

a ellas se alcanza a tener una vista de conjunto sobre los temas que han sido estudiados, de aquellos que admitan una ampliación y de aquellos otros que aun no han sido ni tan siquiera esbozados.

## Bibliografía

*CORRIENTES Y TRANSPORTES DE ARENA ORIGINADOS POR EL OLEAJE*, por D. Ramón Iribarren Cabanilles, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.—Asociación Española para el Progreso de las Ciencias.—XIX Congreso.—San Sebastián, 1947.—Páginas 335-393.

Con el título del epígrafe, este culto ingeniero presentó en el último Congreso de la "Asociación Española para el Progreso de las Ciencias", celebrado en San Sebastián, un interesante trabajo, el cual ha sido publicado recientemente en la obra citada. Comienza el autor advirtiendo que, aunque su estudio tiene carácter general, se refiere principalmente a los movimientos y transportes de arenas en las ensenadas o bahías donde desembocan las rías de la región vasco-cantábrica. Que dentro de éstas y dada su orientación, los temporales del Noroeste acumulan las aguas en las partes más expuestas a esta dirección, o sea en las zonas Este y Sudeste y elevando por consiguiente su nivel medio en mayor proporción que en las zonas Oeste y Suroeste, menos expuestas a la acción de los citados vientos o temporales. Esta diferencia de nivel de aguas originada por el oleaje, causa una importante corriente de dirección Este a Oeste, la cual origina en el fondo de estas bahías o ensenadas un arrastre de arenas en la misma dirección.

Aunque el Sr. Iribarren reconoce que es muy difícil calcular con precisión los distintos valores de las corrientes que se producen como consecuencia de los grandes temporales del Cantábrico, las determina con límites muy aproximados mediante un estudio matemático que ocupa varias páginas de su trabajo.

Para ello, primeramente parte de una ecuación o fórmula en la que se determinan las alturas representativas de los excesos de presiones sobre la atmosférica, originados por el paso de la Onda, y pasa seguidamente a estudiar matemáticamente los efectos transversales. Más adelante expone la ecuación aproximada del equilibrio dinámico horizontal y transversal referente a las derivadas de presiones oscilantes, y, mediante una integración y otros cálculos, llega a la conclusión de que el movimiento transversal molecular es también reducido. Para ello pone como ejemplo el caso de la bahía de Fuenterrabía, cuyos planos de oleaje los expone más adelante. También partiendo de las características de la ola, en la zona que estudia, determina, entre otros factores, las máximas velocidades, ecuaciones del movimiento en el origen de coordenadas y demás características de las olas en cada punto de la bahía, y en el caso, de la de Fuenterrabía incluso da a conocer el orden de magnitud de la corriente transversal Este-Oeste a lo largo de la playa de Hendaya,

causa indudable y primordial, según el autor, de la formación y avance de sus arenas. Por cálculos matemáticos deduce la semi-altura media de la ola, su profundidad, sobreelevación superficial, etcétera, llegando a obtener, en definitiva, la velocidad en su límite máximo, una de las causas principales del transporte de arenas mantenidas en suspensión por el propio oleaje, tendiendo a socavar las zonas de bahías o puertos batidos por las olas y a cegar las más abrigadas.

Al referirse también al Sr. Iribarren a los planos de oleaje de Fuenterrabía, dice que en nuestra región cantábrica solamente son temibles los temporales del N. O., cuya línea de agua llega hasta Groenlandia, y considera que el primer problema la plantear en toda obra marina es el del conocimiento, cuando menos aproximado, de las características de la mayor ola de temporal. Después de continuar con sus científicos cálculos sobre la determinación de avances correspondientes a cada unidad de profundidad, altura de olas, perfiles de ondas, etc., necesarios para la determinación de las corrientes objeto de su interesante estudio, termina su primera parte exponiendo en gráficos o anejos el plano de oleaje exterior, el mismo referido a la bahía de Fuenterrabía y el de los perfiles longitudinales de altura de ondas.

Con el título de "Régimen cíclico de la desembocadura del Bidasoa", comienza el autor a exponer la segunda y última parte de este interesante trabajo sobre el régimen de corrientes y transporte de arenas.

El arenal de Hendaya, dice, proviene de los acantilados del Este y, por las causas explicadas, avanza continuamente hacia el Oeste, tendiendo, a estrangular la desembocadura del Bidasoa contra Fuenterrabía. Por otra parte, la corriente de este río, en la desembocadura, al tener que abrirse paso, establece una situación de equilibrio. Por este motivo, las arenas transportadas por las corrientes creadas del oleaje pierden velocidad y especialmente en las mareas altas han dado lugar a un peligroso bajo o islote de forma triangular, el cual se aprecia claramente en la bajamar. Este bajo o islote de arena, indicado en uno de los gráficos del trabajo, da lugar a un proceso interesante, el cual lo explica el autor de la siguiente manera:

Suponiendo el desagüe de la ría por el canal del Oeste pegado al cabo Higuer, como sucede durante varios años, parece no hay razón para la apertura del canal Este, el cual queda prácticamente cerrado, dando la impresión de haber llegado a un equilibrio definitivo. También durante estos años las arenas arrastradas por la ría continúan formando el bajo, alargándolo hasta la misma playa de Hendaya; pero éste no es más que un estado aparente de equilibrio, pues al cabo de otros largos periodos, estas corrientes, en sentido de izquierda a derecha hacia el Oeste, comienzan a socavar el bajo en la zona junto a la playa de Hendaya, acumulando las arenas en su zona Oeste y al transcurrir algunos años comienza la apertura del temido canal del Este.

A partir de esta situación, por motivo de las corrientes transversales originadas por el oleaje, el canal del Este comienza a desplazarse hacia el Oeste, o sea hacia Fuenterrabía; así, el equilibrio del primitivo canal del Oeste se rompe, y al ser su corriente

menos energética y, por consiguiente, menor, también su caudal comienza fatalmente a ser dominado por las arenas. Por esta causa, la punta del delta o islote se desplaza también hacia, el Oeste, la cual obliga a las aguas del Bidasoa a que desemboquen por el canal del Este, mientras el canal del Oeste, falto ya de corriente defensiva es invadido por las arenas del delta, las cuales los terminan por estrangularlo y cerrar:

Según el señor Iribarren, éste es el periodo más rápido y espectacular del proceso, ya que el delta, sin obstáculo alguno, avanza en pocos años hacia las playas de Fuenterrabia, haciendo subir el nivel de sus arenas en más de tres metros. Por este motivo, durante varios años Fuenterrabia puede disfrutar de una hermosa playa para sus bañistas; pero este canal, que ha nacido antes en el Este, llega también hasta los acantilados del cabo Higuier, llevándose la playa y transformándose en canal del Oeste, cerrándose así este interesante ciclo, cuyo periodo es de treinta a cuarenta años.

La base principal de este proceso, que abarca tantos años, se funda en que los canales que nacen en el Este (hacia Hendaya) y mueren en el Oeste (acantilados cabo Higuier) siempre en el sentido circulatorio mencionado, y explica el autor el escepticismo que se produjo en general, incluso entre la gente del mar, cuando el año 1942 anunció el principio de apertura del canal del Este y cierre del canal del Oeste, único entonces existente.

Este estudio científico, entre otras aplicaciones prácticas, ha servido para poder comenzar las obras de cimentación del muro, de la carretera de acceso al puerto de Fuenterrabia antes del año 1942, o sea en las condiciones más favorables, pues de haberlo hecho en fechas posteriores, el avance de las arenas hubiese perjudicado enormemente las obras. De esta manera, según el autor, se ha conseguido ultimar la cimentación antes de la invasión de los arenales, lo cual no solamente hubiese encarecido su ejecución, sino que incluso hubiese obligado a paralizar los trabajos hasta el ciclo siguiente, o sea durante un periodo de treinta o cuarenta años.

Es también muy interesante la exposición de otra de las aplicaciones prácticas de este estudio, como es la referente al muro mencionado, en el cual una vez alcanzados unos siete metros de altura, se dejaron en varias de sus partes, a lo largo, unos huecos para que, aprovechando los movimientos de arenas ya explicados, pudiesen realizar éstas unos rellenos entre el muro y el monte y que por los medios corrientes hubiesen pasado los gastos de un importe aproximado de dos millones de pesetas.

Como comprobación práctica de todos estos fenómenos de corrientes y transportes de arenas originados por el oleaje en la bahía de Fuenterrabia, se exponen en este trabajo o estudio sesenta y cinco fotografías tomadas desde puntos de vista determinados y en años comprendidos entre 1943 y 1947.

Termina este trabajo el Sr. Iribarren manifestando que conocedores los ingenieros franceses del resultado de estos estudios, lo han aplicado al proyecto del espigón en el extremo occidental de la playa de Hendaya. —M. L.