencia.

Ademas las observaciones de velocidad de la corriente en la Poza, hechas por el señor Broekman, demuestran que la velocidad va disminuyendo de la superficie al fondo mui rápidamente, lo que tampoco sucederia si la supuesta vertiente existiera.

3.º Que la ubicacion i orientacion de la entrada del proyecto Broekman se justifican plenamente, asegurándose una entrada fácil i segura en todo tiempo i con cualquier viento, pues está bien situada respecto de los vientos, corrientes i embancaamientos posibles.

4.º Que las dimensiones del antepuerto proyectado se justifican ademas de las consideraciones náuticas de que hablamos en nuestra última conferencia, i que son

primordiales, por consideraciones de ensanche futuro que resulta fácil i económico.

5.º Que el costo de 17 millones de pesos, queda perfectamente justificado ya que el puerto servirá ese capital cobrando tarifas mui bajas, como lo demostramos ya.

---

En consecuencia, perfectamente convencidos podemos repetir lo que decíamos al terminar nuestra conferencia anterior, que:

«Nos encontramos en presencia de un proyecto concienzudamente estudiado i habilmente proyectado, i que económica i técnicamente se justifica su realizacion como una obra de verdadera conveniencia nacional.»

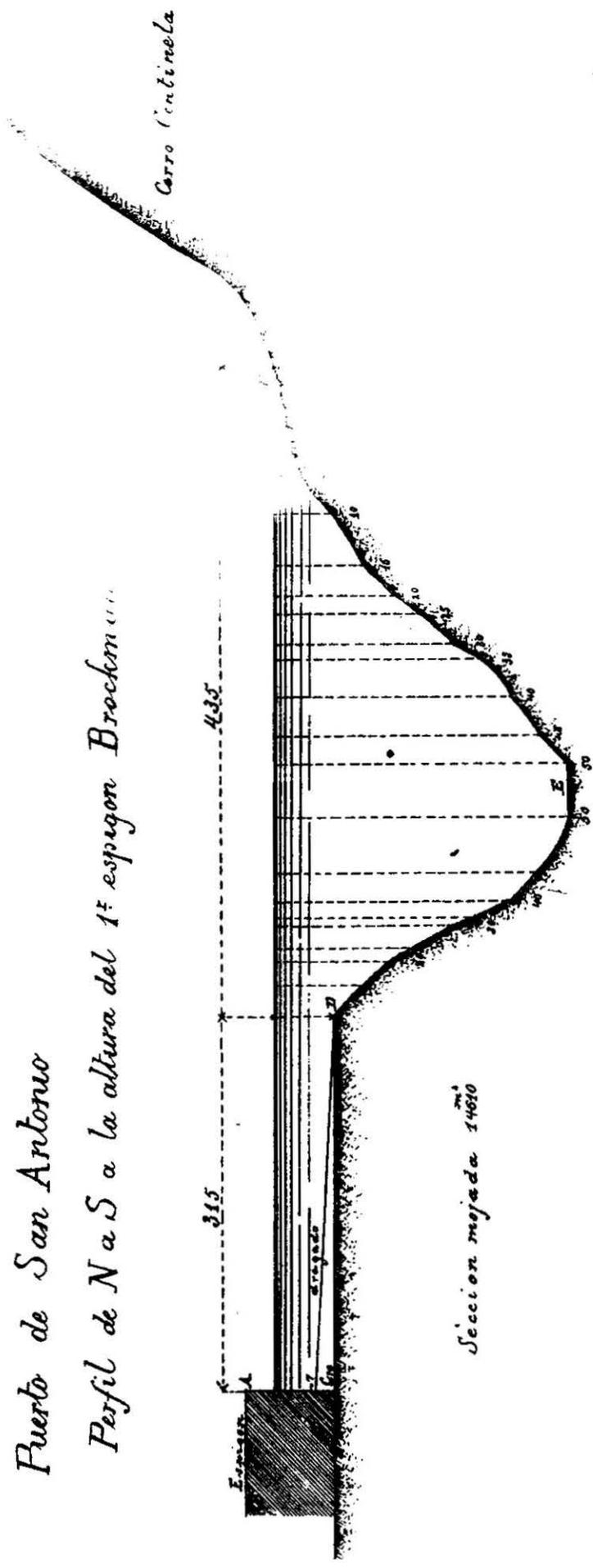
EDUARDO REYES COX,

Ingeniero encargado del estudio del rio Valdivia i puerto de Corral  
Profesor suplente del ramo en la Universidad  
del Estado.

Santiago, Diciembre 16 de 1908.

# Puerto de San Antonio

Perfil de N a S a la altura del 1º esagon Brockmann



Sección mojada 14610 m<sup>2</sup>

W. Velocidad en E necesaria para arrastrar arena

Velocidad media,  $u = 0.49 \text{ mt. x s}$

Velocidad superficial,  $v = 0.55 \text{ mt. x s}$

Gasto necesario,  $Q = 14610 \times 0.49 = 7159 \text{ m}^3$

0.740 . W

*Handwritten signature*