

Lineamientos frente a movimientos de arena en vías costaneras

DIRECCIÓN NACIONAL DE BIODIVERSIDAD
Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.

DEPARTAMENTO DE GESTIÓN COSTERA
Y MARINA



Ministerio
de Ambiente

LINEAMIENTOS DE ACTUACIÓN FRENTE A MOVIMIENTOS DE ARENA EN VÍAS COSTANERAS

*Dirección Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.
Departamento de Gestión Costera y Marina*



Equipo Redactor: Joaquín Penino, Gustavo Piñeiro, Carolina Segura.

Revisión: Mariana Ríos.

Anexo elaborado por: Licdo. Diego Acevedo Fernández & MSc. Gustavo Piñeiro.

Correo: dgcm@ambiente.gub.uy

ISBN: 978-92-95114-49-4

Este documento fue elaborado con insumos previos aportados entonces por Lucía Bergós, Josefina Villarmarzo, Juan Manuel Cardozo y Maria Nube Szephegyi (Departamento de Gestión Costera y Marina), de la entonces DINAMA.

Apoyan:



Uruguay
Presidencia



fondo
para el medio
ambiente mundial
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA



Los puntos de vista, las designaciones y las recomendaciones presentadas en este informe no reflejan necesariamente la postura oficial del PNUD. Se agradece la difusión y reproducción en cualquier medio, con indicación de la fuente.

El uso genérico del masculino que se utiliza en esta publicación responde a la intención de simplificar la redacción y disminuir la sobrecarga en la lectura. Por lo tanto, de ninguna manera pretende constituir una discriminación entre mujeres y varones, lo cual es una preocupación para este equipo de trabajo.

En el entendido de que el movimiento de arena se trata de una actividad que modifica la configuración de la costa, según lo previsto en el art. 153 del decreto-ley 14.859, en la redacción dada por el art. 193 de la Ley 15.903; luego de realizado el diagnóstico inicial, para implementar las acciones de movimientos de arena se deberá presentar una Solicitud de Autorización de Actividades en Faja de Defensa de Costas (FDC) al Ministerio de Ambiente indicando con detalles las acciones propuestas (tomando como referencia las recomendaciones de esta guía). El trámite se debe iniciar en línea, a través del siguiente link: <https://www.gub.uy/tramites/solicitud-autorizacion-actividades-faja-defensa-costa> o de la página web del Ministerio Ambiente (<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/>). Posteriormente debe presentarse el formulario iniciado en línea en mesa de entrada (Juncal 1385 piso 5, Montevideo u oficinas regionales).

1. RESUMEN

La directriz nacional del espacio costero estimula la transición a que las calles cercanas o paralelas a la zona de playa se conviertan en paseos peatonales o vehiculares de baja velocidad (Ley N° 19.772). Sin embargo, en algunas ocasiones, estas vías de circulación son únicas vías de comunicación en localidades costeras. Este documento establece criterios y procedimientos a adoptar ante la presencia de grandes cantidades de arena, provenientes de la playa, en calles, rutas o ramblas costaneras para garantizar la libre circulación por las mismas. La necesidad de mantenimiento de las vías públicas por la llegada de arena desde el ecosistema costero refleja una degradación de este ecosistema. Por lo tanto, esta voladura de arena va a verse reducida si se implementan acciones de prevención y restauración como colocación de cercas captoras, revegetación con vegetación herbácea psamófila, regularización de ingresos peatonales, etc. En este documento se plantean sugerencias de pasos a seguir para el correcto retiro de la arena depositada en vías costaneras, la reconfiguración de los perfiles y la plantación de vegetación específica para evitar nuevas voladuras. En el caso de vías públicas costaneras comprendidas dentro de alguna de las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), es importante recordar que las recomendaciones aquí expuestas no pueden ser tenidas en cuenta si contravienen lo dispuesto en los Planes de Manejo o cualquier otra norma aplicable. En la medida que resulte necesario, podrán establecerse coordinaciones con el Departamento de Gestión Costera y Marina (DGCM) del Ministerio de Ambiente (MA) para poner en conocimiento del equipo técnico y definir soluciones sitio-específicas a adoptar.

ÍNDICE

1. Resumen	3
2. Introducción.....	5
3. Diagnóstico de situación	6
4. Disminución de presiones sobre el ecosistema costero y prevención de la voladura de arena	7
4.1. Instalación de cercas captoras de arena y revegetación	7
4.2. Regularización de accesos a zona de playa.....	8
4.3. Diseño e implementación de pluviales.....	9
5. Mantenimiento de vías públicas por voladura de arena	9
5.1. Movimiento de arena	9
5.2. Perfilado y revegetación	10
5.3. Acondicionamiento de vía pública	11
6. Monitoreo y continuidad de las acciones	12
6.1. Monitoreo de topografía.....	13
6.2. Monitoreo fotográfico.....	13
6.3. Registro de cantidad de arena	13
7. Comunicación e involucramiento	14
7.1. Instancias de coordinación institucional	14
7.2. Instancias de participación	14
7.3. Cartelería y Difusión.....	15
8. Bibliografía recomendada.....	16
ANEXO	
ELEMENTOS DE IMPORTANCIA PARA RELEVAMIENTOS FOTOGRAMÉTRICOS MEDIANTE EL USO DE DRONES	17
Introducción	17
Consideraciones Básicas para los Relevamientos Fotogramétricos Mediante el Uso de Drones o UAV (vehículos aéreos no tripulados).	17
Actividades en Terreno	20
Productos derivados de los Relevamientos	22
Informe y Metadatos	22
Sugerencias y Recomendaciones	23

2. INTRODUCCIÓN

La presencia de arena en las calles, rutas o ramblas costaneras ubicadas cercanas a las costas urbanizadas se debe en general a la degradación de la configuración del **ecosistema costero** natural. Los cordones dunares litorales, normalmente vegetados, pierden su cobertura de **vegetación herbácea psamófila** por causa de los **ingresos peatonales irregulares**, desencadenando fenómenos crecientes de **erosión**, que afectan zonas previamente estabilizadas. Los sistemas costeros son dinámicos. En la playa los sedimentos que son transportados por el viento y el oleaje luego son retenidos en el **cordón dunar litoral**, donde la vegetación herbácea psamófila cumple la función de favorecer el depósito de los sedimentos (ver figura 1). Si el cordón dunar litoral se pierde o se degrada, la arena transportada por el viento no es retenida, generándose una pérdida de sedimentos (arena) agravando los procesos erosivos. En algunos casos la arena es llevada por el viento hacia ramblas, veredas, jardines, casas y demás infraestructuras ubicadas fuera del ecosistema costero y, si no se devuelve de forma mecánica a playa, es muy probable que se pierda para siempre del sistema.



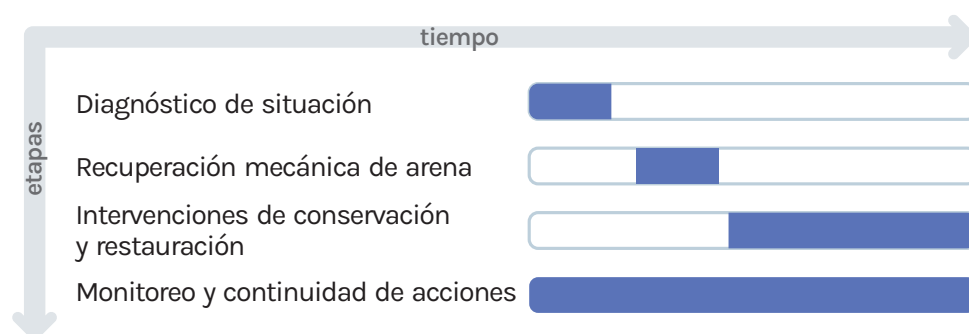
Figura 1. Ejemplares de vegetación herbácea psamófila *Panicum racemosum* (pasto dibujante) sobre la duna primaria.

3. DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN

Es indispensable realizar un diagnóstico de las características del área (geomorfología, **transporte eólico de sedimentos**, biodiversidad asociada, etc.), las presiones antrópicas y el estado del sistema, para determinar las acciones que corresponda implementar en cada caso y los sitios donde es necesario realizar acciones para mitigar la voladura de arena hacia fuera del ecosistema. En el caso de zonas costeras comprendidas dentro de alguna de las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), es importante recordar que las recomendaciones aquí expuestas no pueden ser tenidas en cuenta si contravienen lo dispuesto en los Planes de Manejo o cualquier otra norma aplicable. En este sentido, el equipo técnico del Departamento de Gestión Costera y Marina (DGCM) del Ministerio de Ambiente (MA) se encuentra a disposición para evacuar cualquier consulta que pueda surgir en relación al diseño e implementación de acciones de limpieza.

Algunos aspectos que se sugieren considerar para el diagnóstico son: sitios desde donde vuela arena (concurrir en un día ventoso y observar la zona), sitios por donde suelen transitar las personas para intentar ordenar el tránsito peatonal como medida de prevención futura (concurrir en fin de semana o temporada alta), determinar sitios por donde ingresa maquinaria (por ejemplo, maquinaria de limpieza), sitios con escasa cobertura de vegetación herbácea psamófila (para tener en cuenta frente a futuras plantaciones), sitios invadidos por vegetación exótica (para considerar su raleo y paulatina sustitución por especies nativas costeras), entre otros.

Se sugiere que las acciones de movimiento de arena se presenten se ordenen en etapas, algunas consecutivas y otras superpuestas en el tiempo:



4. DISMINUCIÓN DE PRESIONES SOBRE EL ECOSISTEMA COSTERO Y PREVENCIÓN DE LA VOLADURA DE ARENA

Se recomienda siempre priorizar las intervenciones que previenen la degradación ante aquellas que pretenden mitigarla. Una acción exitosa de conservación es aquella que motiva la retención de la arena dentro del ecosistema costero como por ejemplo:

4.1. INSTALACIÓN DE CERCAS CAPTORAS DE ARENA Y REVEGETACIÓN

La retención de arena dentro de la **zona litoral activa** puede realizarse mediante la instalación de cercas captoras de arena en la zona de playa (por encima del **límite superior de ribera**). Las cercas captoras y la posterior revegetación de las dunas con vegetación herbácea psamófila permiten que la arena transportada por el viento sea retenida en el cordón dunar litoral, restaurando de esta manera el funcionamiento dinámico del sistema costero, evitando la erosión y reduciendo intervenciones y costos de mantenimiento (ver figura 2). En este sentido, se puede consultar la guía “Lineamientos para la restauración del cordón dunar” elaborada por DGCM de MA la cual establece recomendaciones para la instalación de cercas captoras de arena y revegetación dunar que puede ser tomada como referencia.

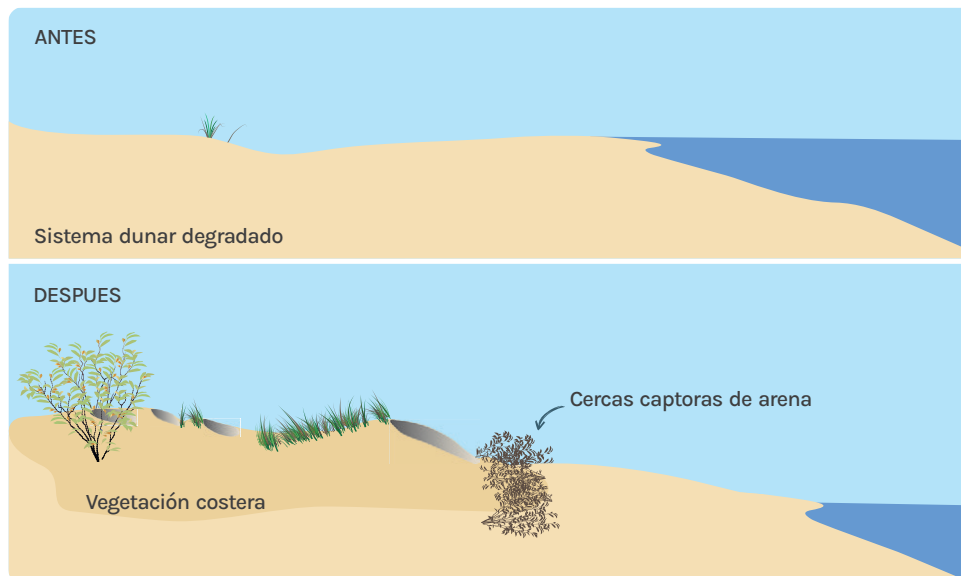


Figura 2. Retención de arena y restauración con cercas captoras formando el cordón dunar litoral.

La instalación de cercas captoras de arena deberá realizarse con un mantenimiento o una periodicidad adecuada. Si la disponibilidad de arena excede la capacidad de la vegetación del cordón dunar de retenerla, continuará siendo transportada hacia afuera del sistema. Es necesario, por tanto, mantener las acciones de cercas captoras y revegetación en ciclos de gestión con evaluación de las medidas, tendiendo de esta forma a la restauración del cordón dunar a lo largo del tiempo.

4.2. REGULARIZACIÓN DE ACCESOS A ZONA DE PLAYA

Es importante gestionar un acceso peatonal a playa adecuado para minimizar la presencia de ingresos irregulares, organizando el acceso a la zona de playa y optimizando los caminos; en lo posible, mediante la instalación de pasarelas elevadas, evitando la instalación sobre concavidades dunares (ver figura 3). En este sentido, se puede consultar la guía de “Lineamientos para el diseño de acceso peatonales a zona de playa” elaborada por DGCM de MA la cual establece recomendaciones para la instalación de accesos peatonales que puede ser usada como referencia. También debieran gestionarse los estacionamientos asociados a las vías públicas costaneras, evitando la existencia de zonas sin cartelería informativa y la presencia de estacionamientos informales.

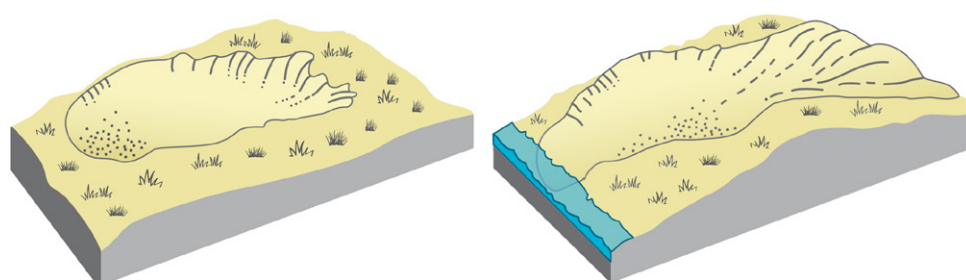


Figura 3. (Arriba) Esquema antes-después de la formación de concavidades (blowouts).

(Abajo) Se observan dunas cóncavas degradadas por tormentas y pasaje peatonal. En la imagen de la derecha se observa como estas dunas se comienzan a asemejar a túneles de viento, propiciando la erosión. Ambas imágenes son del primer cordón dunar, por lo que reciben directamente el impacto del oleaje y del viento.



En relación a estacionamientos ubicados próximos a vías públicas costaneras se recomienda que:

- ➔ se encuentren claramente delimitados con pilotes, barreras de madera u otras estructuras que impidan el tránsito vehicular fuera de los límites del estacionamiento
- ➔ se garantice que todos los **materiales exógenos** al sistema que se utilicen no ingresarán al sistema dunar (por ejemplo, si se utiliza balasto o bitumen en un estacionamiento debe asegurarse de que el mismo no se traslade a playa).
- ➔ se realice un acondicionamiento pluvial acorde a las características del estacionamiento. Se recomienda reducir al mínimo la impermeabilización de las superficies (utilizando bloques permeables, Green blocks, por ejemplo).

4.3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLUVIALES

Los drenajes y canalizaciones pluviales conducidos a través de la zona costera deben ser ordenados, evitando la concentración del escurrimiento en zonas vulnerables usando metodologías adecuadas que propicien las estructuras de infiltración y amortiguación. Al respecto existe una guía de “Diseño de Sistemas de Aguas Pluviales Urbanas” elaborada por la Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA) que puede ser utilizada como referencia.

5. MANTENIMIENTO DE VÍAS PÚBLICAS POR VOLADURA DE ARENA

La necesidad de mantenimiento de las vías públicas en lo que respecta a la llegada de arena desde el cordón dunar litoral se verá reducida si se implementan las acciones de prevención previamente mencionadas. En general la voladura de arena sobre la caminería aledaña a la costa puede asemejarse a la situación planteada en la figura 4 izquierda. Se muestra a continuación (ver figura 4, derecha) la configuración que sería deseable alcanzar posteriormente a las acciones de mantenimiento de la vía costanera en cuestión.



Figura 4. Situación de arena sobre una calle costanera (izq). Situación deseada luego de acciones de mantenimiento (der): duna estable con tapiz de vegetación herbácea psamófila y espacio entre la calzada.

5.1. MOVIMIENTO DE ARENA

Dado que la presencia de arena proveniente del ecosistema costero en las calles refleja un desequilibrio en la dinámica y balance costero natural, es de vital importancia que, la mayor proporción posible, sea devuelta al sistema. Para ello se deberán ubicar, dentro del arco de playa, sectores de fácil acceso o con sitios cóncavos deprimidos (por pérdida de sedimentos) dónde depositar la arena retirada de la vía costanera. Se recomienda evaluar distintos sitios óptimos de deposición en toda la extensión del arco de playa. Se debe evitar que, en el trayecto hacia el sitio seleccionado para el depósito, se transite (con vehículos o peatonalmente) por encima de zonas conservadas. La maquinaria a utilizar deberá ingresar a playa por los ingresos habituales usados, por ejemplo, por maquinaria de limpieza, circular por la orilla y evitar dañar el cordón dunar litoral y la vegetación costera presente.

De haber un arroyo que desemboque naturalmente cerca del sitio invadido por arena, esta puede ser depositada en el mismo, teniendo en consideración no obstruir los drenajes pluviales.

Cuando la arena se encuentre contaminada con materiales de gran tamaño (escombros, rocas, restos de obra) se debe consultar al Ministerio de Ambiente su posible disposición en playa o no.

5.2. PERFILADO Y REVEGETACIÓN

Según la cantidad de arena que se haya depositado en las calles, se sugiere generar terrazas con perfiles de menos de 30° hacia el lado costero de la vía costanera (ver figura 5). Para esto se debe reacomodar la arena que haya escapado del sistema dunar de forma que presente una estructura parecida a la observada en la figura 5 con el objetivo de conseguir una estabilización como la observada en la figura 4. Es importante respetar el máximo grado sugerido (30°) para favorecer la estabilidad de la estructura arenosa y la presencia posterior por vegetación sobre la misma.



Figura 5. Estabilización del talud con la arena volada. Nótense los perfiles de menos de 30°.

Luego de reacomodada la estructura arenosa se debe revegetar la zona (ver figura 6). Se puede evaluar la previa colocación de chipeado de madera sin tratar (por ejemplo, aserrín de residuos de poda) con la función de disminuir la capacidad de **transporte eólico de sedimentos** y como insumo orgánico para la vegetación. La revegetación se debe realizar con especies vegetales herbáceas psamófilas características de la zona. En nuestro país las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Panicum racemosum* (Pasto dibujante), *Senecio crassiflorus* (Margarita de la arena) se asocian a las dunas móviles a lo largo de la costa del Río de la Plata y Océano Atlántico y en cada región son acompañadas de un conjunto diferente de otras especies herbáceas. Luego de estabilizadas estas especies, y si existe el espacio necesario, se puede proceder a plantar arbustos y/o árboles nativos psámófilos. Las áreas urbanas muy afectadas por la sedimentación eólica deben considerar extender la estabilización vegetal hasta el cordón dunar litoral. Se desesti-

ma enfáticamente, y se debe evitar la plantación de vegetación exótica y/o no adecuada para el sitio como por ejemplo *Carpobrotus edulis* (Garra de León o Uña de gato); el equipo de DGCM se pone a disposición para evacuar dudas y al final de esta guía (en bibliografía recomendada) se dejan sugerencias de lectura para indagar más sobre el tema.

Para la revegetación se recomienda:

- ➔ Producir plantines a partir de ejemplares o semillas colectados del propio sitio donde se realizará la restauración
- ➔ Reducir al mínimo la introducción de material exógeno no arenoso, permitiendo únicamente la tierra que sustenta los plantines
- ➔ Reducir al mínimo el movimiento de sustrato, evitando modificar la estructura dunar
- ➔ Reducir al mínimo el tránsito sobre la duna
- ➔ Retirar los residuos plásticos asociados a los plantines

Se adjunta bibliografía de consulta sobre identificación de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas psamófilas que puede ser utilizada como referencia (ver Bibliografía).

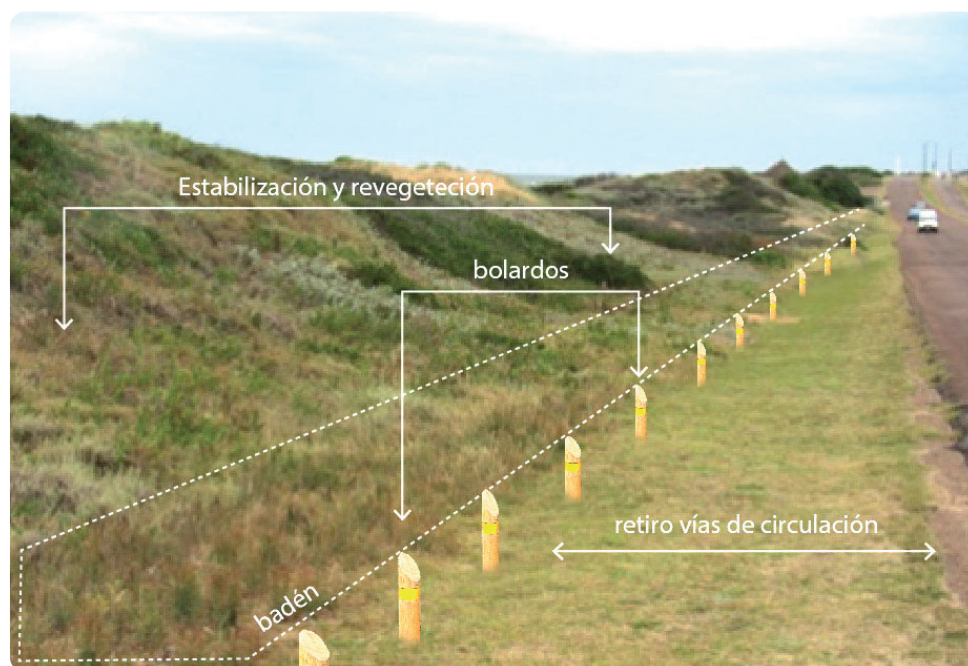


Figura 6. Revegetación del talud dunar con especies herbáceas psamófilas.

5.3. ACONDICIONAMIENTO DE VÍA PÚBLICA

Luego de realizadas las actividades de estabilización y revegetación, se debe acondicionar el borde de la vía pública manteniendo un espacio que pueda recibir un posible avance dunar y evitar que este llegue a la rambla; generando una cuneta verde (sin estructuras duras y permitiendo el crecimiento de vegetación nativa) para la circulación de aguas; y realizar un vallado vehicular que evite el ingreso de vehículos a la zona de playa (ver figura 7). Este acondicionamiento es clave para mantener la eficacia de las actividades de restauración realizadas, evitando la degradación del sistema dunar y la afectación de la fauna y flora asociadas.

Figura 7. Esquema de diseño de espacio para la vereda, cuneta verde para el flujo de aguas e instalación de vallado vehicular.



Las actividades antes descritas deberán realizarse fuera de la temporada estival para evitar que interfiera con la actividad turística, entendiéndose como tal el período comprendido entre el 1o de diciembre y hasta finalizar la semana de turismo.

6. MONITOREO Y CONTINUIDAD DE LAS ACCIONES

Es importante tener en cuenta que algunas de las acciones aquí presentadas requieren ser sostenidas en el tiempo para alcanzar una mayor efectividad, como por ejemplo las acciones de restauración. Siempre que se realicen las acciones de prevención de voladura en los sitios correctos y de forma adecuada se evita la realización posterior de limpiezas de ramblas. En ese sentido, la evaluación constante de las medidas es indispensable para reforzar (en caso de haber sido evaluadas como positivas) o redirigir (en caso de haberlas evaluado como negativas) las acciones. A su vez, analizar las medidas tomadas conociendo el contexto previo y posterior del sitio sirve para poder determinar si los cambios que se evidencian son producto de las acciones de restauración implementadas, para esto es necesario que el monitoreo se inicie antes de comenzar con la restauración. Para ello es necesario sostener un monitoreo de indicadores que permitan ver cambios en el sistema ante la implementación de las acciones previstas.

A continuación, se mencionan brevemente dos técnicas de monitoreo de sencilla implementación que apuntan a detectar cambios en la estructura de la costa:

6.1. MONITOREO DE TOPOGRAFÍA

Se sugiere mantener un monitoreo de la topografía y geomorfologías (ver figura 8) del sitio para poder evaluar el impacto de las acciones de limpieza sobre el mismo. Para más información ver Anexo 1: Elementos de importancia para relevamientos fotogramétricos mediante el uso de drones.

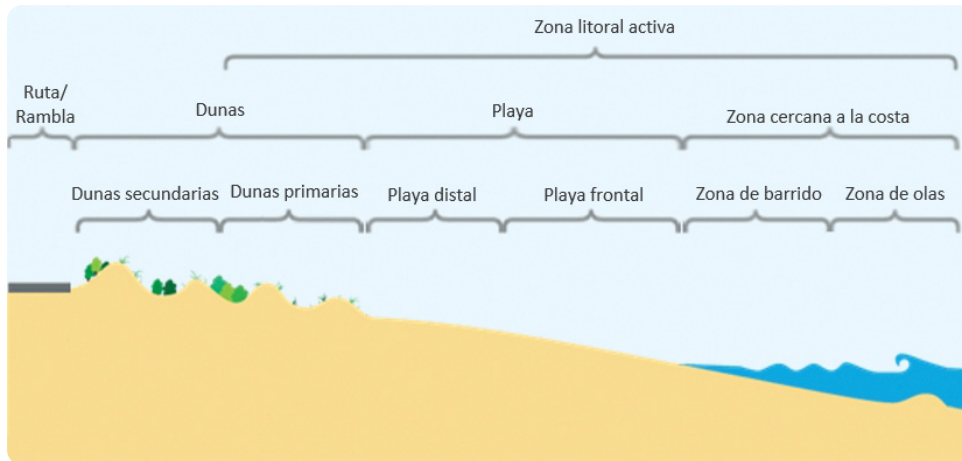


Figura 8. Representación simplificada del perfil costero como suele encontrarse en nuestro país cuando están acotados por una ruta/rambla costera.

6.2. MONITOREO FOTOGRÁFICO

Este monitoreo consiste en tomar fotos del área desde un sitio particular antes de restaurarla, y seguir tomando fotos desde el mismo sitio todos los meses para obtener la evolución visual del proceso de recuperación. Este registro fotográfico, acompañado por la medición de perfiles de playa (ver Anexo 1 de “Guía para la reconstrucción del cordón dunar”), mejora la capacidad de interpretación del comportamiento del sistema. El monitoreo deberá iniciarse previo al inicio de la intervención (línea de base), tomando fotografías que permitan observar en perspectiva la zona a restaurar. Se sugiere que la frecuencia de las fotografías sea la misma que la de medición de perfiles. Es imprescindible que las fotografías sean tomadas siempre desde el mismo punto, idealmente por la misma persona y con la misma cámara fotográfica, para poder luego realizar una comparación entre las imágenes.

6.3. REGISTRO DE CANTIDAD DE ARENA

Se sugiere llevar un registro de la cantidad de arena que se retira en cada fecha para permitir monitorear la evolución del sistema en base a si la cantidad de arena que ingresa a la vía costera crece, decrece o se mantiene igual en el tiempo. Esto sirve para poder evaluar, a su vez, las acciones de prevención que se han realizado y tomar decisiones respecto a aumentarlas y/o ubicarlas en otros sitios por los cuales se pierde arena.

7. COMUNICACIÓN E INVOLUCRAMIENTO

La comunicación a la población local de los diagnósticos técnicos y las acciones sugeridas, así como el involucramiento de esa población en la generación de insumos y toma de decisiones son componentes indispensables para el manejo integrado y adaptativo. Es igualmente importante involucrar a las diferentes instituciones y organizaciones que tengan competencias o estén desarrollando acciones en ese territorio, buscando una articulación de estas medidas con otras que se estén implementando. Esto cobra especial relevancia por si algunas de las medidas tienen una interacción negativa con otras, por ejemplo, si el sitio donde se planea depositar la arena o donde se tiene intención de realizar acciones de prevención está a su vez siendo evaluado para ser intervenido de alguna otra forma (instalación de un parador, o caseta de guardavidas, zona de deportes, estacionamiento, etc). Es importante que el involucramiento y articulación ocurra desde etapas tempranas del desarrollo de las propuestas de restauración y conservación. En ese sentido, es importante contar con:

7.1. INSTANCIAS DE COORDINACIÓN INSTITUCIONAL

Se deben prever instancias de encuentro u otras formas de coordinación entre los actores institucionales que promueven acciones de diversa índole en zona de playa. Es importante que las diferentes personas e instituciones vinculadas, directa o indirectamente, a las acciones de conservación y restauración de playas manejen la información en forma adecuada. Algunos ejemplos de instituciones clave que se sugiere tener en cuenta para estas coordinaciones son, en caso que corresponda, MA, PNN, MTOP, Intendencias, Municipios.

7.2. INSTANCIAS DE PARTICIPACIÓN

Para que el involucramiento y articulación ocurran se deben prever instancias de encuentro u otras formas de coordinación con una frecuencia y dinámicas adecuadas a cada sitio. Es importante que las diferentes personas e instituciones vinculadas a las acciones manejen la información sobre la temática en forma adecuada y se recaben distintas propuestas y/u opiniones antes de la realización del proyecto de restauración.

7.3. CARTELERÍA Y DIFUSIÓN

Es importante acompañar las acciones con cartelería informativa para el público en general (ver figura 9). Además de la población permanente, los sitios donde se realizan las acciones reciben visitantes esporádicos que podrían no conocer el marco en el que se realizan las acciones. Para que las medidas sean correctamente interpretadas e incluso surjan nuevas interacciones positivas con esa población esporádica. A su vez, se sugiere mantener informada a la población general a través del uso de redes sociales institucionales sobre las distintas acciones que se estén realizando, las instancias de involucramiento y coordinación en las cuales puedan participar y los resultados que se observen de las intervenciones realizadas.

El Departamento de Gestión Costera y Marina (DGCM)-MA, se pone a disposición por cualquier consulta que pudiera surgir para la implementación de la presente guía. Mail: dgcm@ambiente.gub.uy

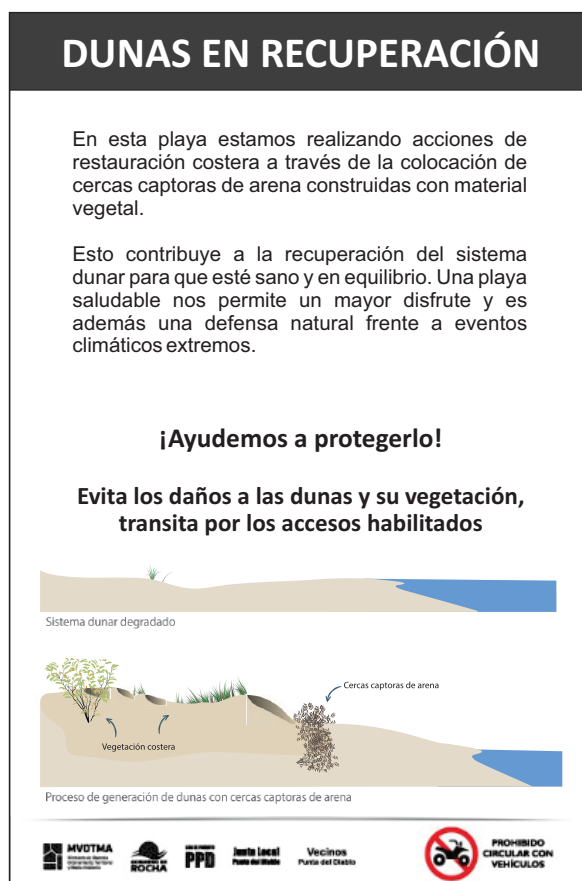


Figura 9. Ejemplo de cartelería para procesos de recuperación dunar.

8. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

APROBIOMA. 2014. Remanentes verdes de la costa. Experiencia en la identificación, conservación y uso de la vegetación autóctona costera en Maldonado. 23pp. Disponible en:

<https://aprobioma.files.wordpress.com/2014/05/folleto-info-aprobioma-pre.pdf>

Comité de Especies Exóticas Invasoras. 2014. Especies exóticas invasoras en el Uruguay. 50pp. Disponible en:

https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Especies_exoticas_invasoras_en_el_Uruguay_2014.pdf

Delfino, L. 2014. Vegetación de arenales. En: manual del Curso de Conocimiento y Reconocimiento de Flora Indígena (Páginas 96 a 98). Disponible en:

http://jardinbotanico.montevideo.gub.uy/sites/jardinbotanico.montevideo.gub.uy/files/articulos/descargas/manual_del_curso_de_flora_indigena_beta_2014.pdf

MVOTMA, DINAGUA. 2009. Manual de diseño de sistemas de aguas pluviales urbanas. Disponible en:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiHwr-71N7oAhVHEbkGHSO7DoMQFjAAegQIARA-B&url=https%3A%2F%2Fwww.mvotma.gub.uy%2Fcomponent%2Fk2%2Fitem%2Fdownload%2F8508_8e5b3fe3e586b43f3d73776718843afc&usg=AOvVawOi-Qx0yY1cKjvi9-7AWc8dr

MVOTMA. 2017. Guía práctica para la medición de perfiles de playa. 2pp.

MVOTMA. 2020. Lineamientos para acciones de restauración dunar.

MVOTMA. 2020. Lineamientos para el diseño de accesos peatonales a zona de playa.

Unidad de cambio climático. 2011. Ficha técnica N°2- Proyecto PNUD-GEF URU/07/G32.

Unidad de cambio climático. 2011. Ficha Técnica N° 5 - Proyecto Pnud-Gef URU/07/G32.

ANEXO

ELEMENTOS DE IMPORTANCIA PARA RELEVAMIENTOS FOTOGRAMÉTRICOS MEDIANTE EL USO DE DRONES

INTRODUCCIÓN

Los drones industriales son vehículos aéreos autónomos, portátiles y confiables, que tienen suficiente potencia y autonomía para volar con una amplia gama de sensores, lo que permite que sean empleados en diversos rubros. Uno de los campos de mayor impacto es en la topografía, donde gracias a ellos es posible realizar levantamientos topográficos de gran precisión en poco tiempo, suministrando a los procesos de Ingeniería información completa y confiable.

La escala de trabajo de los drones los convierte en una herramienta ideal para cubrir la brecha existente entre los levantamientos con aerofotografía y los levantamientos convencionales por tierra. Además, combina la precisión y detalle de una visita al campo con la cobertura y alcance de una aeronave.

Dependiendo de la plataforma aérea y prestaciones del equipo empleado, son ideales para cubrir extensiones desde cientos hasta miles de hectáreas y desde decenas hasta cientos de kilómetros lineales. Todo ello en poco tiempo, bajos costos de logística y reducción en el trabajo de campo y riesgo humano.

CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA LOS RELEVAMIENTOS FOTOGRAMÉTRICOS MEDIANTE EL USO DE DRONES O UAV (VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS).

EQUIPOS UAV

Los UAV o drone que se requieren deben ser de tamaño pequeño, autonomía para conseguir un registro suficiente de datos, que sostengan la posibilidad de conocer su posicionamiento (GPS) y que permitan el transporte y control de una cámara fotográfica que permita fotografías de alta resolución (Ej.: Cámaras 20 Mega píxeles). Hoy día los equipos existentes en el mercado cuentan en su mayoría con estas características y especificaciones mínimas para los relevamientos fotogramétricos.

El rol del drone en el trabajo de levantamientos topográficos es el de adquirir los datos del campo mediante la toma georreferenciada de fotografías aéreas verticales consecutivas y homogéneas que se solapan entre ellas a fin de crear pares estereoscópicos entre las fotos.

GPS GNSS O ESTACIÓN TOTAL

Los equipos GPS GNSS¹ son sistemas pasivos de navegación basados en las emisiones de radiofrecuencia de los satélites emisores los cuales proporcionan una referencia espacio-temporal independientemente de las condiciones atmosféricas del momento, todo ello en cualquier lugar de la Tierra y de manera ininterrumpida.

Una Estación Total consiste en un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico que nos permite identificar un punto con coordenadas x,y,z.

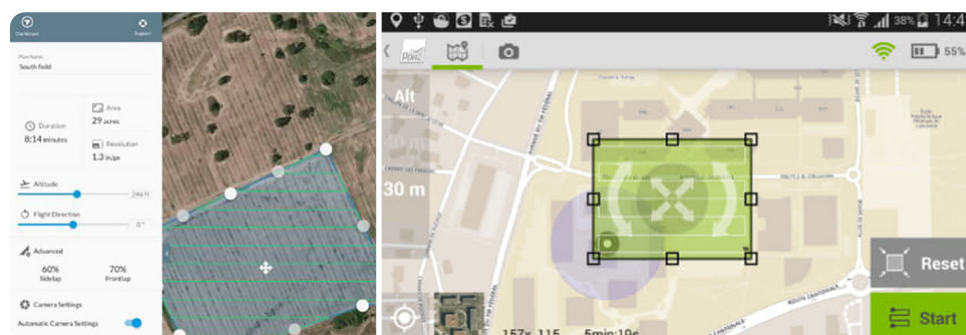
SOFTWARE ESPECIALIZADO

SOFTWARE PARA ELABORAR EL PLAN DE VUELO

La planificación de las líneas de vuelo mediante software sirve de apoyo para el equipo que va realizar el trabajo fotogramétrico, puesto que demarcan las zonas de interés, la separación entre líneas de vuelo y el tiempo aproximado para realizar las tomas, esto con el fin de asegurar una máxima calidad y precisión.

Actualmente existe una variedad de aplicaciones especializadas para la elaboración de los planes de vuelo que nos permiten configurar diferentes características que magnifiquen los resultados ajustados a las necesidades de cada vuelo (altura de vuelo, número de líneas paralelas, porcentaje de solape, tiempo de vuelo, velocidad de vuelo, etc). Gran parte de este software funciona bajo diferentes plataformas operativas (Android, IOS, Windows, Linux) pudiendo algunas estar limitadas en funciones según estas sean pagas o no, entre las principalmente usadas encontramos: DJI Ground Station Pro, Pix4D Capture, Drone Deploy, Mission Planner, etc.

Figura 1.- Software para la elaboración de planes de vuelo para relevamientos fotogramétricos, Drone Deploy (derecha), Pix4D Capture (izquierda).



¹ Llamado también "GPS diferencial"

SOFTWARE DE PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO

El software especializado permite procesar las imágenes captadas por el dron, tomando la información de calibración de la cámara, el punto donde se tomó la foto y las coincidencias entre las múltiples fotos, generando la nube de puntos georreferenciada de la superficie del terreno sobrevolado.

Actualmente existe una gran variedad de software para el procesamiento de relevamientos fotogramétricos. Estos paquetes se caracterizan por su gran consumo de recursos informáticos que a posteriori determinan la capacidad de procesamiento y tiempo del mismo.

PROGRAMA	PLATAFORMA	LICENCIA
Opendronemap	Linux	Libre
Visual SFM	Linux, OSX, windows	Libre
Open MVS	Linux OSX, Windows	Libre
123D Catch	Android, iOS, Windows, web based	Libre Descarga
PhotoModeler	Windows	Desde 3500 €
Drone2Map	Windows	1500 \$ año 260 €/mes 2600 €/año
Pix4D	Windows, OSX (Beta), Online	6500 € perpetua
PhotoScan	Linux, OSX, Windows	179 \$ Standard 3499 \$ Professional
DroneDeploy	Online	Pro 99 € mes Business 300 € mes
DroneMapper	Online, Escritorio	Desde 250 \$ Online

Figura 2.- Principales software para el procesamiento de relevamientos fotogramétricos. (FG Training, 2020).

ÁREAS DE ESTUDIO

Sitios Pilotos en la que se aplicaran Medidas de Adaptación a los impactos del Cambio Climático en la Zona Costera de Uruguay.

Áreas de mayor vulnerabilidad costera u otras seleccionadas por las Intendencias costeras, abarcando superficies o polígonos de playa de interés, con un área de influencia terrestre perpendicular y transversal. Sin embargo, la variabilidad de las coberturas a relevar mediante fotogrametría dependerá de la configuración espacial de cada área.

PLANIFICACIÓN DE VUELO Y PARÁMETROS DE VUELO:

El diseño del vuelo se hace en función de la resolución o de la escala que se pretenda obtener, del tipo de terreno, su ubicación, sus detalles, la extensión a relevar y condiciones meteorológicas imperantes, fundamentalmente la velocidad del viento.

El Plan de Vuelo se elaborará mediante el uso del software dispuesto por el operador o piloto del drone previo al relevamiento. Por otra parte, se deben tener las siguientes consideraciones:

1. El área de cobertura de vuelo debe ser superior al área de estudio.
2. Configurar el enlace entre los equipos previo al relevamiento con el software de elaboración del plan de vuelo.
3. Verificar la configuración de la cámara previa al relevamiento (depende del software a hacer uso).
4. El solape de cobertura debe ser igual o superior al 75%, este dependerá del número de transectas paralelas (a mayor densidad de transectas mayor será el solape entre las fotos).
5. La altura de vuelo no debe superar los 120 metros de altura.
6. La velocidad de vuelo dependerá del modelo del drone, pero no debe superar los 7.5 m/s.

Una vez configurados todos los parámetros de vuelo, el software de planificación nos ofrece información del número de fotografías a tomar, tiempo de vuelo del plan u otros parámetros de interés para el buen funcionamiento de la aeronave de forma automática.

ACTIVIDADES EN TERRENO

1. Evaluar previamente el área de estudio a relevar haciendo uso de herramientas SIG (QGIS, ArcGIS, Google Earth, GlobalMapper, etc.) y asignar los posibles puntos de control (GCP²) en tierra.
2. El número de GCP dependerá del área de interés, este debe cubrir toda la zona de estudio teniendo énfasis en colocar puntos de control en las zonas medias del área.
3. La distribución de los GCP deben cubrir con al menos un punto los extremos de nuestra zona de interés longitudinal y transversal dentro de nuestro plan de vuelo. Se recomienda realizar este paso previo a la elaboración del plan de vuelo.

² GCPs: Ground Control Points por sus siglas en inglés

4. Reconocer en campo la ubicación geográfica de los GCP y colocar las dianas de apoyo sobre el terreno. También se puede hacer uso de estructuras fijas en el suelo visibles en el vuelo que sirvan de referencia (esto dependerá del sitio a relevar). En caso de los arcos de playa es imprescindible la colocación de GCP en las zonas de alta dinámica litoral en su zona media y alta evitando la zona intermareal.
5. Las dianas deben ser colocadas previo al vuelo del drone. Se recomienda que las dianas posean las siguientes características:
 - a. Medidas de al menos 60,96 x 60,96 cm
 - b. Colores de contraste sobre terreno (blanco y negro, o blanco y rojo preferiblemente).
 - c. El material de la diana se recomienda de lona de vinilo o de algún material impermeable al agua.
6. Los GCP deben ser relevados con equipo GPS GNSS o con una estación total en su centroide.

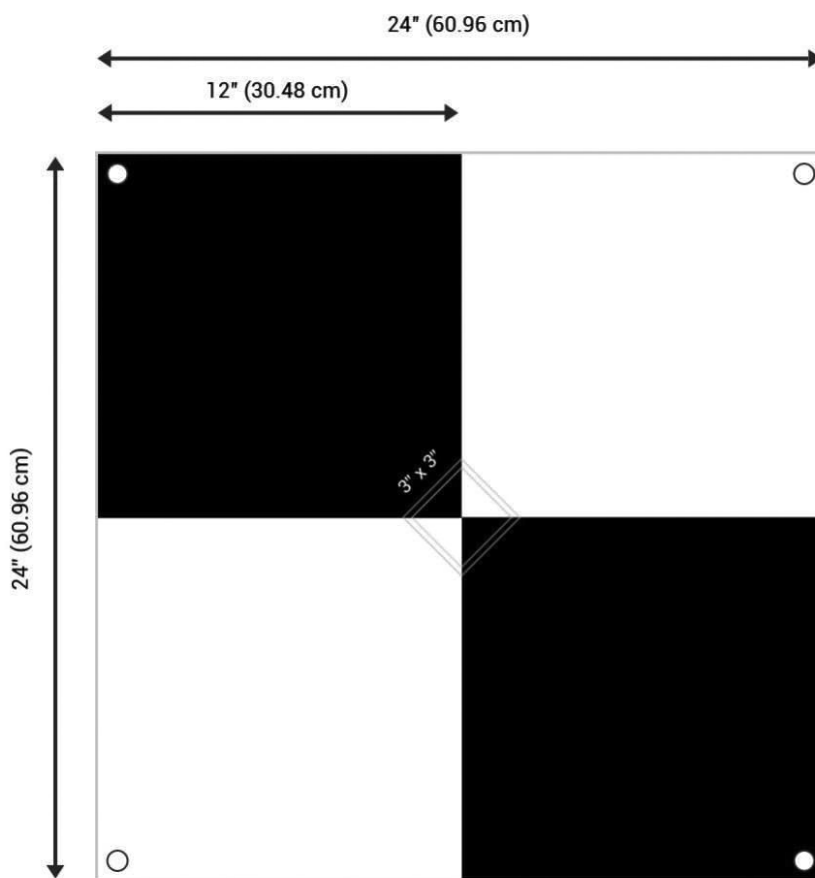


Figura 4.- Medidas y especificaciones recomendadas de una diana para la colocación de GCP en terreno.

PRODUCTOS DERIVADOS DE LOS RELEVAMIENTOS

Se recomienda el uso del sistema de coordenadas UTM, referidas al datum SIRGAS ROU98 21S (EPSG: 5382) para todos los procesos a priori y posteriori al análisis fotogramétrico.

Productos principales:

- ➔ Ortomosaico
- ➔ Modelo Digital de Elevación
- ➔ Modelo Digital de Superficie
- ➔ Nube de puntos
- ➔ Fotografías aéreas
- ➔ Coordenadas x,y,z de los GCP

INFORME Y METADATOS

Del análisis fotogramétrico se debe elaborar un informe técnico con las siguientes características:

1. Descripción del medio relevado (ubicación geográfica, área relevada, día de relevamiento, parámetros de vuelo, resolución de los productos (GSD).
2. Descripción metodológica (equipos utilizados, software, actividades en terreno, registro fotográfico de actividades, condiciones meteorológicas del día de relevamiento).
3. Resultados obtenidos (número de imágenes calibradas, porcentaje de cobertura de las imágenes, RSME X, Y, Z de GCP, Modelo Digital de Superficie, Modelo Digital de Terreno y Ortomosaico, u otros parámetros de interés).
4. Técnicos encargados del relevamiento fotogramétrico.

SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

1. Previo a realizar el vuelo fotogramétrico se recomienda tener en cuenta las condiciones meteorológicas del día de relevamiento.
2. Es recomendable tener en cuenta las condiciones de luz natural idóneas y evitar horas con poca luz, esto dependerá de la época del año y del porcentaje de nubosidad del día programado para el relevamiento, para evitar fotografías oscuras o borrosas.
3. Definir el área de estudio y realizar la programación del vuelo antes de ir al terreno e instalar las dianas antes de despegar.
4. Evitar vuelos con condiciones de vientos desfavorables para el modelo del dron. Esto mejora la autonomía de vuelo de los drones.
5. Prever una ubicación estable de las dianas a lo largo de todo el vuelo (voladura, vandalismo, etc.).
6. Relevar las zonas de vulnerabilidad costera a posteriori de un evento extremo.
7. Se recomienda un monitoreo de zonas vulnerables o de interés en la zona costera con periodos de relevamientos en la época invernal y estival.



Ministerio
de Ambiente