

**XXVIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
BUENOS AIRES, ARGENTINA, SEPTIEMBRE DE 2018**

**ESTABILIZACIÓN DE DUNAS
EN PLAYAS DE
MALDONADO-URUGUAY**

Molina, B. y Steffenino, F.

*Intendencia Departamental de Maldonado-Uruguay
bmolina@maldonado.gub.uy - fsteffenino@maldonado.gub.uy*

RESUMEN:

Este documento reporta una experiencia piloto de estabilización de dunas en playas de Maldonado-Uruguay, mediante obra de geingeniería. Esta solución fue diseñada considerando las siguientes variables físicas medioambientales: perfil de playa, nivel de marea, dirección e intensidad del viento y oleaje y el componente estético, que jugó un rol preponderante, dado el uso recreativo de la playa. Consistió en la instalación de tubos de geotextil (polipropileno) a modo de núcleo de duna.

ABSTRACT:

This paper reports a pilot test experience of stabilization of sand dunes at the beaches of Maldonado-Uruguay, through geoen지니어ing work. This solution was designed considering the following environmental physical variables: topographic beach profile, sea tide level, direction and intensity of the wind and waves, and the aesthetic component, which played a preponderant role, given the recreational use of the beach. It consisted in the installation of geotextile tubes (polypropylene) as a dune core.

PALABRAS CLAVES: Estabilización, dunas, geingeniería

INTRODUCCIÓN

Las dunas y playas se encuentran entre los ecosistemas más dinámicos del planeta; dada la singularidad de constituir zonas de interfase entre la hidrósfera, la litósfera y la atmósfera. Las dunas brindan importantes servicios ecosistémicos, entre los cuales, resulta relevante a los objetivos del presente trabajo, la protección de los ecosistemas naturales y antrópicos que se encuentran hacia el continente, constituyendo barreras naturales para el avance del oleaje, fundamentalmente en eventos de temporal. Este servicio adquiere mayor relevancia en un escenario de calentamiento global, que supone un aumento del nivel del mar y variaciones en la frecuencia e intensidad de los temporales.

La urbanización a nivel mundial, se ha concentrado en el espacio costero, en consonancia con esto Maldonado se ha desarrollado urbanísticamente sobre el litoral del Río de la Plata y el Océano Atlántico, por lo que se ejerce presión sobre los ecosistemas costeros y marinos. Este trabajo presenta una aplicación práctica de estabilización de dunas, cuya dinámica natural ha sido alterada por acción del hombre.

El nuevo escenario que se observa en las costas del mundo exige nuevos enfoques de gestión (De Andrés y Barragán 2016). En particular, si se quiere que las dunas sigan actuando como barreras naturales, es necesaria su conservación. El avance del hombre con obras de infraestructura y edificaciones en el espacio costero, ha llevado a una situación actual de la Playa Mansa de Maldonado, en la cual, ante los últimos eventos de temporal las estructuras rígidas existentes han colapsado por la acción de las olas y han favorecido el arrastre de arena, con la consiguiente pérdida de dunas.

Se ha reportado que se pueden utilizar geotextiles de poliéster de alta resistencia, en forma de tubo o bolsa, para estabilizar las dunas (Pilarczyk, 1996; Gaffney, 2001). El tamaño de los tubos o bolsas debe ser el adecuado para que se conviertan en estructuras de gran peso que no puedan ser fácilmente removidas por las fuerzas del oleaje, al mismo tiempo que su flexibilidad les permite adaptarse a la socavación” (Gaffney, 2001).

En el mercado se ofrecen una gran cantidad de sistemas de estabilización de playas, que poseen una geometría, método de construcción o materiales especiales de propiedad de las firmas vendedoras de estos productos. La mayoría de estos sistemas son prefabricados de concreto o estructuras flexibles y no han sido adecuadamente probadas o ensayadas (U.S. Army Corps of Engineers, 1994). Este trabajo reporta una experiencia piloto de instalación de geotubos de tecnología Ten Cate; utilizado como núcleo de duna.

El diseño de los geotubos, de la cota de fundación y de la orientación para su instalación; se realizó a partir del diagnóstico de la situación de partida, que fue elaborado con los datos de relevamiento planialtimétrico del sitio y su entorno. Teniendo en cuenta los datos de clima medio de vientos registrados por IMFIA (2002) y los datos de clima medio de ola y niveles de marea analizados por Texeira et al. (2008).

Como resultado de este análisis se concluyó que la estabilización de duna que se quería conseguir requería la instalación de geotubos de 20 metros de largo, 2 metros de altura, 5 metros de ancho horizontal, con una cota de fundación de 1.8 metros sobre el cero oficial y un manto antisocavación aguas abajo del mismo con cota de fundación de 1,50 metros sobre el cero oficial.

ANTECEDENTES

El Departamento de Maldonado tiene 120 km de costa, el cual puede ser subdividido en tres tramos en función de su comportamiento geomorfológico: a) tramo Atlántico, cuyo comportamiento es progradacional a escala geológica, b) tramo de Transición, caracterizado por estar en equilibrio y c) tramo Estuario que presenta un franco retroceso de la línea de costa (Texeira et al. 2008). La playa que se intervino está situada en la bahía de Maldonado, se la conoce localmente como Playa Mansa de Punta del Este, ubicada en las coordenadas Latitud -34.937523° Longitud 54.951272° , es una playa urbana, que cuenta con infraestructuras de servicios turísticos y registra una gran intensidad de afluencia de usuarios. La misma presenta una orientación de Este a Oeste y está expuesta a las tormentas del cuadrante Sur-Sur Oeste. Se trata de un arco de playa encajada, entre Punta Ballena y Punta del Este y con la presencia dominante de la Isla de Gorriti, los estudios realizados Texeria et al. (2008) concluyen que se trata de un arco cuya posición es cercana al equilibrio estático y por tanto sin tendencia al retroceso o pérdida de playa, aunque a mediano y corto plazo se pueden registrar procesos puntuales que puedan afectar la estabilidad de las misma.

Las tormentas severas que se registraron en los años 2005 y 2016 afectaron seriamente su cordón de dunas y pusieron en riesgo las infraestructuras que estas dunas protegían. Después de cada uno de estos eventos de temporal, se socava el estacionamiento, se rompe el muro de contención del mismo y el oleaje arrastra arena desde la duna dejando un hueco en la playa. Por lo que es necesario, remover los escombros, reparar la infraestructura y cargar arena al sistema de playa. Todo lo que supone un alto costo ambiental y económico.

Se han reportado diferentes soluciones técnicas para estabilizar las dunas, minimizando el riesgo de erosión de los ecosistemas naturales y antrópicos que ellas protegen. Tradicionalmente se recorría a sistemas de estructuras duras que incluían la instalación de muros o espigones de concreto o piedra, actualmente se han desarrollado sistemas de estructuras blandas, como las construidas con geotextiles.

Kilarzyck (1996) ha señalado que el uso de sistemas constructivos con geotextiles presenta una mejor relación costo/beneficio que los sistemas tradicionales. El uso de estos sistemas de estructuras blandas, se ha extendido en los espacios costeros del hemisferio Norte, donde se han utilizado de diferentes formas: como espigones, muros de contención o núcleo de duna (Antúnez do Carmo 2013, Murillo 2017, Soledispa 2004).

METODOLOGÍA

La estabilización de dunas, mediante la instalación de tubos de geotextil (polipropileno), se realizó en un tramo de 200 metros lineales de costa y la técnica constructiva utilizada se ajustó en diálogo con técnicos del proveedor (TenCate).

El primer paso para diseñar la solución fue definir la situación base o de partida, es decir, describir el comportamiento de ese tramo de costa en el corto y mediano plazo, interpretando como interactúan las variables físicas que intervienen en forma determinante.

Los estudios previos de la costa establecían que el arco de playa está en una situación de equilibrio casi estático, con una alta presión urbanística y de infraestructura de servicios públicos y turísticos.

Las variables físicas medioambientales consideradas fueron:

a) Relevamiento planialtimétrico

En sitio se procedió a realizar un relevamiento planialtimétrico del perfil de playa desde la línea de ribera hasta el coronamiento de las dunas.

b) Clima medio de vientos

El análisis de los datos registrados en la estación meteorológica Punta del Este, localizada a menos de 2 km del sitio de estudio, permite concluir que los vientos más intensos en velocidad son del cuadrante Sur-Sur Oeste, los vientos de este sector pueden alcanzar los 100 km/h con un período de retorno asociado de 10 años (IMFIA 2002).

Se resalta que los vientos de este sector inciden directamente sobre el tramo de costa intervenido.

c) Clima medio de olas

En general en la costa de Río de la Plata en Maldonado coexisten dos tipos de oleaje; el oleaje producido por acción del viento sobre la superficie del agua, denominado oleaje de viento o “Sea” y el oleaje de mar de fondo o “Swell” que se genera en aguas profundas y se propaga hacia la costa y va perdiendo energía a medida que ingresa al estuario, por la poca profundidad del agua (Texeira et al. 2008). Estos autores calcularon el clima de olas, utilizando información registrada y propagada hacia la costa de Maldonado mediante modelación numérica, junto con el cálculo de oleaje a partir de los datos de viento, se obtuvo el clima de olas en siete puntos o boyas virtuales a lo largo de toda la costa del departamento de Maldonado, estando una de estas boyas virtuales (Piedras del Chileno) situada en el arco de playa en el que se realizó la intervención. Para estas boyas se calculó la altura de ola significativa H_s o $H_{1/3}$ se obtiene al calcular la media de alturas de ola del tercio de olas más altas dentro del grupo de olas considerado. Se considera que la altura de ola significativa es equivalente a la altura de ola del momento de orden cero H_{m0} .

En esta zona el oleaje tipo “Sea” u oleaje de viento es el que genera las olas de mayor altura. Si bien según las modelaciones la altura de ola significativa se mueve en un rango que va desde los 0.4 m a los 4.8 m para el diseño se consideró una altura de ola significativa que se encuentra en el rango de los 2.0 m a 2, 4 m con una frecuencia de ocurrencia de 8%.

d) Niveles de marea

Este dato fue decisivo a la hora de definir la cota de fundación de los geotubos y se procedió de la siguiente manera. En primera instancia se obtuvieron los datos de marea registrados en la estación hidrométrica del puerto de Punta del Este perteneciente a la Dirección Nacional de Aguas durante la ocurrencia de las tormentas severas que ocasionaron los daños en 2016. Posteriormente se compararon las lecturas obtenidas durante esos eventos con el análisis de máximos realizado por Teixeira et al. (2008), de esta manera se pudo determinar que la cota de marea alcanzada tiene un período de retorno de 10 años.

En la figura 1 se presentan dos imágenes que ilustran de forma clara el comportamiento de las variables antes descriptas en la costa, las mismas fueron tomadas durante el temporal de septiembre de 2016, es preciso mencionar que una de las boyas virtuales utilizadas en la modelación de oleaje

realizado en el estudio Teixeira et al 2018 se encontraba frente a la playa Piedra del Chileno, imagen de la izquierda, y en la otra imagen se muestra un proceso similar al que ocurre en el tramo de estudio de crecida del mar y consecuente erosión del cordón dunar primario.



Figura 1.- Imágenes de playa Piedra del Chileno y Solana durante evento severo septiembre 2016

Del análisis y valoración del comportamiento del perfil de playa, clima medio de vientos, clima medio de olas y niveles de marea, surgió el diseño de la solución a instalar en referencia al tipo, geometría e implantación.

Esquemáticamente los trabajos consistieron en la colocación y llenado de geotubos y su manto anti socavación asociado. Estos geotubos fueron recubiertos con arena y se hizo una cobertura con vegetación típica de estos ambientes. En la etapa de diseño las principales variables físicas medioambientales consideradas fueron nivel de marea, dirección e intensidad del viento y oleaje, el uso de la playa y el componente estético, que jugó un rol preponderante, dado el uso recreativo de la playa.

Concretamente se tratan de geotubos de 20 metros de largo, 2 metros de altura, 5 metros de ancho horizontal, con una cota de fundación de 1.8 metros sobre el cero oficial y un manto antisocavación aguas abajo del mismo con cota de fundación de 1,50 metros sobre el cero oficial. Se definió la cota de fundación del geotubo a 1,80 msnm, nivel que está asociado al de marea durante tormentas con un Tr 5 años (Figura 2).

Perfil Tipo N° 2 Escala: 1=500

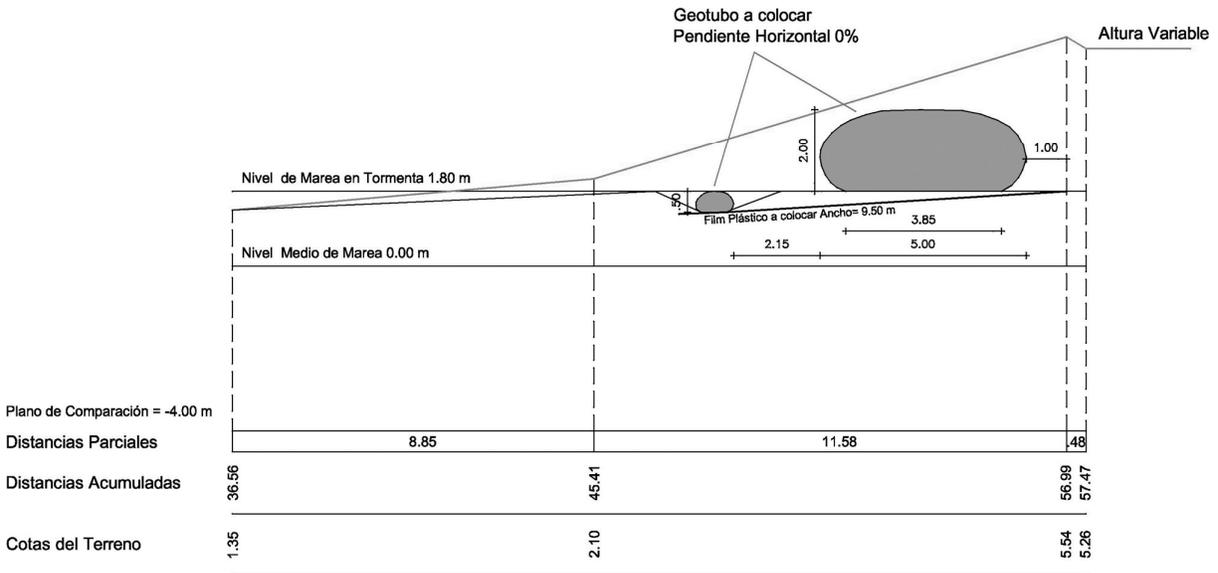


Figura 2.- Perfil de instalación

Las dimensiones geométricas de cada unidad del geotubo son las siguientes Largo 20 metros y Ancho 5 metros, Altura 1,8 metros. Se hizo especial hincapié en el color de los geotubos (arena) dado que en caso de quedar expuestos su presencia sea lo más discreta posible.

Constructivamente la colocación y llenado es un procedimiento ágil y económico, se llenaron a razón de 1 unidad al día y para ello se utilizó arena del lugar. La primera etapa de la construcción consistió en retirar del lugar todos los escombros y elementos cortopunzantes que pudieran afectar la estructura. Luego se niveló el terreno y se replanteo la posición de los geotubos. El bombeo de la arena con agua, para el llenado se realizó con una bomba adosada a la pluma de una retroexcavadora y accionada por el sistema hidráulico de la misma, el caudal de bombeo se estima en unos 400 m³/h. La tubería utilizada tenía un diámetro de 8 pulgadas y se llenaban dos puestos en forma simultánea, se mantuvo una ratio Arena/ Agua del 0.4 o menor para asegurar un llenado uniforme de los geotubos (Figura 2).

El lugar de préstamo del material para el llenado en este caso fue la línea de ribera, distante a unos 50 metros lineales del emplazamiento de los geotubos, es importante destacar que no se constataron afectaciones en la línea de ribera por la extracción de este material. Durante el llenado es importante controlar la uniformidad en la distribución del relleno, la forma y la altura de llenado.

Una vez que el geotubo estaba lleno se procedía al tapado del mismo con arena en casi su totalidad, dejando únicamente su extremo o cabezal libre para poder realizar el solape con la siguiente unidad, en este caso en particular el solape era de casi dos metros. Se concedió mucha importancia a las obras periféricas o anexas como ser la gestión de las aguas pluviales y a la revegetación de la duna construida.

Para los pluviales que evacuan el agua de las infraestructuras adyacentes por sobre la duna construida se instalaron colchones “reno” rellenos con piedra para conformar canales someros por sobre la duna, de esta manera se evita la formación de cárcavas. Para la revegetación y fijación de la arena, para prevenir la voladura por acción del viento se procedió a plantar especies características de ambientes costeros.



Figura 3.- Fotos del lugar y de la instalación

CONCLUSIONES

En comparación a sistemas tradicionales de estabilización de dunas y playas, el impacto de la construcción es menor tanto en intensidad como en duración y presenta la ventaja de poder ser retirado del lugar con un esfuerzo relativamente menor en caso de deterioro.

Las desventajas para el uso de geotubos en la costa, señaladas por Soledispa (2004) a saber, posible socavación y pérdida de valor paisajístico, fueron resueltas en etapa de diseño. Así la técnica constructiva incluyó la instalación de un manto antisocavación, que sería el que minimizaría la socavación del geotubo por la acción de las olas y haría que la estructura como un todo se adaptara a la nueva forma del terreno, se eligió una cota de fundación en función de los niveles de marea registrados durante eventos severos con el objetivo de minimizar la acción la erosión de estos sobre el cordón dunar. La instalación de geotubos color arena para minimizar el efecto visual ante una eventual exposición y la revegetación de la duna, aseguran el mantenimiento del valor paisajístico del lugar.

Si bien el diseño fue realizado para eventos con recurrencia de 5 años, y no se han registrado eventos de temporal de la magnitud del ocurrido en 2016, si han ocurrido eventos de temporal en los cuales la altura de la marea llegó hasta la duna estabilizada, aunque con olas de menor altura,

Referencias Bibliográficas

Antunez do Carmo, J. (2013) “Experiência de recuperação de um sistema dunar e proposta de instrumentos complementares de proteção, atração e valorização ambiental” *Revista da Gestão Costeira Integrada* 13(3):317-328

De Andrés, M.; Barragán, J.M. (2016) “Desarrollo Urbano en el Litoral a Escala Mundial. Método de Estudio para su Cuantificación”. *Revista de Estudios Andaluces*, vol.33 (1), 64-83. <http://dx.doi.org/10.12795/rea.2016.i33.04>

Gaffney D. (2001) “Geotextile tubes used to combat beach erosion”. IECA. *Shoreline stabilization. Soil stabilization series*. Vol. 16. pp.16

IMFIA (Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental) (2002). “Análisis de vientos de las Estaciones de Carrasco, Colonia y Punta del Este”. IMFIA-UDELAR

Pilarczyk, K.W. (1996). “Geotextile systems in coastal engineering – an overview”, *Coastal Engineering Proceedings*, Vol. 1

Murillo, J. (2017) “Diseño de sistema de espigones con geotubos para la protección del malecón Crucita”. UEES. Ecuador.

Soledispa, B. (2004) “La acelerada erosión de la playa del balneario Jambelí (varios métodos para su regeneración). *Acta Oceanográfica del Pacífico*, vol. 12 (1), 160-176

Texeira, L, G. López y R. Mosquera (2008) “Caracterización General de la costa del Departamento de Maldonado”. IMFIA-UDELAR

U.S. Army Corps of Engineers (1994) “Coastal groins and nearshore breakwaters”. *Technical engineering and design guide* No. 6 American Society of Civil Engineers. P. 87