

# El Puerto de Coquimbo

---

CRÍTICA DEL PROYECTO FORMULADO POR DON JULIO E. DELAUNAY I APROBADO  
POR EL CONSEJO DE OBRAS PÚBLICAS

POR

*DOMINGO CASANOVA O.*

La Inspección Jeneral de Hidráulica de la Dirección de Obras Públicas acaba de dar a la publicidad el proyecto de mejoramiento del puerto de Coquimbo, que ha estudiado el ingeniero don Julio E. Delaunay i que fué aprobado por el Consejo de Obras Públicas con fecha 27 de Agosto de 1908.

Con el fin de que en los ANALES de nuestro Instituto quede alguna constancia del nuevo proyecto ; i con el de que se uniforme el criterio de mis consocios, a cuyo cargo estará en un futuro no mui lejano, la dirección de los trabajos hidráulicos marítimos que ayudarán eficazmente a sacar a Chile de la crisis económica en que yace, dándole a cada extremo marítimo de los ferrocarriles transversales los medios de embarque i desembarque de las mercaderías i de protección para las naves, que el comercio reclama urjentemente, me propongo hacer un breve análisis del no ménos breve «estudio técnico» del señor Delaunay, dejando de mano todo lo relativo al «estudio económico i comercial», pues, como ya lo he espresado en otras ocasiones análogas, estimo inoficiosos los cálculos basados en la estadística de los puertos de Chile, estadística que, por lo demas, el señor Delaunay reconoce que es «mui deficiente».

## MAREAS

Principia el «estudio técnico» por un párrafo sobre las «mareas» (de 15 líneas) en el cual se dicen algunas palabras sobre la manera como se procedió a efectuar las observaciones, de media en media hora, tiempo que es demasiado largo para poder

fijar con alguna precision las horas i las alturas de las pleamares i bajamares. Termina reconociendo la concordancia entre lo que pasa en Coquimbo i los datos suministrados por la Oficina Hidrográfica, como tambien con lo aseverado por el señor de Cordemoy, que dice «que en el Pacifico las mareas diurnas son siempre inferiores a las nocturnas».

Me ha llamado la atencion la estremada brevedad con que se han tratado los diversos temas tocados en el-informe del señor Delaunay. En el caso de las mareas, por ejemplo, la concision es tal que no se puede saber cuáles son los datos cuya concordancia se constata. En efecto, ¿cuál es la hora del establecimiento del puerto? ¿cuál la elevacion de las mareas? etc. El informe no lo dice. Para conocer los niveles máximo i mínimo de las aguas es necesario recurrir a la lámina número 8 de las publicadas, donde se puede observar que las pleamares i bajamares de aguas vivas suben o bajan 0,84 m con relacion a la marea media.

En lo que concierne a la cita de la opinion que se atribuye al señor de Cordemoy, me parece que debe haber un error.

Hace dieciocho años atras el señor de Cordemoy fué mi jefe i maestro en materia de estudios de trabajos marítimos, i en los cuatro años que permanecí a sus órdenes observando la costa de Chile, tuve ocasion de imponerme de la circunspeccion con que emitia sus opiniones, evitando darles un carácter absoluto. En las obras didácticas que ha publicado con posterioridad a su residencia en Chile se puede ver que, por el contrario, llama la atencion al peligro que hai en jeneralizar en materia de estudios marítimos. Así, por ejemplo, en la obra titulada *Ports Maritimes*, vol. I, páj. 308, dice: «como en todo lo referente al mar, no hai teoría jeneral posible.»

Me resisto, pues, a creer que sea del señor de Cordemoy la frase en cuestion. En la página 9 del *Estudio relativo a los puertos de Constitucion i Corral*, de dicho especialista, he encontrado citada una opinion del capitan de navío señor Salamanca sobre Constitucion, que dice: «Como en casi toda la costa de Chile, la marea de la mañana es aquí siempre mayor que la de la tarde.» De modo que se puede atribuir a este marino la paternidad de la frase espresada en términos tan absolutos. En la página 57 del mismo «Estudio», el señor de Cordemoy llama ademas la atencion hácia lo que debe entenderse por «dia» i «noche», para que se pueda considerar que las mareas diurnas son menores que las nocturnas en Valdivia i Corral: «el dia se cuenta desde las 8 de la mañana mas o ménos, hasta la 8 de la tarde, i la noche desde las 8 de la tarde hasta las 8 de la mañana.» De modo que se trata de un dia ficticio o convencional para poder englobar en pocas palabras dicha peculiaridad de las mareas. Para llegar a decir que el hecho se verifica «siempre» i en todo el Pacifico, se requieren observaciones numerosísimas, practicadas sistematicamente en puntos que abarquen todo el litoral de dicho océano, observaciones que no han llegado a mi conocimiento i que segun creo no existen.

## PLANO DE COMPARACION

El señor Delaunay ha elegido como plano de comparacion, el nivel medio del mar segun sus observaciones. En otras ocasiones he criticado la seleccion del nivel medio como plano de comparacion para los trabajos marítimos (1), apoyándome en el examen especial que el señor de Cordemoy hizo al respecto (2), examen que lo condujo a la siguiente conclusion: «en Chile se presentan dificultades escepcionales para la determinacion de un nivel medio respecto al cual se pueda estar de acuerdo». Esto proviene de que: «1) hai dos lugares jeométricos de niveles medios, uno para la marea diurna i otro para la marea nocturna; 2) que estos lugares jeométricos son curvas análogas a la de máxima i mínima». Como consecuencia, el señor de Cordemoy recomienda adoptar como plano de comparacion el que pasa por el punto mas bajo observado, en vez del plano que pasa por el nivel medio.

El señor Delaunay salta en seguida bruscamente a tratar otro tema que el del encabezamiento i dice:

«Debo agregar que disponiendo de un plano de la bahía con indicaciones de sondeos, quise comprobar esas cotas i resultaron diferencias mui notables: Parece que el terremoto dió orijen a una gran corriente, que arrastró la arena del fondo, a tal punto que el buque escuela «Abtao» tuvo que alargar las cadenas de sus anclas».

He aquí una afirmacion de gravedad escepcional, que a mi juicio, exijia ser tratada detenidamente por las fatales consecuencias que puede acarrear en las obras. Segun los perfiles publicados con el informe, las obras proyectadas en Coquimbo estarán fundadas en su totalidad sobre esas arenas arrastrables segun el señor Delaunay, i por lo tanto, quedarán espuestas a ser destruidas con uno de los frecuentes sacudones que experimenta la costa de Chile.

Hasta qué punto puede considerarse como posible tan desastrosa consecuencia no es fácil decirlo, ya que el señor Delaunay no agrega una palabra más sobre este tema interesantísimo, que será necesario dilucidar ántes de emprender trabajo alguno en el puerto de Coquimbo.

## VIENTOS, OLAS I CORRIENTES

Acerca de los vientos que soplan en Coquimbo no he encontrado absolutamente nada en el informe del señor Delaunay, a no ser la mencion de dicha palabra en la siguiente frase: «Por vientos del norte se produce un oleaje marcado, que levanta una marejada mas o ménos fuerte».

---

(1) ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE, Febrero 15 de 1904.—El último informe del señor J. Kraus sobre el puerto de Valparaíso.

(2) Estudio relativo a los puertos de Constitucion i Corral. Pájs. 23 i 24.

No hai en el informe un solo cuadro de las observaciones de los vientos. Nada se dice acerca de las direcciones segun las cuales soplan, acerca de la fuerza, de la frecuencia etc., etc.

En cuanto al estudio de las olas, no encuentro citada una sola observacion concreta en apoyo del decir del comandante del «Abtao», cuyo resumen es: que el «oleaje sigue la costa oeste de la bahía en todo el largo de la ciudad, desde la estacion de los ferrocarriles hasta el muelle fiscal. La marejada fué tan fuerte el año pasado, que las cadenas del «Abtao» se rompieron».

¿Cuál es la altura de estas olas? cuál su largo? cuál su frecuencia? cuál su fuerza? etc., etc. No lo dice el informe. De la ruptura de las cadenas del «Abtao» se infiere sin embargo, que en Coquimbo el oleaje no es tan despreciable. Al tratar del molo de abrigo dice ademas el señor Delaunay, que las olas alcanzan al entablado de los muelles, cuya cota es 2,30 m encima del nivel medio. El señor Delaunay termina así: «lo repito, las olas no son comparables a las del puerto de Valparaíso, i no habrá necesidad de proteger el molo con trabajos de gran importancia».

He buscado en el informe dónde ha espresado ántes el señor Delaunay la misma idea que cree repetir, i no he encontrado frase alguna relativa a la comparacion con el puerto de Valparaíso, o bien relativa a la proteccion del molo que proyecta.

Me queda por examinar cómo se han estudiado las corrientes. El informe dice, citando la opinion del comandante de la «Abtao»: «las corrientes llegan a la playa sur, cerca de la quebrada Calebron, donde las olas revientan bastante fuertes, i se produce desde este punto una corriente inversa en la direccion sureste-noroeste, que sigue la costa de Calebron hacia Coquimbo... Cree que para proteger los malecones de la ribera de la ciudad, habrá que desviar la corriente norte-sur, para alejarla de la ribera, i aun estima que seria necesario construir un molo al lado sur.»

Declaro no entender absolutamente el juego de estas corrientes. En efecto, la que va de norte a sur se dice que sigue la ribera; en cuanto a la corriente inversa, se dice que sigue la costa. ¿Estarán superpuestas estas corrientes de sentido opuesto, que siguen la misma trayectoria en plano? El informe no lo dice.

Mas adelante el señor Delaunay agrega: «durante mi permanencia en Coquimbo noté que se producía la corriente norte-sur que ya he mencionado, principalmente en las horas de marea montante. En los trabajos de sondaje jeológicos que se efectuaron, ha sido mui difícil fijar las lanchas i dos veces se cortaron los cordeles de las anclas, a pesar de que el tiempo estaba bueno i soplabá poco viento.»

En esto debe haber evidentemente una confusion del efecto de la corriente norte-sur; con el de la marejada. Si no hai confusion seria imperdonable en un injeniero el no haber arrojado algunos flotadores para medir la velocidad i conocer exactamente la direccion de una corriente tan violenta.

Por lo demas, he buscado inutilmente en el informe esas medidas de velocidad, de direccion etc. de las corrientes en Coquimbo, como tambien su relacion con los vientos i con las mareas.

*Conclusiones.*—Con este encabezamiento dice el señor Delaunay: «de los informes anteriores se desprende la necesidad de construir un molo de protección al lado norte de la bahía, para desviar las corrientes i asegurar de este modo el atraque de los buques.»

Insiste aquí el informe en confundir las corrientes con las marejadas. Cuando, en el párrafo sobre «vientos, olas i corrientes», hace referencia al muelle que se construyó para el ferrocarril, el señor Delaunay espresa claramente que «como la marejada era demasiado fuerte i los barcos corrian el peligro de romperse contra el muelle, esta operacion no se pudo ejecutar», como tampoco en otro muelle que está al sur de la aduana. Luego, es contra la marejada que hai que proteger los malecones i nó contra la corriente.

Sigue el informe con algunos párrafos dedicados a las «espropiaciones» i a la «zona preferible» para ubicar los malecones i pasa a hacer la descripción de las obras proyectadas.

#### MOLO DE ABRIGO

Bajo este título dice el señor Delaunay: «se ha previsto la protección de la dársena por un molo de piedras estraidas de las canteras que se abrirán al norte de la estacion, en el cerro granítico ubicado entre el mar i el camino del faro.

«Este molo empieza en el malecón construido por don Enrique Abbot i se dirige en la dirección sureste, pasando por fondos de 17 metros en un corto trecho, para terminar en fondos de 16 metros mas o menos, con un desarrollo total de 525 metros segun su eje. Su talud exterior irá protegido en toda su longitud por un enrocado de piedras de 400 kilos.» (Fig. 1).

¿Por qué orienta el señor Delaunay hacia el sureste el molo que proyecta? El informe no lo dice.

Voi a examinar si la orientacion elejida se justifica.

Partiré de la base que el propósito que el señor Delaunay tiene en vista no es el de «desviar las corrientes», como dice, sino el de *interceptar la marejada* que llega del norte.

Se sabe que cuando la profundidad del mar pasa de cierto límite con relacion a la altura de las olas, casi no hai traslacion de las moléculas del agua, las que describen órbitas prácticamente cerradas, cuyos diámetros disminuyen con la hondura hasta anularse. Tambien se sabe que cuando la profundidad del mar es inferior al límite en cuestion, las órbitas descritas ya no son cerradas, por lo cual el agua se traslada en masa hacia adelante. Esta traslacion en masa del agua del mar contra una costa, produce las rompientes. Si la costa está orientada en una estension mas o menos larga, de modo que la dirección de las olas le sea proximately paralela, entónces las masas de agua puestas en movimiento son considerables i la fuerza viva que acumulan es inmensa. Al construir en esa costa un molo orientado de modo que no interrumpa el avance de esas masas líquidas no se tendrá aguas tranquilas a su

abrigo, sino aguas agitadas por la fuerza viva que han acumulado en el trayecto de costa que han recorrido anteriormente. Esto es lo que pasará con el molo proyectado en Coquimbo por el señor Delaunay, según se puede ver en el esquisio de la figura 2, donde he tratado de representar aproximadamente la marcha que seguirán las olas. El extremo del molo proyectado servirá como de centro desde donde irradiará el oleaje, llevando en su seno la fuerza viva acumulada, oleaje que no permitirá efectuar los movimientos comerciales con la tranquilidad que debe existir en un puerto artificial correctamente combinado.

Luego la orientacion dada al molo no se justifica.

¿Cuál debe ser entonces esa orientacion?

El señor de Cordemoy nos va a dar la respuesta.

Al formular el proyecto de puerto para Iquique, que presentó al Gobierno en 1896, tuvo que resolver un problema mui análogo para obtener la tranquilidad de las aguas en el canal que proponia abrir a traves del Patilliguaje, en el extremo noreste de la isla Serrano. En las siguientes breves frases da a conocer la solucion (1):

«Para completar la proteccion queda sólo que detener, frente a la entrada del canal de acceso, las olas que pasan por el norte de la isla, siguiendo su costa para romper en el Patilliguaje. Este es el objeto de un rompeolas que deja entre él i la isla un triángulo con su base hácia el exterior. Yo he aplicado esta disposicion con éxito completo en otro puerto. Las olas que entran en el triángulo se quiebran i el mar queda despues tranquilo.»

La figura 3 contiene el plano de la disposicion recomendada por el señor de Cordemoy para Iquique, disposicion que adaptada a Coquimbo, nos conduce a orientar el molo de abrigo, nó hácia el sureste como lo proyecta el señor Delaunay sino proximamente hácia el noreste, es decir, casi a escuadra con el rumbo que ha aprobado el Consejo de Obras Públicas. En la figura 4 he dibujado el molo, tal como debe orientarse a mi juicio.

Mis colegas resolverán si la aplicacion del sistema de un especialista de tan reconocida competencia como el señor de Cordemoy, vale la pena de ser estudiada i contrapuesta a la solucion aprobada por nuestro Consejo de Obras Públicas.

El otro puerto al cual hace referencia el señor de Cordemoy, donde ha obtenido tan buen éxito, es el de San Pedro, en la isla de la Reunion (2).

Con el molo orientado hácia el noreste, ademas de tener aguas tranquilas, se obtendría una economía en el valor de las obras por ejecutar i la ventaja de poder ubicar las vias férreas con curvas de enlace directo, sin el ramal de retroceso que ha proyectado el señor Delaunay en el arranque del molo orientado al sureste. Las maniobras de los trenes a lo largo del malecon del molo se simplificarían grandemente.

---

(1) Estudio relativo a los puertos de Iquique, Pichilemu, Talcahuano e Imperial, páj. 17.

(2) «Memoires de la Société des Ingénieurs Civils». Febrero de 1888.

## MALECONES, DRAGADOS

Trataré en conjunto estos dos temas.

Una vez obtenida la tranquilidad al abrigo del molo orientado hacia el noreste, quedaria por elegir la mejor ubicacion para los malecones. La longitud de ellos depende del tonelaje de las mercaderías que pasan por el puerto, quedando la distancia entre los muros i la ribera actual subordinada a la mayor o menor necesidad que haya de formar nuevos terrenos para las bodegas, las vías férreas etc.

Dada la deficiencia de nuestras estadísticas, que no permiten hacer un análisis siquiera aproximado de las necesidades, doi por sentado que son correctas la longitud i la distancia a la ribera que el señor Delaunay ha proyectado dar a los muros del malecon.

Queda por examinar comparativamente la cota de las fundaciones de los muros que limitarán los malecones, con la cota del plano hasta donde se proyecta dragar.

En cuanto al muro del malecon apoyado en el molo de abrigo, dice el señor Delaunay que «descansará a la cota ( $-8,00$ ) sobre una infraestructura de enrocados». El malecon paraleló a la ribera de la ciudad, se fundará a la misma cota, segun se puede ver en los perfiles publicados, i segun se deduce de la siguiente frase: «ámbos malecones estarán constituidos entre las cotas ( $-8,00$ ) i ( $-0,50$ ) por cuatro filas de bloques artificiales de concreto, que descansarán, ya sobre el fondo de arena previamente dragado, ya sobre una infraestructura de enrocados, por intermedio de una capa de piedras menudas perfectamente emparejadas».

Con respecto a la cota de los dragados, dice el señor Delaunay: «segun los informes relativos al calado de los buques mayores que visitan el puerto, parece suficiente un dragado hasta la cota de 9 metros bajo el nivel medio; pero como resulta mas barato ejecutar los rellenos detras de los malecones con los productos del dragado i nó con piedras, se ha proyectado un dragado hasta la cota de 10 metros bajo ese nivel, a fin de obtener un mayor cubo de arena para el objeto indicado».

Luego, el nivel de las fundaciones de los muros (cota  $-8$  m) estará a dos metros mas arriba que el fondo dragado en el puerto (cota  $-10$  m)

Esta disposicion la juzgo condenable, especialmente si es efectivo que en Coquimbo hai fuertes corrientes marinas que llegan a cortar las amarras de las lanchas, o fuertes corrientes en casos estraordinarios, que arrastran la arena del fondo de toda la bahía, en tales cantidades que obligan a las naves a alargar las cadenas de las anclas, segun lo dice el señor Delaunay. Como mi opinion personal puede no valer gran cosa ante mis colegas, recurriré una vez mas a citar una autoridad incuestionable. Quinette de Rochemont dice: «si el terreno es arrastrable pero no compresible, como la arena, el muro puede colocarse sobre el suelo *a un nivel inferior al del fondo de la dársena*» (1). Este es justamente el caso de Coquimbo i por lo tanto si se draga

(1) Cours de Travaux Maritimes, vol. I, pág. 296.

hasta ménos diez metros, las fundaciones de los muros deben bajarse por lo ménos hasta ese nivel.

Por otra parte conviene tomar en cuenta el progreso siempre creciente en las dimensiones de las naves, incremento que mañana puede exigir una mayor hondura que los ocho metros que el señor Delaunay estima hoy suficientes al pié de los muros. En tal caso habria que calzar el pié de los muros en condiciones de trabajo sumamente incómodas, que harian subir el costo a cifras excesivas.

Hai todavía una circunstancia que, a mi juicio, induce a bajar el nivel de las fundaciones de los muros. Si se examinan los perfiles números III, VII i X, anexos al informe publicado, se verá que la roca se encuentra a pocos decímetros mas abajo de la cota ( $-8,00$  m), por lo cual a poco costo se podria fundar allí directamente sobre ella, sin la capa intermediaria de arena. La estabilidad del muro ganaria inmensamente si se pudiese obtener el mismo resultado en toda su estension, lo que no parece difícil. Bastará multiplicar los sondeos jeológicos i en vista de ellos, se podrá modificar un poco la ubicacion del muro para colocarlo en lo posible a la distancia de la ribera que la roca indique con su presencia a ( $-10$  m) de profundidad, o bien a ( $-9$  m) segun la primera cifra que el señor Delaunay juzgó suficiente para cota de fondo de los dragados.

No seguiré mas adelante en el exámen del proyecto aprobado por el Consejo de Obras Públicas. Con lo espuesto ya, mis colegas podrán formarse un concepto bastante cabal del mérito del informe que he estado analizando.

En resúmen puedo concretar mis ideas así: encuentro deficientes los estudios preliminares del proyecto; el trazado del molo de abrigo no me parece justificado, i en cuanto a la profundidad de las fundaciones de los muros de los malecones no está conforme con las reglas del arte.

Como consecuencia yo no habria firmado ni el «conforme» ni el «V.º B.º» que figuran en el plano de conjunto de las obras, i emplazo ante el Instituto a los ingenieros que pusieron esas firmas para que espliquen las razones mediante las cuales han dado su aprobacion al proyecto que acabo de criticar.

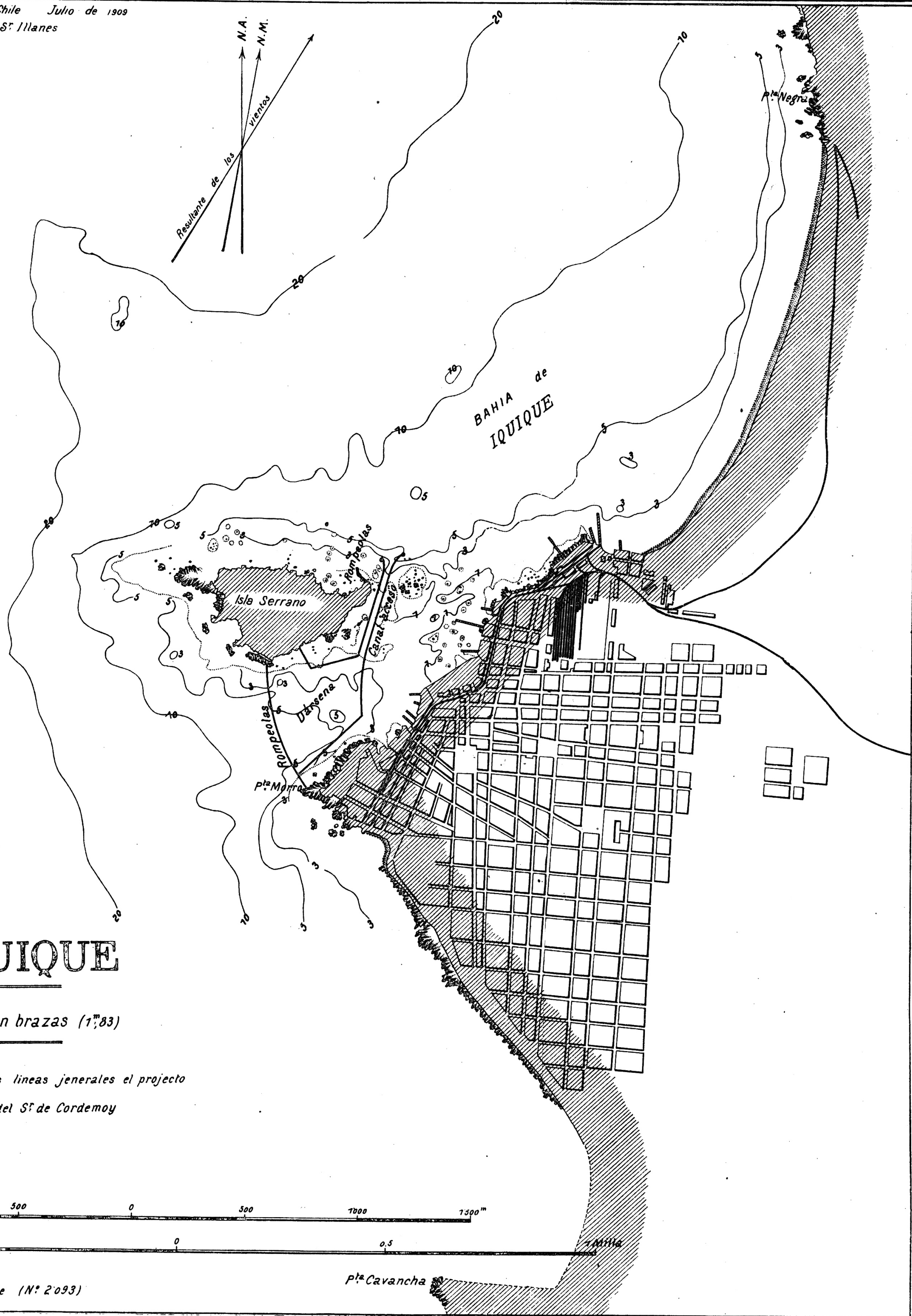
# IQUIQUE

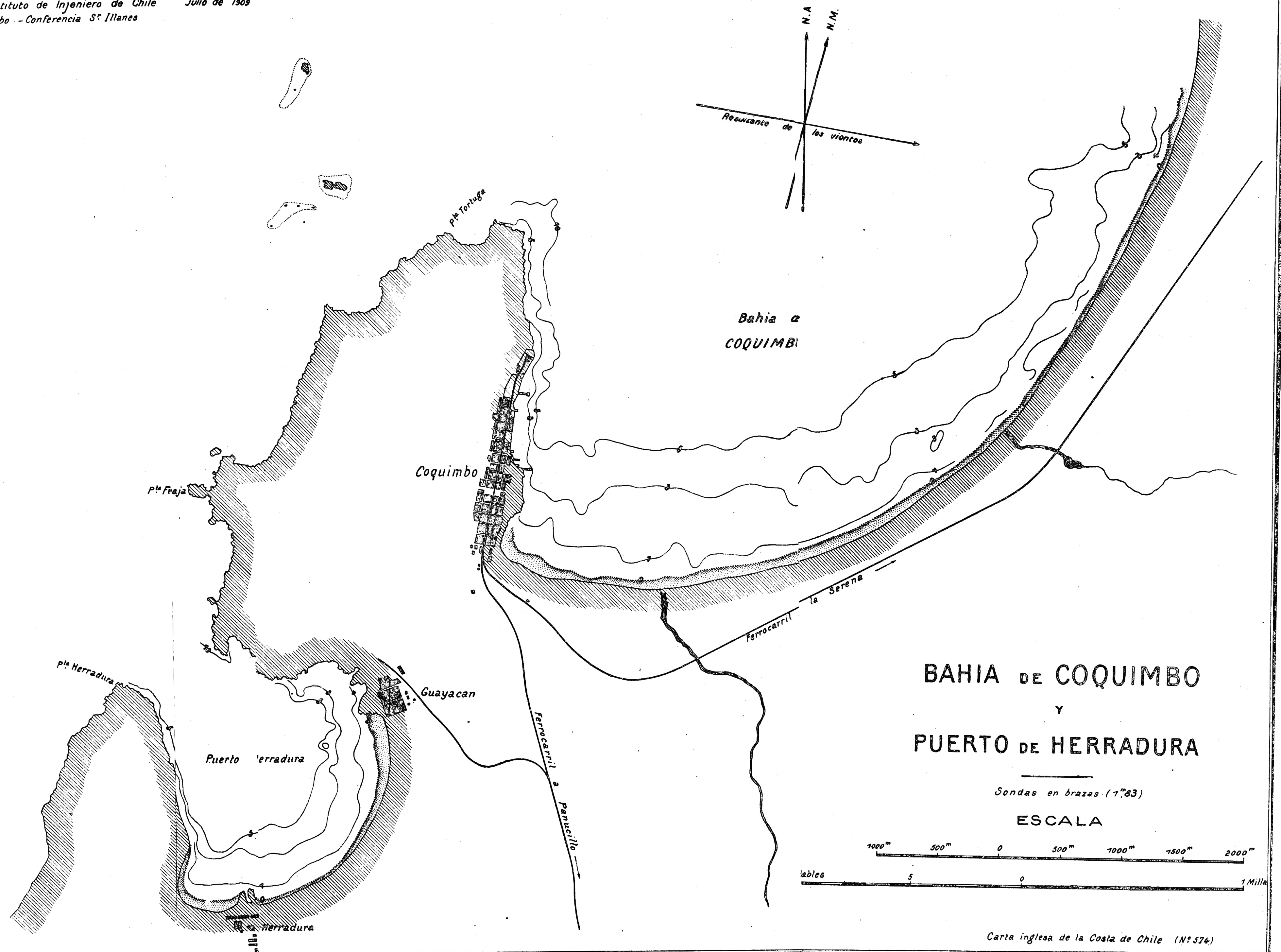
Sondas en brazas (1<sup>m</sup>83)

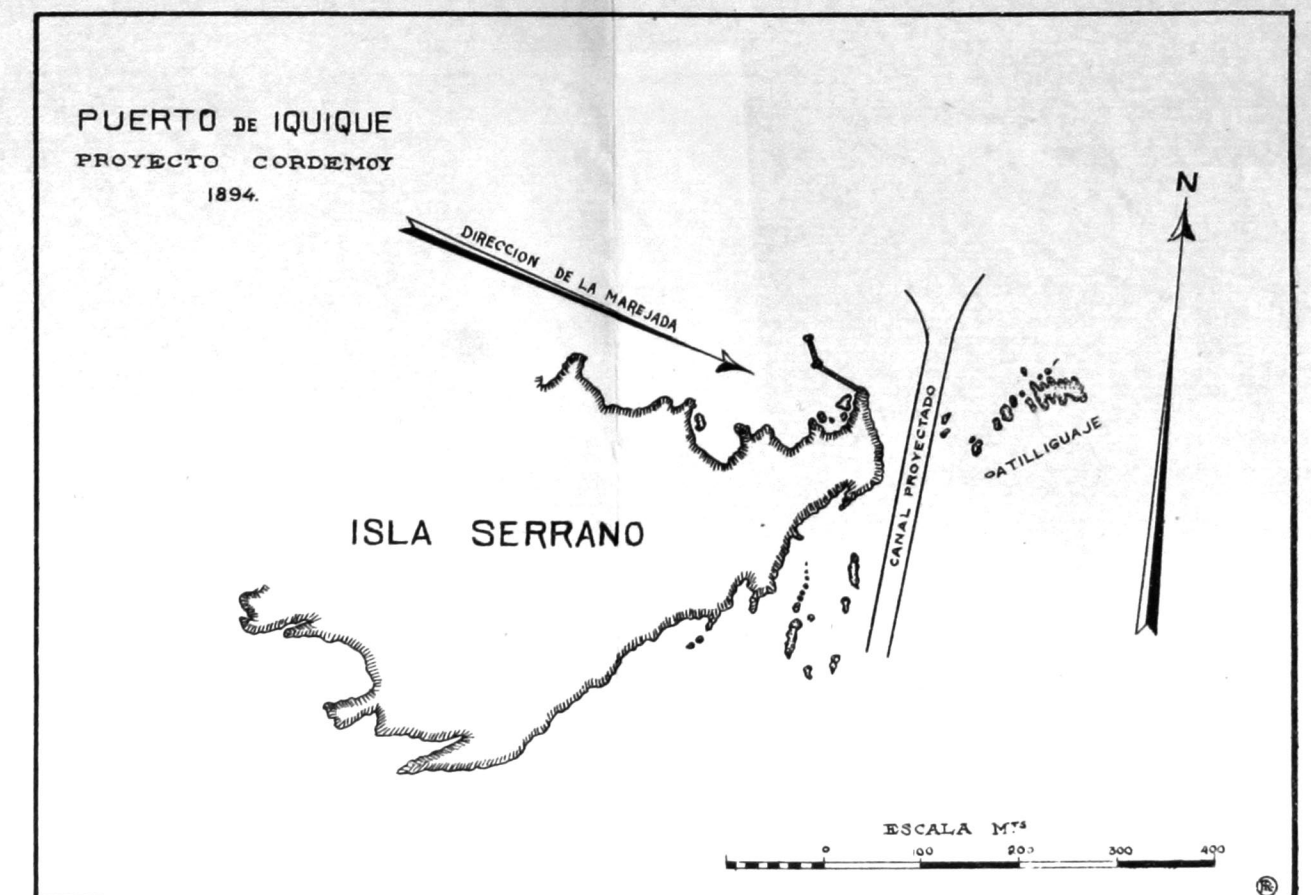
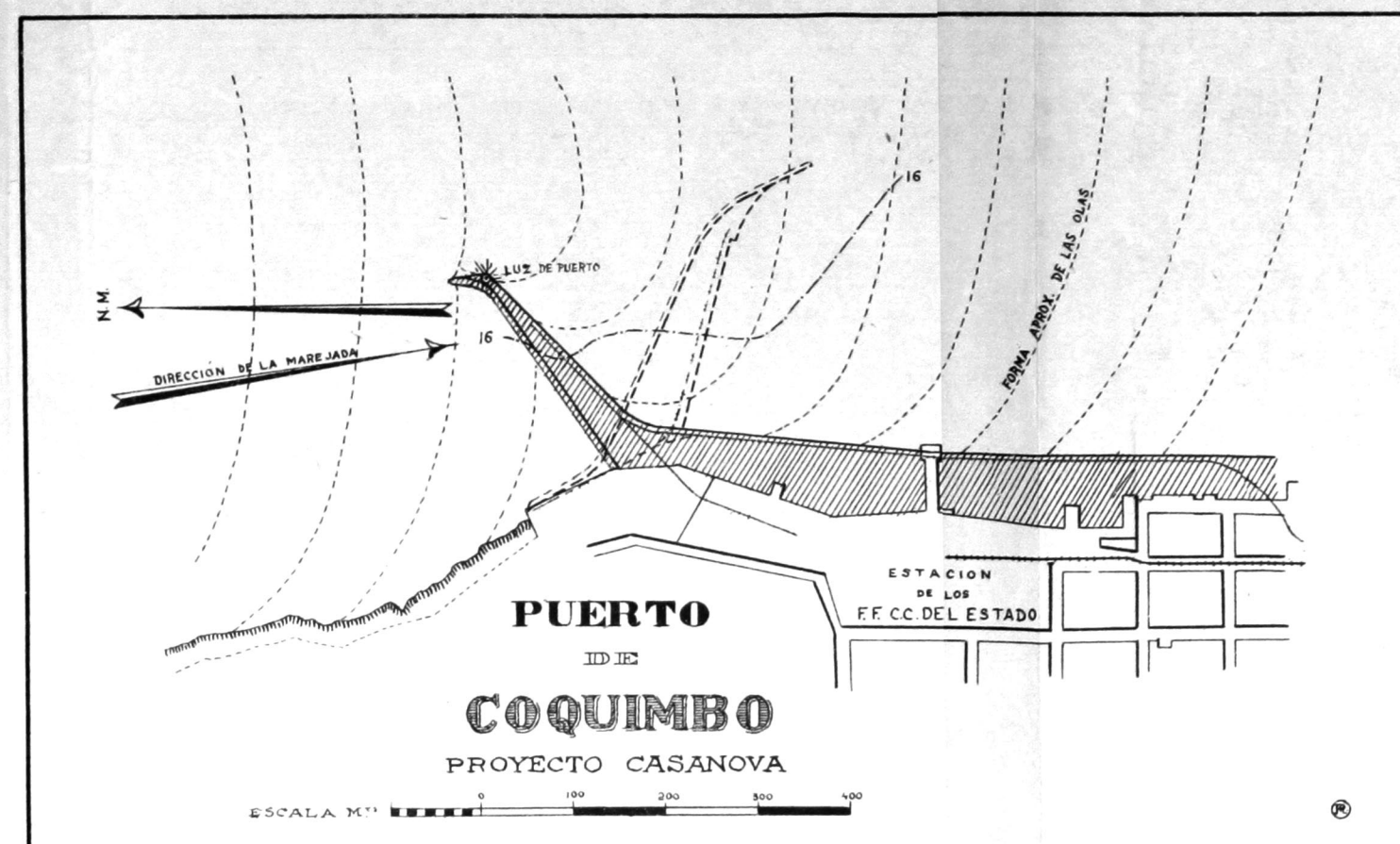
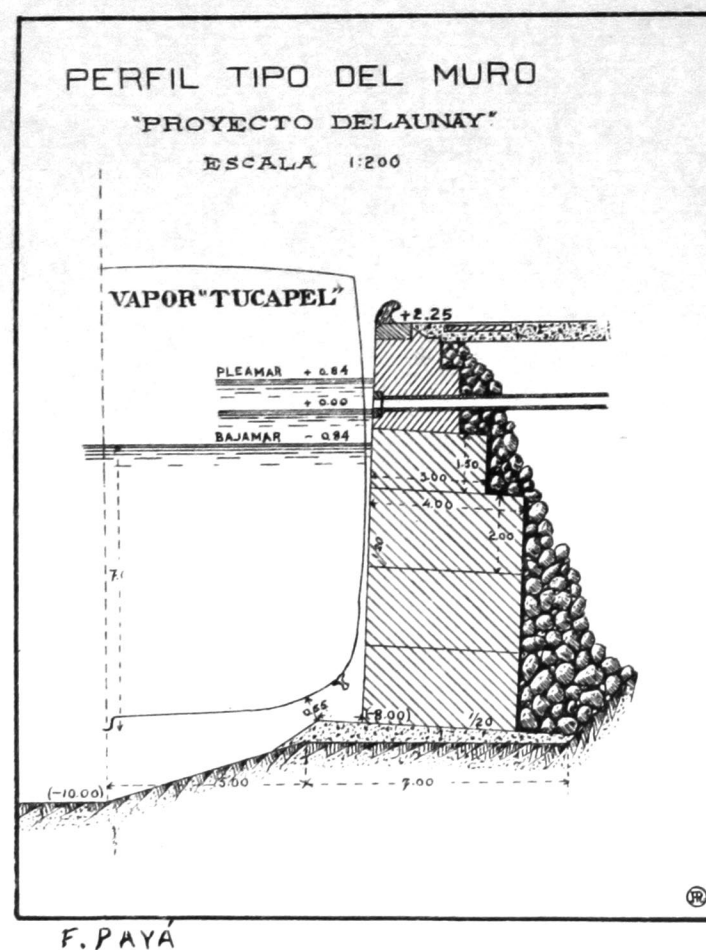
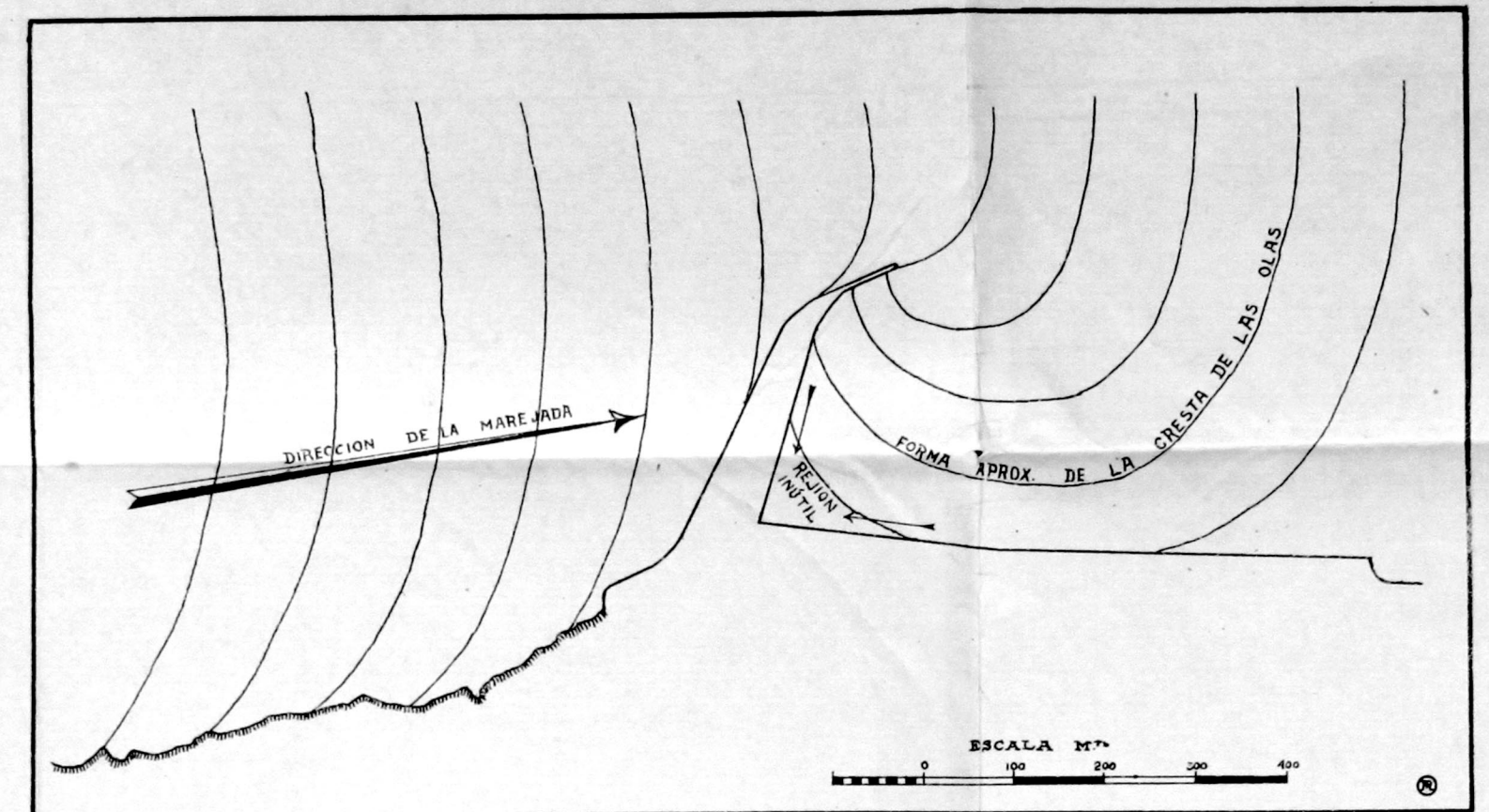
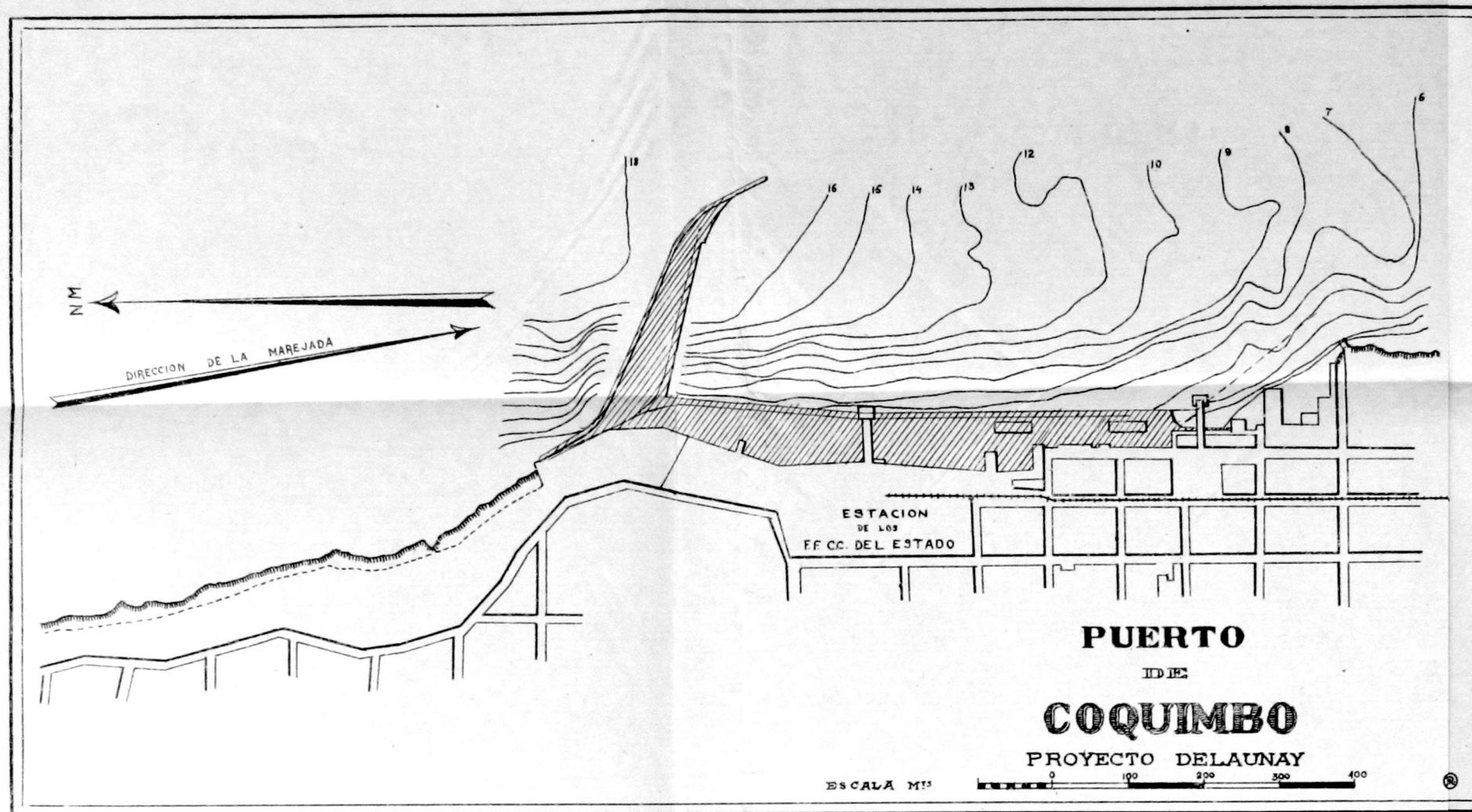
Se ha indicado en sus líneas jenerales el proyecto  
de dársena del S<sup>r</sup> de Cordemoy

1000<sup>m</sup> 500 0 500 1000 1500<sup>m</sup>

10 cables 5 0 0.5 1 milla







Conferencia del Sr. Casanova sobre Coquimbo.