

# SISTEMA DE PROTECCIÓN DE COSTAS (II): DRENAJE DE PLAYAS (BMS). EXPERIENCIA DEL SISTEMA EN EL DELTA DEL EBRO

*Coastal Protection Systems (II): Beach dewatering (BMS). Pilot system at the Ebro river delta.*

Serra, J.(1), Bautista, R.(1), Maia, L.P.(1,2) y Montori, C.(1)

Grupo de Geología Marina. Facultad de Geología. Universidad de Barcelona.  
DEGEO. Universidad Federal de Ceará. Brasil.

## ABSTRACT

The Ebro Delta Coast is under a continuous coastal retreat estimated in about 50 m/year in the delta front, due to the reduced sediment transport by the river. Two experimental actions were tested to protect this coast. The first was a beach nourishment of a pilot zone near the river mouth in 1994; its inefficiency was pointed out by the monitoring of the fill evolution. The second one was the installation of a new system for beach stabilisation in this area in 1996: the "Beach Management System (BMS)". The evaluation of the first year of continuous survey of the system show up to now good results, maintaining the position of the shoreline and a growth of the profiles volume.

**Key Words:** Coastal protection, beach nourishment, beach dewatering, Ebro delta, littoral dynamics.

Geogaceta, 25 (1999), 191-194  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El objetivo del presente trabajo es mostrar las características básicas de funcionamiento de un sistema alternativo de protección de playas instalado ya en diversos tipos de costas y que se ensaya por primera vez en la costa mediterránea. Las diferentes técnicas utilizadas hasta el momento para solucionar los problemas de erosión costera han sufrido a lo largo de las últimas décadas un cambio notable, pasando de aquellas obras duras tipo espigón, escollera, etc., a las actualmente denominadas obras *blandas*, consistentes en la aportación artificial de arena. Esta última se considera como la de respuesta más efectiva contra la erosión, pero conlleva una reposición periódica del material erosionado por la dinámica costera.

Otros sistemas *blandos* han sido desarrollados posteriormente, como el que se expone a continuación, basado en las propiedades de captación y retención de la arena en el frente de playa por descenso de su nivel freático mediante un sistema de drenaje convencional.

Las acciones de regeneración y de drenaje de tipo blando llevadas a cabo de forma experimental en el delta del Ebro nos permiten exponer los resultados y

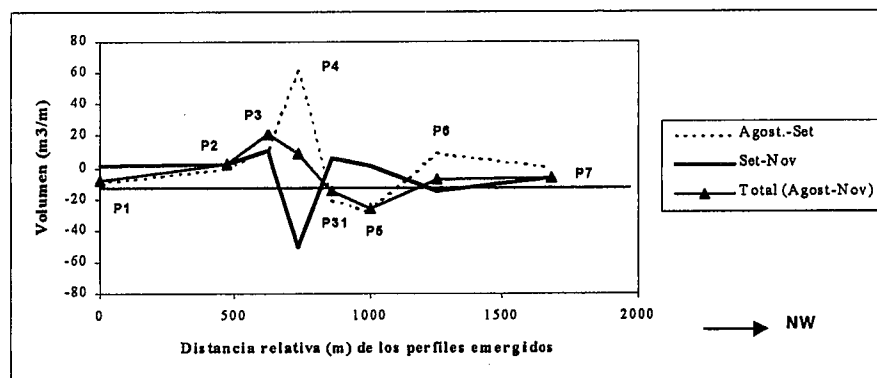


Fig. 1: Variación volumétrica de los sucesivos perfiles de seguimiento a lo largo de la playa de la Marquesa. P31=punto de aportación, coordenadas UTM: 316378-4511998.

Fig.1: Volume variations of control profiles at the Marquesa beach. P31-fill area. UTM: 316378-4511998.

comparar ambos sistemas: regeneración artificial y drenaje de playa.

## Sistema de drenaje de playa: descripción del sistema y resultados Experiencia previa de regeneración artificial

La primera intervención experimental de cara a la protección costera en el Delta del Ebro (Playa de la marquesa), fue rea-

lizada entre los meses de agosto y noviembre de 1994 (D.P.O.P., Generalitat de Catalunya, 1994), mediante la regeneración por arena dragada en el frente deltáico (desembocadura). El volumen de material dragado fue de 35.000m<sup>3</sup>, utilizados posteriormente para la regeneración de un sector de playa mediante la impulsión directa desde el buque draga.

Las campañas de seguimiento realizadas durante (Agosto 94') y posteriormen-

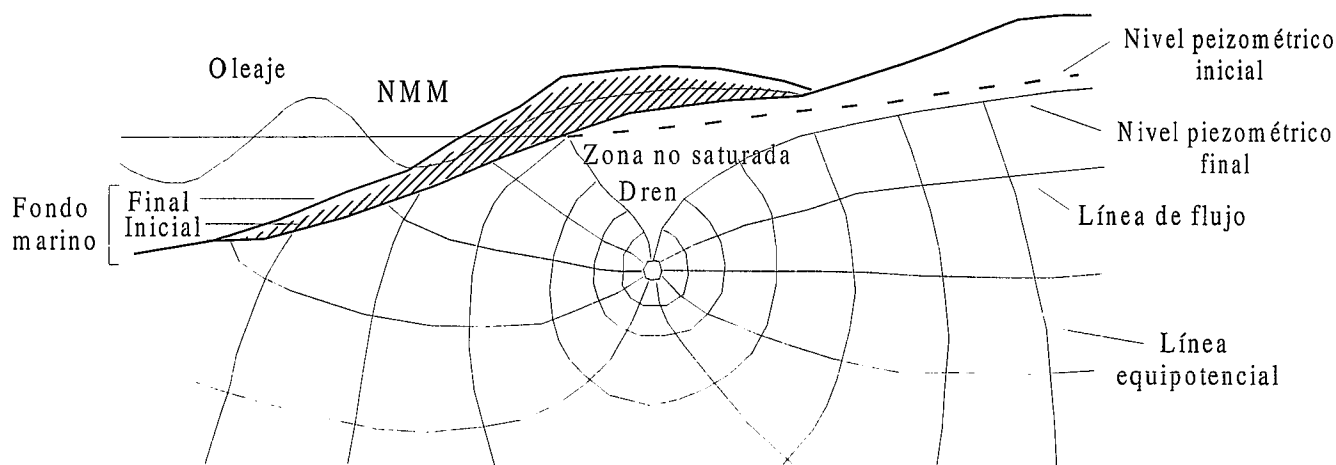


Fig. 2: Formación de una zona no saturada

Fig. 2: Creation of an unsaturated zone.

te (Septiembre-Noviembre 94'), a lo largo de ocho perfiles de control, mostraron que el proceso de erosión y de transporte, por deriva litoral y eólico, eran más rápidos que la propia aportación artificial de arena. El balance sedimentario global desde el inicio de la intervención hasta noviembre 94' fue de  $-8.155 \text{ m}^3$ , mostrando solo un efecto positivo el factor de transporte eólico hacia SE, a favor del "Mestral", como se puede observar en los sucesivos perfiles de referencia (Fig.1)

**Descripción del sistema**

El objetivo básico del sistema es rebajar el nivel freático a lo largo de un tramo de costa creando una zona no saturada bajo el frente de playa. El descenso del nivel se realiza mediante la evacuación de agua a través de un sistema convencional de drenes, instalados paralelos a la línea de costa, a una profundidad de dos metros aproximadamente. Los drenes y tubos colectores están conectados a un pozo de acumulación, y éste a una estación de bombeo. El agua recogida por los drenes discurre por gravedad hasta la estación de bombeo, y desde allí se descarga fuera del sistema de playa. Esta descarga puede realizarse directamente al mar, pero al tratarse de agua filtrada, y dependiendo de sus características (salinidad), puede ser aprovechada para estaciones de piscicultura, o para oxigenar lagunas y pequeños estuarios estancados.

La zona no saturada producida por el drenaje induce la infiltración del agua de las olas incidentes (Fig. 2), disminuyendo el flujo de retorno hacia el mar y reduciendo la presión hidráulica del substrato

por debajo de la zona batida por las olas ("swash"). Como consecuencia tendremos un proceso de acreción y de estabilización de la pendiente en el frente de playa, o como mínimo la estabilización de la línea de costa.

Debido a la complejidad de los parámetros de control, el diseño e instalación del sistema es específico para cada caso, y requiere un conocimiento preciso de las características sedimentológicas de la playa. La eficiencia del método depende, entre otros factores, de: permeabilidad adecuada del medio que permita una cierta tasa de drenaje, del clima de oleaje, amplitud de las

mareas, pendiente del frente de playa, y de la deriva litoral.

La primera instalación, realizada por el DGI en Thorsminde (Dinamarca) (Fig. 3) mostró en siete años de funcionamiento (1985-1992) una acreción de hasta  $50 \text{ m}^3/\text{m}$ , mientras que en las zonas colindantes la regresión era continuada de  $-5 \text{ m/a}$ .

**Características generales de la implantación**

El delta del Ebro presenta una línea de costa arenosa externa de 50 km, cons-

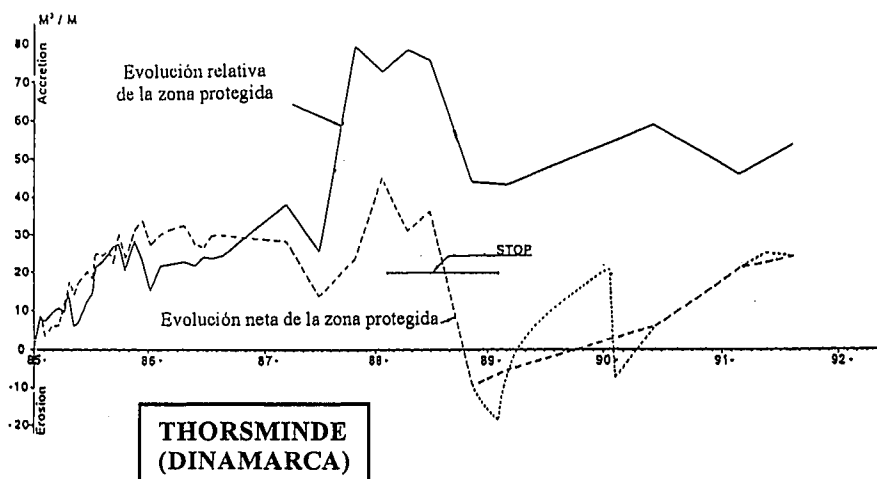


Fig. 3: Funcionamiento del BMS en Thorsminde, Dinamarca. Resultados obtenidos por el Danish Coastal Authority.

Fig. 3: BMS system at Thorsminde, Denmark. Results supplied by the Danish Coastal Authority.

truida mayoritariamente durante los últimos 5 siglos (Maldonado, 1986) debido a la gran cantidad de sedimentos aportados directamente al Mediterráneo por el río Ebro. En las últimas décadas, debido a la demanda creciente de agua para abastecimiento, han sido construidos varios embalses tanto en el curso principal como en algunos de sus afluentes, lo que ha hecho descender la carga sólida del río hasta niveles del 5% (Guillén, 1992). Con la disminución de los aportes, se inició una etapa de redistribución de los antiguos sedimentos y modificación de la morfología deltaica, mediante una erosión centrada en la desembocadura con una tasa de 50 m/año.

El delta está situado en una región de micromareas con amplitud máxima de 0.30 m. El oleaje presenta una altura significativa ( $H_s$ ) de 0.72 m y un periodo medio ( $T_z$ ) de 3.9 s. El espectro direccional presenta tres componentes principales E-ENE, S y NW. El transporte litoral calculado para las playas varía entre 30.000 y 230.000 m<sup>3</sup>/año, dependiendo de su posición geográfica y orientación (Guillén, 1995).

Para el ensayo del sistema de drenaje en el delta del Ebro, se seleccionó un tramo de la playa de Riumar (Deltebre) con un retroceso de 5 m/año para el periodo 1986-1995 (Rodríguez, 1996) y con unas características adecuadas de pendiente. Para determinar las características sedimentológicas se realizaron algunos sondeos hasta profundidad de 5 m, con toma de muestras cada 0.5 m. En una segunda etapa se determinó la transmisividad a partir de ensayos de bombeo y recuperación de 5 pozos regularmente distribuidos sobre la línea de orilla.

**Resultados y diseño**

La secuencia sedimentaria de la playa de Riumar esta dividida en dos niveles principales, el superior (2.5m) consiste en un paquete de arenas medias con una mediana entre 200 y 250 mm. La inferior está formada por arenas medias a finas, presentando a menudo matriz limosa dispersa, y una intercalación orgánica vegetal de 4 cm de espesor a una profundidad de 4.5m.

Lateralmente estas secciones pueden presentar intercalaciones de arenas finas y arenas limosas. La presencia de material fino presenta dos tipologías distintas, la primera en forma de pequeños lentejones de material retrabajado, y la segunda, disperso como matriz de las arenas medias. En ninguno de los casos significan la disminución del rendimiento del sistema.

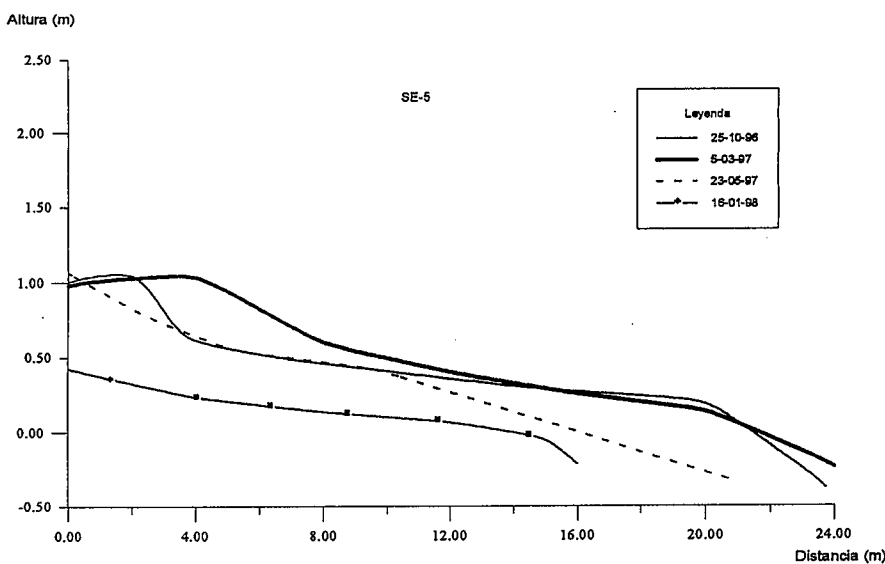
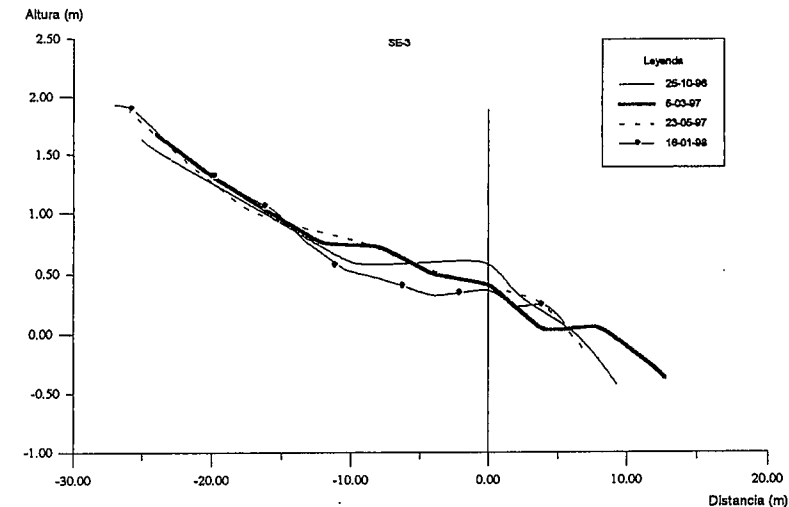


Fig.4: Comparación entre los perfiles dentro (SE-3) y fuera (SE-5) del sistema en la parte norte de la zona de estudio (Riumar, Delta del Ebro).

Fig. 4: Differences between profiles at inner (SE-3) and outer (SE-5) system zones north of the study area (Riumar, Ebro river delta).

En los ensayos de bombeo controlado, con régimen de bombeo constante de 1.200 litros/hora, el nivel dinámico se alcanza a los 20 minutos, con un descenso de 38 cm, pasando a fluctuar en función del nivel de marea. En los piezómetros a 2.5 y 6 m, el descenso fue respectivamente de 7 y 4 cm. La recuperación total se produjo en 11 min en el pozo de bombeo y en 2 min en los dos piezómetros. La permeabilidad calculada para los diversos ensayos varió entre 3 y 5 x 10<sup>-4</sup> m/s.

El sistema instalado consta de las siguientes partes: El sistema de drenaje, compuesto de tubos flexibles de PVC con diámetro de 160 mm, 300 m de largo, pre-

filtro de arenas (0.4-0.8), instalado a 2.5m de profundidad y paralelo a la línea de playa; el pozo colector situado en el centro del sistema de drenaje; el tubo colector y el de descarga; y la estación de bombeo de 2.5 m de diámetro y base a nivel de -4 m, equipada con 3 bombas (1 reserva) con una capacidad de 100-300 m<sup>3</sup>/hora.

**Funcionamiento**

La instalación fue finalizada en noviembre de 1996 y puesta en funcionamiento continuo en enero de 1997. A lo largo del período transcurrido ya se pue-

den observar los primeros resultados a partir del seguimiento de una serie de perfiles de playa sobre la zona protegida de 300m, y lateralmente a ambos extremos.

La línea de costa presenta variaciones a lo largo de este periodo, mostrando una tendencia general de mantenimiento de la longitud inicial de playa, y llegando a presentar en algunas situaciones progradaciones localizadas, siempre asociadas al sistema. Un aspecto remarcable es el aumento del volumen del perfil de playa que, debido a los vientos dominantes, ha aumentado la formación de dunas y su migración hacia el sureste. Debemos resaltar que esta tendencia constituye la fase de inicio del proceso de progradación del perfil de playa, con su máximo desarrollo durante el periodo de verano, pero que debido a las acciones de limpieza y mantenimiento mecánicos de la playa no puede verse completado el proceso de forma natural.

El sistema se ha mostrado eficiente en la recuperación de la playa tras los temporales y, en general, en un tiempo mucho menor que en la zona adyacente a sotavento de la corriente de deriva, y no fue completa en el sector situado a barlovento.

En la figura 4 se representan dos de los perfiles de seguimiento, SE-3 (zona

protegida) y SE-5 (a 200m al norte del extremo del drenaje). La diferencia entre ambos es notable, siendo el efecto de los últimos temporales de octubre y noviembre de 1998 rápidamente contrarrestados en el primero, mientras que en el segundo no se presentan indicios de recuperación. La pérdida en volumen (8 m<sup>3</sup>/m) y en longitud (12 m) en el segundo perfil, contrastan con el comportamiento estable del primero.

### Discusión

Los dos métodos *blandos* de protección costera experimentados en un mismo ambiente (Delta del Ebro), muestran un rendimiento o eficacia muy distinto. Las diferencias debemos atribuir las tanto a la fase de proyecto, ejecución y dimensiones de la regeneración, como a no tener en cuenta factores tales como el intenso transporte eólico. El sistema de drenaje, independientemente de las condiciones climáticas, ha mostrado un comportamiento adecuado, manteniendo estable la línea de costa en un ciclo anual, con presencia de temporales superiores a la media, por lo que su aplicación queda plenamente justificada como sistema de protección en este tipo de costa.

### Bibliografía

- Generalitat de Catalunya. DGPC (1994): *Seguiment del dragat de la gola de l'Ebre i de la regeneració experimental de la platja de la Marquesa* (GGM, Universitat de Barcelona).
- Guillen, J. and Jimenez, J.A. (1995): *Jour. Coast. Research*.
- Lastrup, C. (1993): *Coast erosion management of sand beaches in Denmark. Coastal Zone 93*. New Orleans.
- Lenz, R.G. (1994): *7<sup>a</sup> Nat. Conf. Beach. Protec. Technology*. Tampa, Florida.
- Maldonado, A. (1986). In: M.G. Mariño (Ed), *Sistema integrado del Ebro: Cuenca, delta y medio marino*. Hermes, Madrid. P. 33-60.
- Ovesen, N.K. and Schuldt, J.C. (1992): *Beach management system. Job.300.014*. Danish Geotechnical Institute, Denmark.
- Rodriguez, I. (1996): *Análisis de los cambios geomorfológicos de la desembocadura del río Ebro mediante el uso de un SIG. Monografía*, Dpto. de Geografía, Un. De Alcalá. 85 p.
- Terchunian, A.V. (1989): *2<sup>a</sup> Nat. Conf. Beach. Protec. Technology*. Tampa, Florida.