



Fernando J. Martínez Cintrón
Consejero: Dr. Héctor J. Cruzado

Departamento de Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental y Agrimensura

Resumen

La situación actual en el Paseo Lineal de Puerta de Tierra requiere una acción inmediata para mitigar la erosión costera. Bajo el renglón de análisis, se evaluaron varias alternativas y en busca de efectividad tanto económica, durabilidad, y proceso de instalación se encontró que el uso de tubos geotextiles son una solución de amplia gama con muchos beneficios como protección de biodiversidad, control de erosión y adaptación al medioambiente. Es imperativo como toda construcción, que haya un monitoreo periódico para maximizar la inversión y a la vez proteger la zona costera.

Introducción

El proceso erosivo es un fenómeno natural que ocurre en todos los cuerpos de agua, especialmente en la zona costera. Esto se debe a un constante proceso de deposición de arena y remoción de arena que son determinados por la energía de las olas y por la fuente de los mismos sedimentos. Esto produce un desbalance cíclico el cual crea un déficit cuando la remoción ocasionada por la erosión no puede ser repuesta luego. Durante los pasados cinco años, el paseo lineal en Puerta de Tierra ha experimentado erosión a tal nivel de comprometer estructuras adyacentes y presentar un peligro inminente a los transeúntes.

El objetivo general de este estudio es presentar la estrategia viable que cumpla con las condiciones existentes y permita el control de erosión en el paseo lineal para conservar la integridad de la playa y todas las infraestructuras aledañas. Por eso es imperativo entender los procesos costeros y luego poder aplicar la ingeniería de forma que se pueda mitigar dichas zonas.

Trasfondo

El manejo de la erosión costera es vital en cualquier país. Es importante presentar una solución que sea costo efectivo y que beneficie al equilibrio natural de la zona costera.

La construcción del paseo lineal de Puerta de Tierra comenzó en el 2014 con la asignación de \$32 millones. La duración de la construcción fue aproximadamente dos años. La intención principal era crear un centro de recreación pasiva entre los transeúntes, ciclista y poder aliviar el flujo vehicular hacia el Viejo San Juan. Siendo un área altamente concurrida por turistas, el proyecto sería un baluarte a la economía de la ciudad. Siete años más tarde, se puede ver como se ha deteriorado la zona a tal nivel que se han cerrado áreas por alto riesgo a derrumbes.

Problema

La situación en el Paseo Lineal en Puerto de Tierra se ha agravado con el pasar del tiempo y no habido ninguna respuesta por parte de las agencias gubernamentales. Es imperativo que se atienda esta situación con cautela ya que hacer caso omiso a la situación podría empeorar y resultar más costoso. La erosión costera amenaza constantemente y es prudente buscar una solución viable que permita retrasar dicho proceso y proteger nuestras playas.

Metodología

Como parte de la metodología se tomaron en consideración los siguientes puntos:

- Evaluación del estado actual del terreno costero.
- Delimitar las zonas de mayor impacto a la erosión.
- Evaluar la diferentes alternativas viables para el control de erosión.
- Analizar el impacto económico de las diferentes alternativas.
- Proveer una propuesta consolidada con el método viable tanto en costo como en tiempo de respuesta.

La región de mayor impacto necesita una respuesta inmediata. Por esta razón se ha delimitado la zona de mayor riesgo con un aproximado de 1,100 pies lineares. El área a ser impacta es aproximadamente 21,600 pies cuadrados.



Figura 1

Estado en la Zona Costera en el 2019 (Fuente: Google Earth)

Para el estudio de caso se evaluaron cinco alternativas. Mediante la aplicación de métodos ingenieriles, se podrá mitigar el proceso de erosión costera. Existen varios métodos viables que pueden reducir la erosión costera. Estos son:

- Regeneración de Playas: Proceso mediante el cual se extrae arena de otro lugar para rellenar el área afectada y poder estabilizar el proceso natural de la erosión..
- Geotextiles: El uso de geotextiles rellenos de arena para poder mantener la arena en la zona y evitar que la misma regrese al mar debido a la erosión.
- Arrecifes Artificiales: Se construyen en el área del ante playa y su finalidad es actuar como un rompeolas sumergido.
- Rompeolas: El método utiliza rocas de gran magnitud en altamar o en la costa para reducir la energía potencial de la ola.
- Dolos: Son principalmente bloques de hormigón armado de formas geométricas que pueden llegar a pesar hasta 80 toneladas. Son utilizados en muchas ocasiones para construir revestimientos de protección contra las fuerzas erosivas de las olas de un cuerpo de agua.

Resultados y Discusión

Dentro de la evaluación de las alternativas presentadas en la sección anterior, se encontró que la instalación de tubos geotextiles es la más costo efectivo y eficaz para la zona del Paseo Lineal en Puerta de Tierra.

- Permite flexibilidad ya que se pueden instalar con mayor facilidad y rapidez en comparación con las demás alternativas.
- No implica el uso de equipo en altamar y mediante el bombeo de arena luego de ser colocados los tubos se procedería a llenar los mismos con arena.
- Tienen poco impacto ecológico ya que el material es eco amigable.

Estos puntos refuerzan el objetivo principal de esta investigación el cual es presentar una estrategia viable que cumple con las condiciones existentes y permite el control de erosión en el paseo lineal para conservar la integridad de la playa y todas las infraestructuras aledañas.



Figura 2

Instalación de Geo-tubos (Fuente: GeoSistemas – Google Imágenes)

La Tabla 1 demuestra una evaluación de las alternativas bajo diferentes renglones de estudios. Entre estos se encuentran si la medida presentada aporta una reducción al impacto ambiental, si es costo efectivo, cuan complejo es el método de instalación, ciclo de vida de una construcción sostenible y tiempo estimado en que se podría resolver la situación.

Tabla 1
Comparativa de Alternativas

Alternativa:	Medidas Ecológicas:	Costo Efectividad:	Facilidad de Instalar o Colocar:	Tiempo de Efectividad:	Rapidez en el Tiempo de Respuesta
Regeneración de Playas	Si	No	No	No	Si
Geotextiles	Si	Si	Si	Si*	Si
Arrecifes artificiales	Si	Si	No	Si	No
Rompe Olas	No	No	No	Si	No
Dolos	No	No	No	Si	No

Conclusión

La introducción de los tubos geotextiles como método efectivo en el Paseo Lineal son sin duda el siguiente paso para mitigar la erosión. Su bajo costo, fácil instalación y versatilidad del producto permite que sea una alternativa viable y eficaz siempre y cuando se tenga un plan de mantenimiento periódico.

La selección se basó en un análisis de varias alternativas las cuales fueron cada una de ellas evaluadas bajo diferentes renglones en los capítulos anteriores.

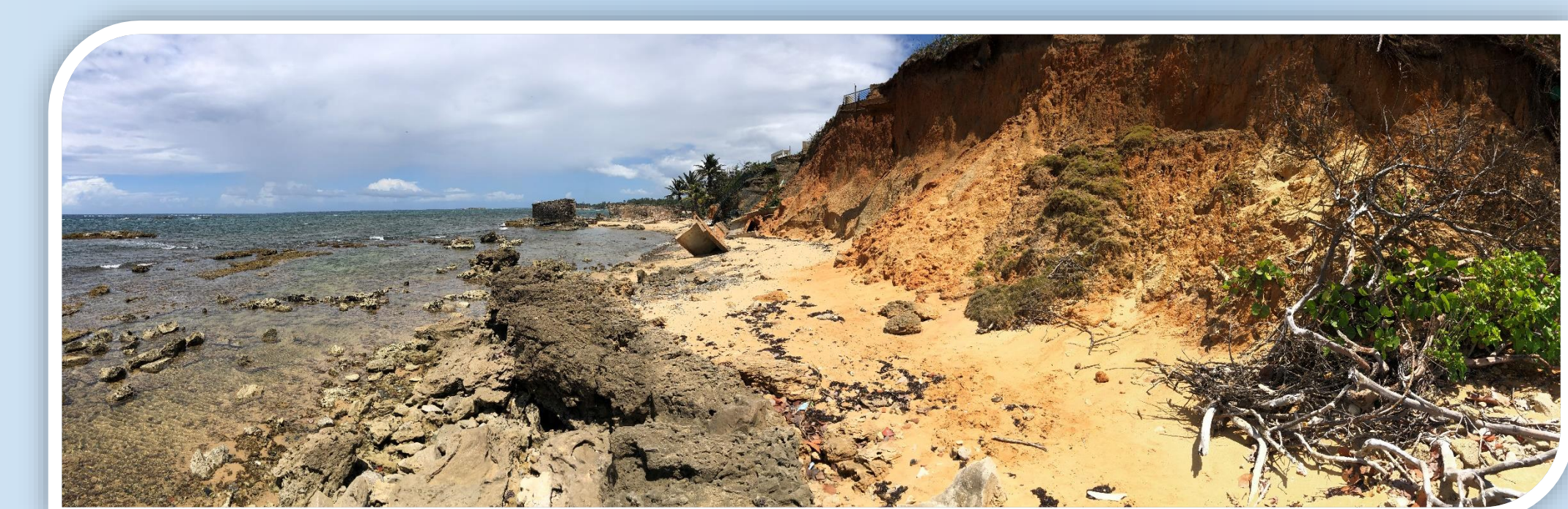


Figura 3

Estado Actual en el Paseo Lineal

Trabajos Futuros

Existen diversas líneas de investigación que quedan abiertas y en las que es posible continuar trabajando. Durante el desarrollo de este proyecto, se encontró que luego de seleccionar el método viable, en este caso los tubos Geotextiles, se debe implementar un sistema de monitoreo que permita conocer el estado en que se encuentra dicho método. De esta manera, se maximiza los beneficios que ofrecen los tubos Geotextiles y podrían ser utilizados en otras zonas donde amerite una solución a la erosión costera.

Referencias

- [1] Dean, R. G. (2004). Coastal Processes with Engineering Applications. Cambridge University Press. Disponible: <https://search.proquest.com/legacydocview/EBC/201854>
- [2] ANCORIM (Atlantic Network for Coastal Risk Management). (n.d.). Soluciones alternativas para la protección de las costas. [CORIMAT]. Disponible: https://corimat.net/wp-content/uploads/2017/03/2_Outil2_56P_ES.pdf
- [3] Vitale, M. (2021, Febrero 17). Ocean City, N.J., plans more geotextile tubes to protect beaches. Geosynthetics Magazine [IFAI Publications]. Disponible: <https://geosyntheticsmagazine.com/2021/02/17/ocean-city-n-j-plans-more-geotextile-tubes-to-protect-beaches/>
- [4] Shin, E., & Kim, S. (2018). Case study of application geotextile tube in the construction of sea dike and shore protection. [MATEC Web of Conferences] Disponible: https://www.researchgate.net/publication/328933700_Case_study_of_application_geotextile_tube_in_the_construction_of_sea_dike_and_shore_protection/fulltext/5bec291692851c6b27be03b2/Case-study-of-application-geotextile-tube-in-the-construction-of-sea-dike-and-shore-protection.pdf