

A continuación empezamos á publicar una interesante «Nota» que para el Congreso internacional de trabajos marítimos, celebrado en París en el mes de Septiembre de 1889, escribió nuestro distinguido compañero el Ingeniero Jefe D. Rafael Yagüe y Buil, Vicepresidente de dicho Congreso.

NOTA

ACERCA DEL TRAZADO DE DIQUES

EN LOS PUERTOS DEL MEDITERRÁNEO
SITUADOS EN PLAYAS DE ARENA

por

D. RAFAEL YAGÜE Y BUIL

Ingeniero Jefe de Caminos, Canales y Puertos.

PRÓLOGO

Al responder con mi concurso activo á la galante invitación que se me hizo para asistir al Congreso internacional de Obras marítimas, no tengo más pretensión ni otro deseo que llamar la atención de los ilustres y sabios miembros del Congreso sobre ciertos puntos relativos al trazado y construcción de los puertos en playas de arena, particularmente en el Mediterráneo, y procurar que con su indiscutible competencia sancionen y establezcan algunos principios que puedan servir de norma á los Ingenieros encargados de esta clase de trabajos, sin verse obligados, como nos hemos visto muchos, á entresacar lo que hay de exacto, útil y aprovechable en ese cúmulo de teorías, fórmulas y hechos coleccionados sin criterio fijo, que constituían hasta hace pocos años (y temo que aún siga lo mismo), la enseñanza que se daba en la mayor parte de las escuelas especiales respecto al trazado de los puertos y á

las obras que hayan de proyectarse para su establecimiento ó mejora.

Sin ánimo de hacer aquí una crítica, para la que carezco de autoridad, he de recordar lo que, á mi juicio, ha sucedido á casi todos nosotros.

Al estudiar las diversas teorías acerca de las ondulaciones del mar, se discutía con prolijos detalles si el movimiento era simplemente de oscilación, ó si las moléculas recorrían órbitas cerradas, circulares ó elípticas, en el interior de la onda marina; se hacían cálculos y dibujos á fin de estudiar la *epicicloide*, que se decía ser la figura que afectan las olas, las deformaciones de esta curva y su alargamiento ó acortamiento, según las circunstancias; y se examinaban con suma atención todos los datos y todas las hipótesis sobre la velocidad de propagación de las olas, sobre la permanencia ó alteración de su estado ondulatorio y otras mil disquisiciones, que muy rara vez pueden tener aplicación en la práctica.

Respecto á las corrientes, se estudiaban á grandes rasgos las generales; algo mejor las que se observan á lo largo de las costas y en las inmediaciones de los puertos; pero sin dar verdaderas explicaciones racionales de estos fenómenos, que parecían considerarse como enteramente caprichosos, y cuya presencia, reaparición y efectos solo podían apreciarse bien por las observaciones, datos ó informes de los prácticos en cada localidad, y especialmente de los marinos.

En cuanto á los terremotos (aterramientos) tampoco se daba explicación realmente científica; en unos casos se atribuían á la corriente general, si había alguna de esta clase en la costa, ó á las corrientes accidentadas; en otros

se trataba de demostrar que la acción de las olas era la que producía los depósitos de arena y el avance de las playas, y cuando se complicaba el problema por la existencia de algún río ó torrente que desembocaba en las proximidades del puerto, las explicaciones eran tantas y tan contradictorias, que tomaban el carácter de un *rompe-cabezas*.

A estos estudios sobre las causas ó fuerzas, cuyos malos efectos se debían evitar ó atenuar con la construcción de los diques y muelles, seguía el de los puertos ya construidos, mas sin que se llegaran á deducir reglas, ni aun empíricas, para la redacción de los proyectos, porque, ciertamente, en las obras existentes se encuentran todas las disposiciones imaginables. Lo más frecuente es que el puerto esté formado por dos diques, pero no faltan ejemplos de que lo forme un solo dique ó rompeolas. Los diques son rectos, en curva ó mixtos, y en la mayoría de los casos las curvas tienen su convexidad hacia el mar, si bien no faltan ejemplos tampoco de lo contrario. Hay puertos en los cuales los diques avanzan hasta igual distancia de la costa; en otros el dique del lado del viento ó de la corriente se prolonga más y recubre, por decirlo así, la entrada del puerto, y también se encuentra á veces la disposición inversa.

Respecto al perfil transversal de los diques, es tal la variedad de tipos, que puede calificarse de anarquía la que existe. En una misma costa, y sin que haya diferencias marcadas en las condiciones generales, se encuentran puertos, á corta distancia uno de otro, en los que las escolleras tienen taludes muy distintos, pues que presentan base de

uno á ocho metros por un metro de altura. Y si se trata de bloques naturales ó artificiales, las dimensiones varían desde 2 kilogramos de peso hasta 40 y más toneladas, variando también hasta lo infinito la distribución de los bloques en la sección transversal y las alturas del revestimiento exterior, y conveniente es consignar que ha habido éxitos y fracasos para todas las disposiciones de diques, cualquiera que sea su trazado, su perfil y el peso y distribución de las escolleras.

Las observaciones y razonamientos que han conducido á los Ingenieros antiguos y modernos á elegir tan diversas disposiciones, están sepultadas, esta es la frase, en las Memorias oficiales, cuando las hay, lo que no es siempre seguro, sobre todo cuando se trata de puertos cuya construcción es ó ha sido de cuenta de las corporaciones locales ó de sociedades particulares.

Por estas circunstancias no tienen los Ingenieros los elementos indispensables para hacer una sana crítica de los puertos construidos, ni principios generales á que atenerse, análogos á los que hay establecidos para el trazado ó construcción de carreteras, ferrocarriles, canales, puentes, etc., etc., y nada debe extrañarnos el que se haya dicho tantas veces, «Que respecto á puertos, los Ingenieros no saben nada.» — «Que lo mejor es guiarse en cada caso por la opinión de los prácticos de la localidad.» — «Que nunca puede haber seguridades de éxito», — y tantas otras cosas no menos desagradables para los Ingenieros, y perjudiciales, en último término, para los intereses generales de las naciones y del comercio y de la navegación, porque todas esas frases, ó mejor, las ideas que representan, siem-

bran el temor y la desconfianza en todas las Administraciones, y hacen desfallecer el ánimo de los Ingenieros, que no se atreven, en muchas ocasiones, á proponer y sostener con todo el ahinco necesario, soluciones radicales y atrevidas que, en la mayoría de los casos, serían en definitiva las más económicas, aun cuando sus presupuestos fuesen más considerables que los de otras obras, cuya insuficiencia motiva, al fin y al cabo, mayores gastos.

No es tarea de un día, ni de un solo hombre, establecer el orden en el verdadero caos existente; pero creo que ya es tiempo de que cese el fatal sistema de considerar todos los fenómenos del mar, olas, corrientes, temporales, erosiones de las costas, formación y variación de las playas y tantos otros, como hechos capciosos, á veces inexplicables, cuya presencia y efectos en cada punto se ha dicho y repetido que no podían preverse ni apreciarse sino por reseñas y explicaciones completamente empíricas.

Los recientes progresos de la meteorología y de la geografía física del mar, permiten ya establecer algunas leyes acerca del origen y marcha de las tempestades ciclónicas, y sobre la dirección é intensidad de las corrientes generales, y de las secundarias que de éstas se derivan.

Con respecto al origen, propagación y transformaciones de las olas, tanto en alta mar como en las costas y playas, tenemos los estudios del insigne Cialdi, que dan medios de distinguir lo que hay de exacto en las teorías conocidas, y lo que son simples prejuicios; y permiten establecer ciertos principios generales, cuyo desarrollo conducirá seguramente á nuevos adelantos en la

ciencia de la construcción de puertos.

Bosquejar algunos de estos principios generales es el objeto que me he propuesto al escribir esta Nota, en la cual consignaré ciertos hechos observados por mí mismo con la práctica que he tenido ocasión de adquirir en los puertos de Málaga y Gándia, cuyos proyectos redacté y de cuyas obras estuve encargado durante varios años.

La falta de tiempo me obliga á reducir este trabajo al estudio del trazado de los diques en puertos del Mediterráneo que se construyan en playas de arena. Pero aun cuando los límites sean estrechos, tengo la pretensión de creer, pecando acaso de inmodestia, que mis esfuerzos puedan ser útiles, sobre todo, si logro que Ingenieros más competentes emprendan serios estudios en la dirección que me permito señalar como conducente al objeto deseado.

CAPÍTULO PRIMERO

MOVIMIENTOS DEL MAR

INTRODUCCIÓN

No he de ofender la ilustración de los miembros del Congreso haciendo aquí el resumen de las teorías de Cialdi, ó mejor dicho, de las innumerables observaciones hechas y coleccionadas con tanta paciencia y exactitud por este eminente sabio, quien, como resultado de ellas, ha demostrado y establecido, sin que, á mi entender, puedan hacerse objeciones racionales, los hechos capitales del movimiento de traslación del agua en las ondas marinas; de la acción de las olas hasta profundidades para las cuales se negó siempre, sistemáticamente, que pudiera llegar tal acción; de la deformación de las ondas y de la consecuencia inmediata de todos estos hechos esto es, la existencia de

una corriente que acompaña siempre á la ola, corriente que Cialdi llama *fluto-corrente*, y que en francés han denominado *flot-courant*.

Por mi parte me declaro partidario convencido y entusiasta (en las regiones serenas de la ciencia) de las teorías de Cialdi, y aplicándolas á los principios y á las teorías que hemos aprendido y á los hechos que conozco, bien por referencias, bien por observaciones propias, intentaré hacer un resumen de mis ideas acerca de la naturaleza, propagación y transformaciones de las ondas y olas de todas clases, y de sus efectos sobre las playas y en las obras de los puertos, con objeto de deducir de todo ello los principios generales que deben seguirse para el trazado de éstas.

Ya sé, pues conozco mi insuficiencia, que no he de llegar á la solución deseada; pero creo de gran utilidad para todos, Ingenieros y Administraciones, que, como síntesis y complemento de los estudios que se han hecho hasta ahora, este ilustre Congreso estableciese algunos principios generales que puedan servir de punto de partida para estudiar los proyectos de los nuevos puertos y para mejorar los hoy existentes.

Y dicho esto entraré en materia, mas haciendo antes leal protesta de que no pretendo presentar ideas desconocidas ni nuevas teorías. Mi objeto es más modesto, pues se reduce á exponer mis observaciones y criterio respecto á las múltiples cuestiones que hay diseminadas en los libros, referentes á la ciencia del Ingeniero en sus diversas ramas, siendo mi único deseo que personas más competentes realicen esta obra de conjunto, que juzgo indispensable para el progreso de la ciencia.

I

Ondas y olas en alta mar y en las playas.

Empezaremos por el estudio de la onda marina. Dejando aparte los efectos de las mareas, que ya se sabe reconocen por causa la atracción que ejercen sobre el esferoide terrestre los astros, y singularmente la luna y el sol, y no considerando tampoco las ondulaciones del mar originadas por los movimientos mismos, las ondas se producen por la acción del viento sobre la superficie de las aguas, la cual, en virtud de leyes bien conocidas de la hidráulica, tiende á colocarse en posición normal á la resultante de las fuerzas que actúan sobre ella. Sin entrar en el examen y discusión de cómo se forma el primer rizo ó arruga en la superficie del mar, lo cierto es que, continuando la acción del viento, se van formando más y más rizos, sus efectos se acumulan y en poco tiempo se originan ya olas que se propagan progresivamente, según la dirección del viento. Es incuestionable que en tal estado del mar se produce un movimiento alternativo de las moléculas líquidas, en sentido vertical; pero hay además, aun en alta mar, un movimiento de traslación, cuya negación sistemática ha extraviado á veces los razonamientos de sabios notables, dando lugar á muchas confusiones.

Con más ó menos exactitud se ha definido la curva que afecta la ondulación, y se han podido establecer ciertas relaciones entre la altura de las olas y su amplitud y velocidad con que se propagan; pero tales estudios, que indudablemente han sido útiles para la navegación y para la construcción de barcos, han tenido consecuencias perjudi-

ciales para las obras de los puertos.

Los Ingenieros, preocupados con estas sabias disquisiciones, aplicables solamente y en parte cuando la ola no rompe, han procedido por tanteos cuando se trataba de puertos ó playas donde las olas llegan ya rotas, en todos aquellos casos en los que no podía admitirse lo único reconocido como exacto cuando la ola choca contra un obstáculo de paredes casi verticales, es decir, que el efecto es un incremento de presión hidrostática debido al aumento de altura de la ola. Y en los contados ejemplos de obras construidas con paramentos verticales, hasta profundidades tales que la ola no rompía sobre el fondo natural ni contra la obra misma, también se han registrado casos de grandes socavaciones y verdaderos golpes de ariete inverosímiles, que ocasionaron la ruina de las construcciones; han dado lugar estos fenómenos á nuevas hipótesis, tales como la de las olas de fondo, de Emy, y tantas otras, completamente abandonadas hoy.

(Se continuará.)

MOVIMIENTO DEL PERSONAL

OBRAS PÚBLICAS

INGENIEROS

El Ingeniero segundo D. Angel Gómez y Díaz de la Riva, trasladado de la Jefatura de Málaga á la de Sevilla, ha sido destinado á la División de ferrocarriles de Sevilla.

AYUDANTES

Han sido nombrados Ayudantes segundos en propiedad, Oficiales cuartos

de Administración, por haber verificado las prácticas reglamentarias con favorable informe, D. Francisco Temprano y D. Mariano Romera y Ramirez, afectos respectivamente á las Jefaturas de las provincias de León y de Almería.

Ha sido destinado á la Jefatura de la provincia de Cáceres el Ayudante segundo en prácticas, Oficial cuarto de Administración, D. Andrés Suquia y Lopetegui.

SOBREESTANTES

Han sido nombrados Sobrestantes terceros de Obras públicas en prácticas, Oficiales quintos de Administración, en las vacantes ocurridas en esta clase por defunciones de D. José María Garijo y D. Martín Luengo de la Cerda, D. José Santiago y García y D. José Minguell y Soldevila, los cuales han sido destinados respectivamente á las Jefaturas de las provincias de Barcelona y Huesca.

Ha solicitado la vuelta al servicio del Estado, el Sobrestante tercero de Obras públicas, en prácticas, Oficial quinto de Administración, D. Rogelio Cañas Durán.

TORREROS

Se ha concedido licencia ilimitada al Torrero tercero electo para el faro de la isla de Ons (Pontevedra) D. Enrique Oliver y González, en cuya vacante corresponderá ingresar al aspirante que ocupa el primer lugar entre los que se hallan en expectación de ingreso.

Se ha concedido un mes de licencia para que pueda atender al restablecimiento de su salud al Torrero segundo que sirve en el faro de Maspalomas (Gran Canaria), D. Fernando Rancel Marrero.

IMPRENTA DE GREGORIO JUSTE

Pizarro, 15, bajo.