

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente.... Excmo. Sr. D. Eduardo López Navarro, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero de Caminos del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

PUERTO DE TARRAGONA⁽¹⁾

Antecedentes.—Como en Tarragona los temporales dominantes son del primer cuadrante, la obra principal que ha constituido siempre su puerto, desde el tiempo de los romanos, ha consistido en prolongar artificialmente en sentido Norte Sur, una punta natural ya existente en la costa, formando así el dique L, ó de Levante, y quedando comprendido el puerto y la desembocadura del Río Francolí, entre esta prolongación ó dique y la playa de Riu Clá, direcciones ambas remotamente paralelas y separadas cosa de tres kilómetros.

Bien se comprende, que á no concurrir circunstancias especiales, parece que ha de ser por demás perjudicial, que en el espacio que se acaba de indicar, de forma que puede suponerse de paralelógramo, con la costa por el Norte, dique por Oriente, y playa por Occidente, se encuentren reunidos un puerto y la desembocadura de un río cuyos acarrees pueden cegarle, máxime cuando, como en el caso presente ocurre, si dominantes son los Levantes y rumbos inmediatos, los vientos reinantes ó más frecuentes, en especial algunos años, son los Ponientes y Noroestes, que aun cuando por ser muy limitada la línea de agua que recorren, sus marejadas sean más bien superficiales y de teatro, que de fondo, no dejan por eso de contrariar y dificultar grandemente las operaciones mercantiles, y de influir asimismo, sobre todo cuando coinciden con una avenida del río, en la marcha de las aguas turbias de éste; pero esta marcha se verifica (y sobre tal punto llamamos especialmente la atención desde ahora) en el sentido del viento, como viniendo del Oeste ó del Noroeste, pero sin penetrar en el puerto.

Esas circunstancias especiales á que aludimos, que es necesario concurren para que no resulte tan fatal la proximidad de puerto y río, existen en Tarragona, y han sido la causa de que la preocupación que ha dominado después y ha dado motivo á la redacción de los diferentes y numerosos proyectos del dique del Oeste, todos inspirados en la defensa contra los ataques del Francolí, que acometía por Occidente, no apareciera hasta que á mediados del pasado siglo, bastante avanzada ya la construcción del dique de Levante, con más de 600 metros de longitud, el abrigo que llegó á prestar á la costa contra los temporales del primer cuadrante fué tal, que impedía que las marejadas, yendo á chocar contra la desembocadura del río, se llevasen los sedimentos allí depositados hacia la playa de Riu Clá y se advirtió entonces lo que hasta allí, sin duda por no ocurrir, no se había advertido, y era que los arrastres fluviales, defendidos ahora por la prolongación del dique contra los ataques de los Levantes, avanzaban hacia el puerto y aun penetraban en él, amenazando cegarle. De aquí, por una parte, la idea natural de todos los proyectos, que ha persistido

hasta el día, de poner una barrera ó dique entre puerto y río, y de aquí, por otro lado, según el modo de ver del Sr. Elio, que existiendo esos temporales de Levante, capaces de hacer retroceder y llevarse hacia la playa los depósitos del Francolí, pueda afirmarse la existencia de esas especiales circunstancias, que hacen menos perjudicial su situación en las inmediaciones del puerto.

Diferentes proyectos redactados desde 1846 para dique del Oeste.— Como consecuencia de la primera idea de poner entre aquéllos una barrera para librarse de los aterramientos, se propuso en un principio construir un espigón recto en prolongación de la margen izquierda del río, dejando mirara al Sur la boca del puerto, que resultaba estrecho y largo comprendido entre el espigón y el dique L.

La Junta Consultiva encontró inaceptable la orientación de la boca, pues por ella habían de penetrar libremente los Sures é inmediatos, que aunque poco frecuentes como temporal en la localidad, suelen presentarse con gran violencia, y aconsejó nuevo estudio, empleando diques curvos convexos hacia Poniente, y de suerte que la boca del puerto mirara al Noroeste.

Estos estudios, por disposiciones de la Superioridad, se modificaron tres veces, girando cada uno, una cuarta más la boca hacia el Oeste, redactándose luego por D. José Alvarez Núñez, un nuevo proyecto, que fué aprobado, con la boca al Sur, pero en que ampliando notablemente la anchura del puerto, se desviaba de hecho, con las obras propuestas, hacia Poniente, la desembocadura del Francolí.

Contra este trazado, dibujado con boyas sobre el mar, hubo reclamaciones de Prácticos y Comandancia de Marina, y el Jefe de la provincia, Sr. Amado de Lázaro, estudió entonces dos nuevos proyectos, uno con encauzamiento del río, y otro sin él, pero con muy análogo trazado en ambos para el dique del Oeste, que consistía en cuatro alineaciones rectas enlazadas con curvas en los vértices. En dichos proyectos se ampliaba aún mucho más que en el últimamente aprobado la anchura del puerto, conservando la boca al Sur, y temiendo los efectos de las marejadas según esta dirección y sus inmediatas, se propuso dentro del contorno de los diques y frente á la boca, la construcción de un rompeolas.

El proyecto sin desviación del río fué aprobado, acordando la supresión del rompeolas, que debía sustituirse con otra obra, y los trabajos por administración comenzaron.

Para sustitución del rompeolas, y conseguir con más brevedad, aunque en menos escala, los efectos de abrigo esperados del dique del Oeste, se proyectó y fué aprobado y construido, el dique transversal T. Hoja 2.^a Siendo de advertir, como queda dicho, que ya entonces estaba aceptada la boca mirando al Sur, y que á pesar de ello se admitió, se ha construido luego, y en práctica aunque presenta algunos, no ofrece muchos inconvenientes, la boca actual, que ha quedado mirando al Noroeste.

Al presentar después á la Superioridad otros proyectos, en que se trataba del muelle de Costa, ya propuesto por el Sr. Amado de Lázaro; en que se trataba también del muelle que posteriormente se ha transformado en paralelo, y de aumentos de fondo por el dragado, se dispuso que la planta del dique del Oeste, aceptada con anterioridad en el proyecto del Sr. Amado de Lázaro, se regularizase proponiendo los sistemas de diques que debían ocuparla. Este mandato se realizó en efecto, y en 1886 quedó definitivamente aprobada para el dique del Oeste la nueva planta, regularización de la antigua, según el trazado que aparece en las figuras 1.^a y 2.^a, hallándose ya construida con sección trapezoidal y á piedra perdida la alineación primera única cuya construcción

(1) Con objeto de poder expresar con mayor concisión, las ideas que van á seguir referentes á los proyectos de obras exteriores para terminación del puerto de Tarragona, designaremos con solo una letra, mayúscula ó minúscula, según se trate de diques ó muelles, ó de sus extremos ó morros, los que se encuentren ya construidos en dicho puerto, adoptando análoga representación para los mandados construir.

Así, pues, haremos uso de las siguientes notaciones:

Muelle y dique de Levante = L, y su morro provisional = l.

Dique transversal que se utiliza también para descarga de petróleos y explosivos = T, y su morro definitivo de sillera = t.

Muelle de Costa = C.

Muelle paralelo (al de Costa) = P, y su morro = p.

Primera alineación ya construida del dique del Oeste situada á continuación del dique transversal = O, y su único extremo del lado de Poniente = o.

fué autorizada, y faltando para completar lo mandado, proponer los diques que hayan de ocupar las alineaciones 2-3-4-5 6 7.

Tal es el objeto, ó uno de los objetos al menos, del proyecto del Sr. Elio.

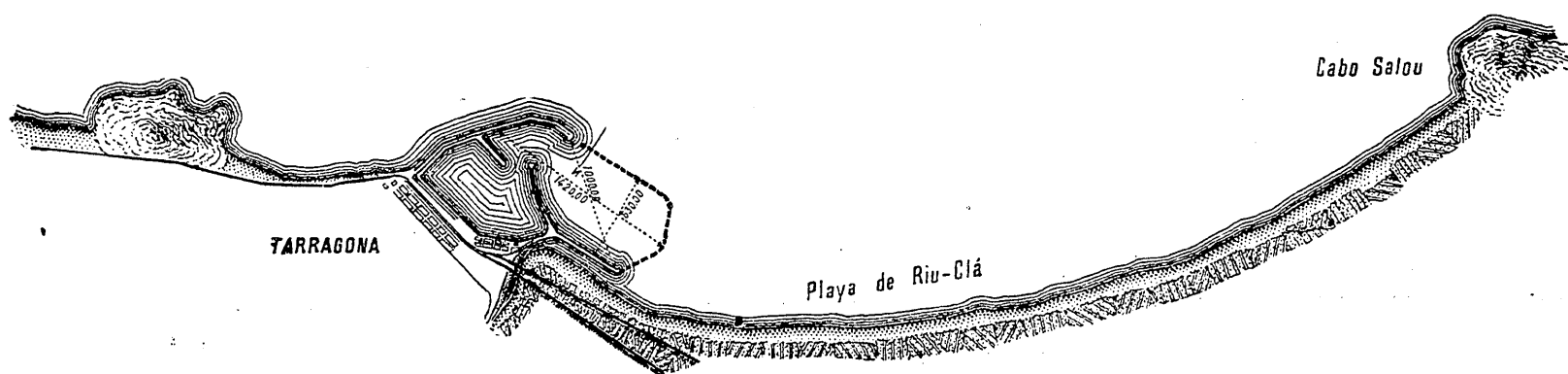
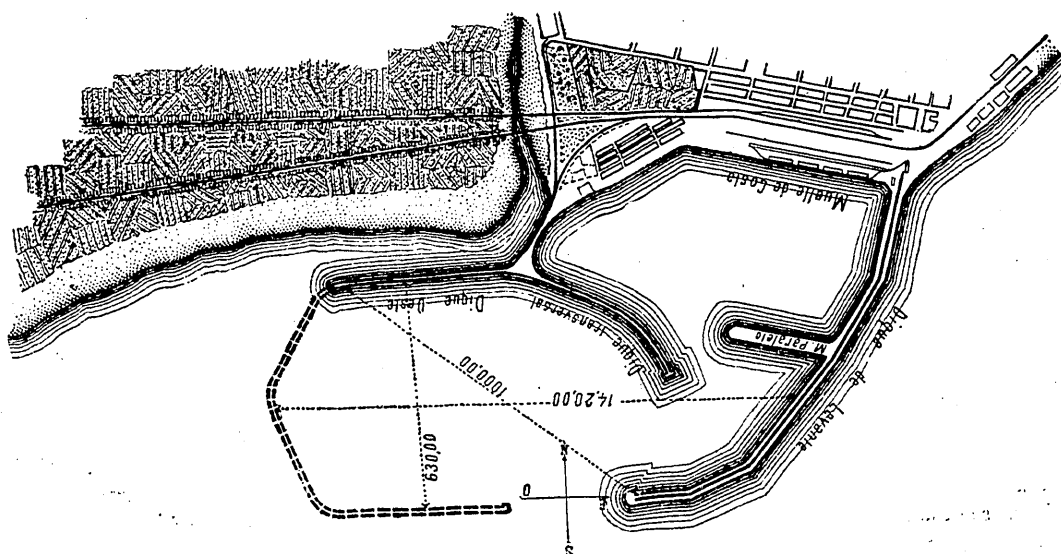


Fig. 1.



(Fig. 2.)

Diferentes diques que pudieran construirse sobre la planta aprobada.—En la propuesta que debe hacerse de sistemas ó secciones de diques, seguimos aceptando para las alineaciones 2 y 3 antes citadas, dique semejante al de la alineación primera antes descrita; de sección trapecial y á piedra perdida, con escolleras clasificadas, y regularizando con grúas la colocación de las piedras en los paramentos; pero el tendido máximo de los taludes de $\frac{1}{4}$, no llega á lo que nos aconseja el deseo, no para la estabilidad de la obra, sino porque si se persiste en la construcción del dique del Oeste, según la dirección hasta ahora aprobada, cuando menos estas tres primeras alineaciones cree el autor del proyecto debieran ser unos verdaderos rompeolas con tendidos de $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{10}$, para ver de evitar, ó amenguar al menos, las resacas por reflexión y fuertes agitaciones que presentimos han de ocurrir en el antepuerto; pero no existiendo ya este tendido en la alineación 1.ª, no cree deba proyectarse ahora para la 2.ª y 3.ª.

Para las demás alineaciones 4 5-6 y 7, partiendo de las enseñanzas y observaciones proporcionadas por la construcción y reparaciones del dique L, propone cuatro soluciones diferentes; las tres primeras son diques mixtos formados por el lado del puerto con bloques artificiales colocados concertadamente, sobre un delgado basamento de escollera menuda y de pesos variables entre 16 y 20 toneladas, bloques que no han de ser movidos por las aguas.

La parte central ó cuerpo del dique, está constituido con escollera á piedra perdida de 3.ª clase; de peso variable entre 100 y 1.000 kilogramos por piedra; y por último, el paramento exterior se forma con dos capas ó mantos, el más profundo de escollera de 2.ª con piedras entre 1.000 y 5.000 kilogramos, y el superficial con piedras de 5.000 kilogramos en adelante. En la zona de mayor deterioro, desde metro y medio sobre el nivel medio del mar, hasta cuatro metros de sonda, proponemos una faja de máxima resistencia constituida siempre con bloques artificiales de unas 40 toneladas, que, según las enseñanzas del dique de Levante, no han de ser removidos.

La manera con que esta zona de bloques se disponga, bien en forma

de enlosado de enormes baldosas con pendiente del $\frac{1}{2}$, como en la solución 1.ª; bien en la de una faja de bloques á granel y siendo de $\frac{1}{4}$ la inclinación del talud del dique; ó, finalmente, constituyendo una especie de gigantesca verdugada de tres hiladas de bloques regularmente colocados, estas tres diferentes disposiciones caracterizan las tres primeras soluciones que proponemos. En todas ellas la parte sumergida que sigue á los bloques, está dispuesta, como antes se ha dicho, con los dos mantos de escollera de 2.ª y 1.ª clase, que, según las experiencias del dique de Levante, ya á las profundidades de tres ó cuatro metros no serán removidas en los temporales. La parte emergente ó superestructura de los diques, que descansa sobre la zona de máxima resistencia, se dispone con talud $\frac{1}{4}$; á semejanza de lo que en el repetido dique del Este viene dando mejor resultado, esto es, conservando las dos capas de escollera de 2.ª y 1.ª antes nombradas y colocando esta última con algún concierto, rellenando además con mampostería ordinaria hidráulica, ó con hormigón, los huecos entre las piedras, para evitar la subpresión, y que al retirarse el oleaje, arrancando algunas del talud, se produzca en éste rápido deterioro.

Estas tres soluciones, añadiendo en todas ellas, la construcción de las alineaciones 2 y 3, importan respectivamente para la contrata, 3.121.631,73 pesetas la solución primera, 3.000.686,81 la segunda y 3.019.065,88 pesetas la tercera.

Como cuarta solución para las indicadas alineaciones 4-5-6 y 7, estudia también un sistema concertado de bloques artificiales de 37 toneladas por el exterior, bloques de 17 toneladas por el interior, y el intermedio relleno con hormigón. Esta solución alcanza para la contrata á 2.505.244,79 pesetas.

Nuevo proyecto de antepuerto.—Con la redacción de los proyectos ligeramente extractados hasta aquí, queda cumplida la disposición superior del año 1886 referente al dique del Oeste del puerto de Tarragona, construido según la planta aprobada, que no era más que una regularización, con algún acortamiento de la propuesta en el proyecto anterior.

En su opinión, de ninguna manera debe procederse así; los arrastres del Francof, que, con los Oestes y Noroestes, son llevados hacia Oriente, y que con los Levantes son barridos hacia la playa, es preciso evitar que los Sures é inmediatos, desde el Sudeste al Sudoeste, penetren en el puerto. Estas marejadas se presentan pocas veces, como antes hemos dicho, en forma de temporal, siendo de ordinario importantes cuando tal ocurre; pero en forma de mar gruesa ó de fondo, y de corriente apenas perceptibles en la superficie á simple vista mientras no haya una observación especial que las acause, existen con fre-

cuencia, sobre todo de Junio á Octubre, y entonces si se encuentran en su camino fangos de río, los introducen hasta los últimos rincones del puerto, de donde no pueden salir sino con el dragado; pero encuentren ó no los indicados fangos, siempre llevan por delante, para cegar el puerto, las menudas arenas de la rada, siendo mucho más temibles estos depósitos que los sedimentos fluviales, pues ha tenido ocasión de ver varias veces, no sólo la proporción en que ambos aparecen, sino que entre dos avenidas del río, esto es, en el intermedio en que no era imputable á su corriente ningún arrastre, las marejadas ó corrientes marítimas entre el Sudeste y Sudoeste, han hecho penetrar á través de la escollera del dique transversal arenas y depósitos que han disminuido en metro, y metro y medio, las profundidades de sonda allí logradas con el dragado. Como, además, en su sentir, casi todas las marejadas del segundo cuadrante, aunque al llegar á la costa tienden á marchar en sentido normal á ella, no dejan por eso de producir corrientes y resacas que como viniendo del Sudeste son capaces de llevar depósitos al puerto, es razonable consecuencia de todo, en su modo de ver, que si por causa de abrigo conviene protegerle de Sudestes á Sudoestes, y esta misma protección la pide aún con más imperiosa voz la necesidad de librarle de acarreo que lo cieguen, debe procurarse utilizar para tal objeto la alineación 7 de la planta aprobada, modificándola como convenga para conseguir el mejor resultado.

Diferentes fines que han de conseguirse con la construcción de la alineación 7.—Esta modificación que ha de afectar á la forma, situación y dimensiones de la citada alineación 7, no ha de obedecer sólo al propósito de abrigar el puerto contra los Sures é inmediatos, y librarle de los acarreo de estos rumbos, que son los que con mayor energía tienden á cegarle, sino que también ha de atenderse, y de modo muy particular, á favorecer el fenómeno natural, de lo que llama el autor bifurcación de la marejada, recogiendo y encauzando con dicha alineación 7 esa rama que va á chocar contra los sedimentos del Francolí y los lleva hacia la playa, sin oponerse tampoco bruscamente, por eso, á la marcha de las demás ondulaciones que siguen la dirección del temporal. A más de las expuestas hasta ahora, deben ser también atendidas otra clase de exigencias.

Reforma del dique de Levante.—Con las nuevas obras que en el puerto se realicen, claro está que, á la vez, ha de procurarse introducir el mayor número y las más importantes mejoras, y suprimir cuantos defectos se pueda, y evidentemente la situación y condiciones que para la alineación 7 se adopten, no pueden ser ajenas ó independientes de estos fines.

Bien se comprende que si las marejadas de Levante contornean en cierto modo el morro *l* hasta el punto de dejar sentir sus efectos á poca distancia á Poniente del otro morro *t*, es natural que las marejadas de rumbos correspondientes al 2.º y 3.º cuadrante, penetren fácilmente en el puerto, y produzcan en él marcada agitación. Así sucede, en efecto, y hasta que el muelle *P* no ha sido construido, en el *C* no atracó en el espacio de seis años ningún barco, por las agitaciones que allí ofrecía el oleaje. Hoy estas agitaciones, que, llevadas por el fenómeno de la reflexión, existen aunque amortiguadas en el muelle de la Costa, se presentan con mayor intensidad ante el paramento Sur del muelle paralelo *P*, y tampoco embarcación alguna se ha sujetado á este muelle en el espacio de cinco años, más que un aviso de la escuadra inglesa, anclada en Salou; y bastante se quejaron, por cierto, por lo que sufrió el barco con la agitación de las aguas. Teniendo estos hechos en cuenta, opina que es de suma conveniencia, y acaso de imprescindible necesidad, llevar el morro *l* más hacia Poniente, de modo que los Sures y hasta los Sudoestes si posible fuera, en dirección tangencial á aquél, vayan á dar en el transversal *T* y á distancia del extremo *t*. Esta distinta posición que indica para el morro *l*, no debe conseguirse prolongando la alineación recta en que se encuentra, tanto porque no lo aconseja lo que en ese sentido sube el fondo del mar, como por lo mal situada que resultaría la boca definida por aquél morro y el morro *t*; y tanto, por último, porque ésta prolongación que no puede estudiarse con independencia, sino que muy al contrario, ha de considerarse ligada y en íntimo enlace con la posición que ocupe la séptima alineación de la planta aprobada (ya que el extremo Oriente de ésta y el morro *l* han de constituir la verdadera entrada del antepuerto) tiene exigencias que precisan en cierto modo cuál debe ser la nueva posición del citado morro.

Nueva orientación de la boca del puerto.—Ahora bien, si como antes se ha dicho, se juzga conveniente librar el antepuerto de Sudestes y Sudoestes por abrigo y para evitar la intrusión de acarreo, y por otro

lado se quiere recoger con facilidad los Levantes para utilizarlos como limpias, y además la navegación, como efectivamente ocurre, se mueve en el ángulo comprendido entre el Nordeste para la que viene de Barcelona y Francia, y el Sur la de Valencia ó Castellón, por el resguardo que ha de dar y el mucho avance que ofrece en Buda la desembocadura del Ebro, todo esto concuerda á su entender, para aconsejar la orientación de la nueva boca mirando próximamente al Nordeste, lo que obliga á correr hacia el Sur la alineación 7 de la planta aprobada.

Para abrigo de los frecuentes Noroestes y Oestes se hace imprescindible construir espigones ó muelles en sentido próximamente Norte Sur. Hemos dicho que los Oestes y Noroestes eran vientos reinantes en la localidad, especialmente algunos años, y que si bien no producían más que mares de teatro, dificultaban y hasta imposibilitaban las operaciones mercantiles, y resulta de hecho, que bastan estos vientos, para no poder utilizar para carga y descarga, ni el paramento Sur del muelle paralelo, ni la alineación tercera del de Levante; además, es un dato de la experiencia del puerto de Tarragona, que desde el momento que alcanza á unos seiscientos metros la línea de agua recorrida por estas agitaciones, su potencia llega á imposibilitar las faenas de carga y descarga; por lo tanto, forzoso es deducir, que para oponerse á estos efectos se hace preciso en el espacio de más de un kilómetro que separa el morro *t* del Transversal, del extremo *o* de la primera alineación del dique del Oeste, construir cuando menos dos espigones ó muelles en dirección próximamente Norte Sur.

Necesidad de otros muelles normales á los de dirección Norte Sur.—Vemos, pues, que unas consideraciones aconsejan llevar hacia el Sur la alineación 7 y combinar su extremo Oriente con la nueva posición del morro *l* para dejar la nueva boca del puerto mirando al Nordeste. Consideraciones de otra clase, hacen ver la conveniencia de trasladar hacia Poniente el citado morro *l*; otras exigencias prescriben la necesidad de construir cuando menos dos espigones ó muelles en dirección próximamente normal á la línea definida por los diques *T* y *O*; se comprende también, por otro lado, que para evitar rompientes y resacas con los Levantes, aquellos muelles no pueden quedar con sus extremos Sures libres y sin relacionarlos no sólo entre sí, con el nuevo morro *l*, y con la posición y forma de la alineación 7.ª, sino que ha de ser preciso combinar todo esto, y además, en sentido próximamente normal á los espigones, y en vez de sus extremos Sures, construir otros muelles para que aquellas marejadas de Levante sean en cierto modo recogidas y encauzadas entre éstos últimos, y la alineación 7.ª robusteciéndola así la corriente natural que ya existe para que consiga aún con mayor intensidad que hoy lo hace, llevarse los sedimentos hacia la costa.

Nuevo proyecto.—Al considerar tan variado y numeroso conjunto de necesidades ó conveniencias, lo primero que asalta es el temor de que sean contradictorias, y por tanto no puedan coexistir; pero un estudio detenido y minucioso convence, afortunadamente, de que en el presente caso, todas las exigencias pueden no sólo ser atendidas, sino que es dable conseguir que se armonicen perfectamente, y coadyuven unas con otras para lograr el resultado final perseguido, como ha de realizarlo el nuevo proyecto del Sr. Elío que está representado en la fig. 4.ª

Planta angular para la alineación 7 del antiguo proyecto que se transforma en el dique Sur del nuevo.—Sólo haremos ligeras indicaciones respecto á la planta angular de la que hasta ahora veníamos llamando alineación 7.ª del proyecto aprobado, que en el nuevo se denomina dique Sur, y á lo que es posible llamen muchos rompeolas; por más que no sea tal su objeto, sino muy al contrario, entiende el que esta obra debe introducir en el régimen de la rada ó pequeño golfo entre el cabo Salou y Tarragona, las menores perturbaciones posibles, conservando al oleaje el estado ondulatorio y no ocasionando en modo alguno rompientes.

(Continuará.)