

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

## BOLETIN

AÑO DE 1895.

Madrid 20 de Mayo.

Núm. 14.

### 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.

(Continuación.)

Ocioso es advertir que son muy raros los casos en que las olas atacan normalmente á la costa ó le son exactamente paralelas, pues cualquier irregularidad de ésta, por pequeña que sea, ó las circunstancias de altura ú orientación de las montañas próximas, que modifican el sentido de los vientos, determinan siempre una dirección de menor resistencia, que es en definitiva la que siguen las ondulaciones, las olas y los terromonteros; dirección que, como ya hemos dicho, muy rara vez resulta normal ó paralela á la costa. Si nos hemos ocupado aisladamente de los efectos en estos dos casos extremos, ha sido con objeto de hacer más clara la explicación, examinando por separado las acciones de las dos componentes (si así puede decirse) del movimiento de las olas.

En, resumen, resulta de lo expuesto hasta aquí que todo temporal origi-

na en la playa los siguientes fenómenos:

1.º Socavaciones y aumento de profundidad de la playa submarina en las proximidades de la costa. Efectos producidos en su mayor parte por la componente normal á ésta, y á los que contribuye también algo la componente paralela.

2.º Elevación de la playa respecto al nivel ordinario del mar, lo que se debe al depósito de los acarreos levantados por la componente normal.

3.º Marcha en zic-zás de los terromonteros, á causa de la rotura de las olas y de su descenso por la playa.

4.º Corriente paralela á la costa en el sentido de sotavento, debida á la componente en esta dirección de la fuerza de las ondas, y que sirve para dar salida á las aguas transportadas por las olas desde alta mar.

Después del temporal, cuando la calma se restablece, queda únicamente un pequeño avance de la playa que conserva su pendiente primitiva, que podríamos llamar pendiente de equilibrio.

En todo lo que antecede, hemos hablado de elevación de la playa y del transporte y depósito de terromonteros, y puede preguntarse: ¿De dónde proceden los materiales que reemplazan á los que son arrancados y arrastrados,

siendo así que las playas no solo conservan un perfil constante, sino que en general avanzan?

Pues bien, esos materiales provienen de la erosión de las partes salientes de la costa y de los desprendimientos de ésta, de los sedimentos suministrados por los afluentes terrestres, y, en fin, de los restos y despojos de los seres orgánicos que, en número verdaderamente inconcebible, habitan en el mar.

Esta última causa de depósitos en el mar es poco conocida de los Ingenieros, rara vez afectos á estudios zoológicos; pero no puede negarse la influencia que tiene, y que ha sido comprobada por las observaciones de sabios eminentes, examinando detenidamente al microscopio las arenas de las playas.

Para que se pueda apreciar bien la importante cantidad que representan estos detritus de origen orgánico, copiaré aquí las cifras siguientes, dadas por Cialdi:

| ATERRAMIENTOS PRODUCIDOS                     | En el<br>Medite-<br>rráneo. | En el<br>Adriático. |
|----------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1.º Por los afluentes<br>terrestres. . . . . | 30                          | 35                  |
| 2.º Por la erosión<br>de las costas. . . .   | 20                          | 5                   |
| 3.º Por los cuerpos<br>orgánicos. . . . .    | 50                          | 60                  |
|                                              | 100                         | 100                 |

Además de la importancia que bajo el punto de vista científico pueda tener este origen orgánico de las playas, para explicar su naturaleza caliza, aun en aquellas costas donde no se encuentran formaciones de esta clase, el hecho tie-

ne grandísimo interés para los Ingenieros cuando se trata de determinar la procedencia de los terremotos de un puerto. El examen microscópico hecho por personas competentes, dará medios de averiguar si los tales terremotos son debidos á la acción de las olas y las corrientes de oleaje (*fluto-corrientes*), que son su consecuencia, ó si tienen por origen los afluentes terrestres, á los cuales se achaca casi siempre el enarenamiento de los puertos.

Para terminar este estudio de los terremotos y sus causas, diremos algo ahora de los afluentes terrestres.

Un río ó un torrente A (fig. 12.ª) encajado entre dos márgenes resistentes naturales ó artificiales, que desemboca en un mar completamente tranquilo, forma con los sedimentos ordinarios, y sobre todo con los arrastrados en las crecidas, un cono de deyección tal como se ha dibujado en la figura, es decir, recto.

Pero este caso hipotético no se presenta nunca en la realidad. La costa está siempre batida por las olas, y si suponemos que las correspondientes á los temporales reinantes en la localidad tengan la dirección marcada en la figura 13, es indudable, y así lo demuestran numerosos ejemplos, que el cono de deyección toma la forma inclinada que representa el dibujo, y hasta se observa el socavón BCD producido por la corriente (*fluto-corrente*) que acompaña á las olas.

Por último, advertiremos también que el supuesto de márgenes fuertes é inatacables es cosa muy excepcional; de ordinario, los ríos ó torrentes desembocan en el mar atravesando grandes extensiones de playa formada poco á poco, y de la que ha ido constituyendo

parte paulatinamente el mismo cono de deyección, y por tanto, la disposición de su desembocadura viene á ser la indicada con líneas de puntos en la figura 13.<sup>a</sup> (1)

## II

**Influencia de las obras de los puertos sobre la marcha y depósito de los terromonteros.**

En párrafos anteriores hemos estudiado las olas, su propagación y las transformaciones que experimentan cuando encuentran en su camino obstáculos naturales ó artificiales.

Después hemos examinado la procedencia y marcha de los terromonteros en las orillas del mar, y vamos ahora á ocuparnos de los efectos que los diques ejercen en la marcha y depósito de estos terromonteros, teniendo muy en cuenta la acción de aquéllos sobre las olas y corrientes que acompañan á éstas.

Sea una playa MN (fig. 14.<sup>a</sup>), á la cual los temporales llegan en la dirección oblicua señalada en el dibujo; para abrigar el espacio P, destinado al puerto, se quiere construir un dique ABC, cuya primera parte AB, supondremos recta y normal á la costa (como es lo más frecuente en la práctica). Veamos en este caso cuál será la marcha de los terromonteros que, según queda dicho anteriormente, recorren la playa en el sentido de M á N, tanto en la parte emergente como en la sumergida.

A primera vista parecerá que, de-

tenidos los terromonteros en su camino, se depositarán en el rincón T (figura 15), formado por la costa y el dique; pero sucede precisamente todo lo contrario. La masa de agua, que es mucho mayor que la de los materiales por ella acarreados, se encuentra también detenida por el obstáculo; busca salida, y la toma deslizándose á lo largo del dique, arrastrando consigo los terromonteros y socavando además el fondo al pie del dique.

Y no se crea que esto es una hipótesis, nada eso: la fig. 16.<sup>a</sup> es un perfil levantado por mí mismo en el puerto de Gandía, y que demuestra de un modo incontestable la existencia del hueco abierto por la corriente al pie del dique en construcción.

Comprobado este extremo, continuemos estudiando la marcha de la corriente. Al llegar ésta á la terminación del dique, encuentra la corriente de oleaje F (*fluto-corrente*) (fig. 17.<sup>a</sup>) que, como ya sabemos, arrastra, á su vez, gran cantidad de materiales. Ambas corrientes chocan bajo un ángulo muy abierto; se forma un remolino, hay pérdida de velocidades absolutas y relativas, correspondientes á los diversos filetes líquidos, y, como consecuencia inmediata, se produce el depósito de materiales, formándose el banco L, que al calmar el temporal, se encuentra situado precisamente delante de la parte construida del dique. Semejante fenómeno he tenido ocasión de observarle repetidas veces en las obras del puerto de Gandía: al reanudar los trabajos después de un temporal, hallábamos terromonteros en la punta del dique, y que las escolleras habían desaparecido de allí; y como no pudimos encontrar los materiales que las formaban, fuera

(1) N. del A.—A los que quieran estudiar con detalles estos conos de deyección, que se denominan *barras* cuando están á la desembocadura de los ríos, nos permitimos recomendarles el libro de Mr. Surell *Etudes sur les torrents de Hauts-Alpes* y el de Mr. Breton, ya citado, *Etude d'un système général de défense contre les torrents*.

del sitio donde se habían vertido, supuse, creo con razón, que la escollera quedó enterrada en las socavaciones producidas por la acción directa de las olas, y recubierta después por las arenas del banco L.

Además de estos hechos que me sorprendieron, lo confieso, pero que pude explicarme fácilmente, como dejo indicado, he observado otros durante la construcción del dicho puerto de Gandía.

Cuando el dique AB tenía una longitud de 200 metros (1), las olas ordinarias ó de los tiempos medios, cuando llegaban á su extremidad, se reflejaban abriéndose en abanico, y producían una ola secundaria en la dirección marcada con líneas de puntos (fig. 17.<sup>a</sup>); esta ola, siguiendo las leyes no digo establecidas, sino simplemente expuestas más arriba, ocasionaba un importante terromontero Q, que se extendía por toda la playa destinada al futuro puerto. Como esta ola, que marcha, se puede decir, en sentido contrario de la principal, no viene de alta mar, la cantidad de agua transportada es relativamente pequeña; y, por esto, indudablemente, no se encuentra por este lado la corriente observada del lado del viento, ó al menos si la hay, es muy pequeña.

Desde que dejé la dirección de las obras del puerto de Málaga, no he seguido con atención la marcha de las cosas allí; pero sé que también se ha manifestado en los últimos años un enorme aumento de terromonteros en la playa de la «Pescadería» y en el puerto, precisamente en el espacio abrigado por el dique Este, que avanza unos 400 metros en línea recta y dirección oblicua á la de los temporales.

Como estas observaciones confirman lo que venimos diciendo á propósito de los terromonteros, me ha parecido oportuno consignarlas aquí.

De lo expuesto hasta ahora se deduce, que la construcción de la primera parte del dique tiene, por consecuencia inmediata, producir terromonteros á sotavento de aquél, precisamente en el sitio destinado á puerto; lo cual origina un aumento en el dragado que de ordinario hay que hacer para tener suficiente calado en el puerto ó antepuerto. Se debe, pues, comenzar simultáneamente la construcción de los dos diques, para que los terromonteros vayan á depositarse al abrigo del contra-dique, y fuera del puerto, como ya explicaremos más adelante.

Y dicho esto, expondré otras observaciones que he hecho en el puerto de Gandía. Pasado el temporal, empiezan á reinar los vientos del segundo cuadrante, que allí tienen, en general, poca intensidad; las olas que se forman se van abriendo hacia el lado Norte del dique en construcción, tomando casi la misma dirección que las de temporales, pero sin transporte apreciable de agua, y, por tanto, sin ocasionar más que un pequeño terromontero T en el arranque del dique, con la forma curvilínea y alargada que se ve en la fig. 17.<sup>a</sup>, y con esto doy por terminado el estudio de los efectos que produce en la marcha y depósito de los terromonteros, la parte recta del dique ABC de la fig. 14.<sup>a</sup>, y pasaremos, ahora, al examen de lo que ocurrirá con dichos materiales, una vez terminada la construcción del dique.

En este caso, según se dijo antes y está representado en la fig. 2.<sup>a</sup>, el efecto de la parte BC, sobre la dirección de las olas, será inclinarla hacia la línea

(1) N. del A. — En la actualidad mide 340 metros.

normal ó la parte AB, y, por tanto, el transporte en zig-zás á lo largo de la playa disminuirá y aumentarán los efectos perpendiculares á ella, indicados en las figs. 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup>. El terromontero T tomará la forma curvilínea y alargada de la fig. 18.<sup>a</sup>; y esto mismo puede observarse en casi todos los puertos construidos, en los cuales las playas del lado del viento tienen, casi siempre, la forma indicada.

Las aguas que van llegando al rincón T dan lugar á una corriente que, obedeciendo á las mismas leyes que las otras, sigue á lo largo del dique en la dirección BC y encuentra á la corriente de oleaje F', producida por las olas bajo un ángulo más ó menos agudo, por lo cual ni hay choque entre las olas, ni pérdidas sensibles de velocidad, ni el depósito de acarreo, que sería la consecuencia inmediata.

Por lo que se refiere á la navegación, este juego de corrientes es sumamente provechoso, puesto que la ligera desviación de la corriente F hacia el mar hace que los buques, al tomar el puerto, no estén tan expuestos á ser lanzados contra la cabeza ó extremidad del dique.

Tales son los efectos producidos del lado del viento sobre la marcha y depósito de los terromonteros cuando existe un dique que, arrancando de la costa en recta de mayor ó menor longitud, se prolonga en curva para tomar una dirección normal á la de los temporales.

Ya hemos visto que en todos los casos, y sin que haya medios de evitarlo, se forma una playa en el arranque del dique del lado del viento; esta playa va creciendo siempre, como puede observarse, en todos los puertos, y

acaba más pronto ó más tarde por llegar hasta la extremidad del dique, en cuyo caso se hace indispensable la prolongación de éste. Semejante fenómeno no debe sorprendernos, pues es de todos conocido que las playas avanzan continuamente, y por nuestra parte hemos procurado explicar cómo y por qué sucede esto, en virtud de leyes generales cuyos efectos no pueden impedirse. No es lógico, por lo tanto, pretender que, precisamente cuando se alteran las condiciones de la costa con la construcción de los diques, vayan á desaparecer los terromonteros que determinan el avance de las playas, y con mayor razón si se tiene en cuenta que los acarreo proceden ordinariamente de puntos de la costa muy distantes del puerto, en los cuales no es posible que se hagan sentir los efectos de las obras que se construyan para formar el espacio abrigado.

(Se continuará.)

## ROTURA DE PUENTES METÁLICOS

(DEL BOLETÍN DE LA SOCIEDAD DE INGENIEROS CIVILES DE FRANCIA)

Mr. Ed. Elskes, Ingeniero de Puentes metálicos de la Compañía de los Caminos de hierro del Jura-Simplón, ha publicado en el *Boletín de la Sociedad Bávara de Ingenieros y Arquitectos*, un interesantísimo estudio histórico y estadístico sobre la rotura de los puentes metálicos.

El autor hace observar, primeramente, que después de los accidentes memorables, se han marcado siempre dos corrientes, en lo que se refiere á la