

# METODOLOGÍA PARA LA REHABILITACIÓN Y PROTECCIÓN DE PLAYAS

• Ronnie Torres-Hugues • Luis Córdova-López •  
Centro de Investigaciones Hidráulicas, Cuba

## Resumen

Las obras de ingeniería para la rehabilitación de playas requieren de una metodología de diseño que permita a los ingenieros llevar a cabo de forma óptima los proyectos, ya que es necesario ordenar los datos y métodos para enfrentar y resolver el problema de erosión costera. El Grupo de Modelación Física de Obras Costeras y Marítimas del Centro de Investigaciones Hidráulicas, Cuba, ha tenido que plantear metodologías de trabajo que permitan desarrollar de forma más eficiente los proyectos de rehabilitación de playas. A medida que se ha ganado experiencia con el desarrollo de varios trabajos, se han mejorado dichas metodologías. Se expone el desarrollo y análisis de la evolución de una metodología.

**Palabras clave:** protección, rehabilitación, playa, metodología, erosión.

## Introducción

La protección y rehabilitación de playas es una realidad inminente en la mayoría de las playas del mundo. Llevar a cabo estas actividades es un proceso complejo. Esto se debe fundamentalmente a la determinación de las causas y los procesos imperantes en el sistema, y a los requerimientos técnicos de las soluciones. Según sean las causas, se deberá adoptar la estrategia conveniente. Para caracterizar adecuadamente estas causas es indispensable llevar a cabo la recolección de datos correspondiente. Los proyectos asociados con este tipo de actividades son costosos.

Así, es necesaria una metodología de diseño capaz de guiar a los especialistas en estas labores, para garantizar soluciones más efectivas.

## Antecedentes

Después de realizar investigaciones orientadas a solucionar zonas de playas erosionadas, dirigidas por el doctor Córdova (Lausman *et al.*, 2003; Matamoros y Peraza, 2004; Van der Hengel *et al.*, 2004; Torres, 2007; Córdova y Torres,

2008), y obtener algunos datos de la zona de estudio, que incluían el análisis de proyectos realizados por otras instituciones y consultar la literatura internacional, se pudo constatar que existían aspectos que no permitían a los especialistas realizar proyectos de forma completa, fundamentalmente por dos razones: la existencia de metodologías de diseño que no satisfacían totalmente los pasos necesarios para realizar los proyectos, y que existe mucha información dispersa en un número importante de literatura, lo que hace más compleja la toma de decisiones.

Por las razones antes expuestas, se establece como objetivo desarrollar una metodología general de diseño que satisfaga los pasos para las propuestas de solución. Para darle cumplimiento a este objetivo, se consultaron y analizaron varios trabajos. A continuación se muestra un análisis crítico sobre éstos.

La metodología propuesta por Lausman *et al.* (2003) surge como resultado del estudio de erosión del tramo más crítico de la playa varadero, Matanzas, Cuba. En esta propuesta no se toman en cuenta los datos geológicos, climáticos, oceanográficos, biológicos y fluvia-

les. Por otra parte, en la estimación de las consecuencias sólo incorporan los aspectos relacionados con la salud, recreación y medio ambiente, cuando intervienen otros como técnicos, funcionales, sociales, económicos, judiciales y legales; además, no se indica cómo interviene esta evaluación de aspectos en las actividades subsiguientes, y por último, no se detalla de forma clara cómo debe actuarse ante fenómenos en el corto plazo, como son los ciclones tropicales, que impactan la zona cada año.

En 2004, en el estudio realizado por Matamoros y Peraza (2004), se incluye este último aspecto, aunque relacionado sólo con el vertimiento de arena. En la metodología general, la definición del área de proyecto es pobre, al definirla sólo con la batimetría y el clima marítimo, cuando se pudieron haber incluido los datos geológicos, climáticos, sedimentológicos, biológicos y fluviales. La estimación de la capacidad de transporte de sedimentos longitudinal es un elemento anterior para determinar y cuantificar las causas de erosión, pero no es el único, por lo que debieron tomarse en cuenta otras posibilidades de transporte de sedimentos, como el transversal, que predomina en condiciones de tormenta, el eólico y el fluvial. Definir los requerimientos del proyecto es independiente de la estimación de la capacidad del transporte de sedimentos, por lo que debe analizarse y plantearse como una actividad aparte. La metodología no prevé las actividades de ejecución y evaluación de la solución. Para el caso del análisis a corto plazo, no necesariamente el diámetro medio es el parámetro que contiene la información necesaria para caracterizar la mecánica del sedimento. Entre otros parámetros es importante tener información sobre el factor de forma, velocidad de caída, velocidad de inicio de movimiento, densidad, distribución granulométrica, etcétera, y no se especifica con qué actividades se relacionan la batimetría y el clima marítimo, así como el tipo de perfil.

En la metodología correspondiente a CUR (1987), planteada en el *Manual de Alimentación*

*Artificial de Playas del Centro de Investigaciones Ingenieras de DELFT* (Reporte 130), se puede apreciar que en la selección de medidas de protección se plantean varias, aunque sólo la variante de suministro de arena se emplea para la consecución de acción con el diseño de la misma, dejando inconclusa cualquier variante que contemplara una solución de otro tipo, que también han sido efectivas.

Por su parte, la metodología de CIRIA (1995) no expresa nada acerca de la recogida de datos, estudio de los procesos morfológicos, y determinación de las causas de erosión y requisitos de proyecto.

Torres (2007) toma en cuenta la posibilidad de evaluar las acciones llevadas a cabo para valorar su impacto; sin embargo, presentaba una compleja estructura de pasos. En las zonas críticas, denominadas Varadero Histórico (Kaput *et al.*, 2007) y zona de los hoteles Melía (Córdova y Torres, 2008), en la playa de Varadero, se aplicó esta nueva versión, y se propusieron soluciones con un mayor grado de elaboración.

## Metodología propuesta

A partir del análisis anterior y sopesando los aspectos positivos y negativos de cada metodología, se expone una nueva. Dicha propuesta se explica a continuación y se muestra en la figura 1.

## Causas de erosión

Para proteger o rehabilitar una playa erosionada se deben encontrar las causas que dieron origen a esta situación mediante el estudio de los procesos morfológicos que ocurren en el área, para determinar cuál o cuáles son los gobernantes. Como causas de erosión se pueden encontrar la interrupción del transporte de sedimentos longitudinal, la reducción de la fuente de sedimento, la erosión de las dunas debido a sobreelevaciones durante los temporales, el desplazamiento de los canales de marea, la variación del nivel

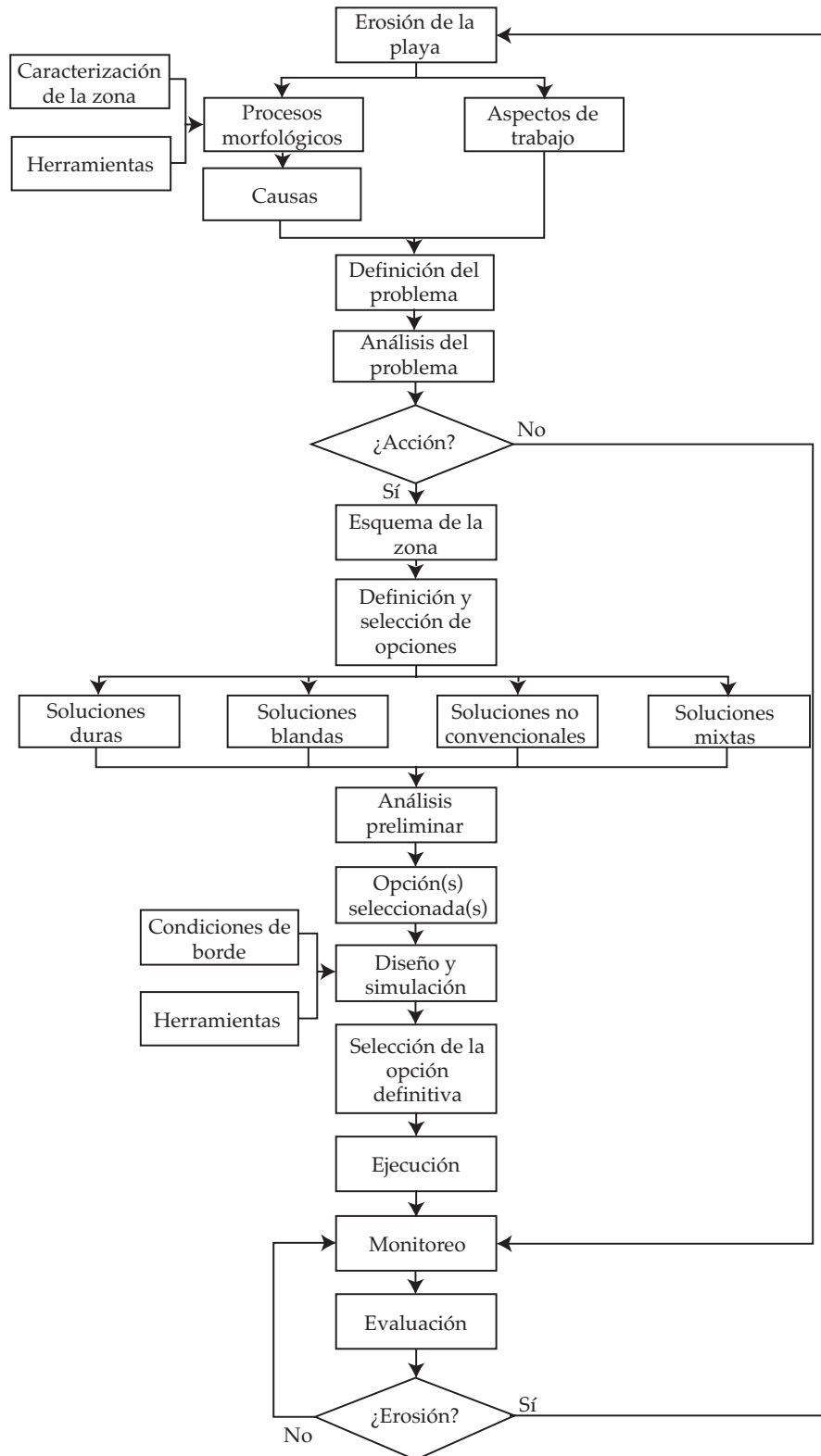


Figura 1. Metodología para la rehabilitación y protección de playas.

medio relativo del mar y la extracción de arena.

### Caracterización de la zona

Una vez que los procesos morfológicos predominantes han sido establecidos, sólo queda plantear el balance sedimentario de la zona en estudio, mediante el cual se define el comportamiento de la playa. Alcanzar una aproximación suficientemente buena en el establecimiento de éste dependerá de la calidad de los datos obtenidos. Para ello es imprescindible hacer una caracterización de la zona, donde se cuente con datos geológicos, geográficos, topográficos y batimétricos, sedimentológicos, oceanográficos, climatológicos, biológicos, fluviales y los relacionados con el nivel de interferencia humana.

### Herramientas

El empleo de diversas herramientas permite cuantificar y cualificar procesos. Éstas pueden ser las técnicas de análisis, técnicas de extrapolación, modelos matemáticos y mediciones de campo.

Como técnicas de análisis se pueden citar la comparación, mediante fotos de satélite, fotografías, planos altimétricos y batimétricos, e información obtenida mediante consulta de personas conocedoras del lugar, entre otras. Las fotos de satélite y/o fotografías aéreas del área del proyecto deben tomarse en intervalos específicos y pueden usarse para la construcción de un mapa de base que retrate los cambios de la costa durante todo el periodo del proyecto.

Las técnicas de extrapolación se pueden aplicar en el caso de que exista similitud entre la playa en cuestión y otra ya proyectada.

Los modelos matemáticos posibilitan cuantificar, entre otras cuestiones, la capacidad del transporte de sedimentos en la región y la tendencia de erosión a largo y corto plazos, entre otros. Es importante definir o escoger de antemano aquellos modelos que permitan

dar respuesta a los diferentes aspectos que se señalan en la metodología.

### Aspectos de trabajo

Por otra parte, hay que tener en cuenta una serie de aspectos que imponen ciertas condiciones de trabajo y que pueden ser ambientales, económicas, judiciales y legales, funcionales, sociales y técnicas. Estos aspectos son diversos y debe valorarse en cada situación aquellos que constituyan indicadores de la situación en particular.

### Definición y análisis del problema

Después de determinar las causas de la erosión y qué intereses se deben respetar, se está en condiciones de definir el problema en cuanto a tipo y escala para, posteriormente, tomar una decisión. Las técnicas de toma de decisión son múltiples, la experiencia adquirida recomienda aplicar análisis multicriterios.

### Definición y selección de opciones

En el caso de decidir hacer algo, en primer lugar se debe esquematizar la zona, llevar a cabo importantes simplificaciones del medio físico, como puede ser el paralelismo entre las curvas batimétricas y la rectificación de la línea de costa, entre otras. En este punto se refleja el balance sedimentario y las posibles opciones a diseñar dentro de cada concepto de acción (soluciones duras, blandas, no convencionales y mixtas), definidas mediante una tormenta de ideas u otra técnica, para tener un enfoque primario integral de la situación y poder concebir las soluciones con mayor conciencia. Además, los datos de entrada de los modelos matemáticos y *softwares* imponen simplificaciones de la zona a modelar.

Las soluciones no convencionales son aquellas que no presentan una base sólida de cómo deberían aplicarse y han surgido como solución local a un problema determinado; en este grupo se encuentran también las

biotecnológicas, los geotextiles, las vallas de tamices, entre otras, cuyo empleo no ha sido muy generalizado. Existe otro grupo de opciones que están contenidas dentro de las soluciones de manejo de la línea de costa, que pueden tratarse como soluciones no convencionales, dentro de las que se pueden citar la demolición y reubicación de estructuras. La combinación de éstas también puede ser una disyuntiva a valorar.

### **Análisis preliminar y selección**

Posteriormente se realiza un análisis cualitativo preliminar del comportamiento del medio ambiente para cada alternativa planteada, teniendo en cuenta los procesos morfológicos, las características locales y los aspectos impuestos.

### **Diseño y simulación de las opciones**

Aquellas opciones que han sido seleccionadas se someten a un proceso de diseño con mayor precisión, que tiene en cuenta la localización, el diseño hidráulico y civil, la organización del trabajo y los costos de la obra, a partir de condiciones de borde (métodos y técnicas constructivas, materiales de construcción, equipamiento y aspectos de trabajo) y herramientas tales como los modelos físicos y matemáticos, con el fin de ganar en precisión sobre los cambios morfológicos del medio durante la vida útil y los eventos extremos. Para el caso de los vertimientos de arena se debe considerar, además, el volumen de vertimiento de arena que permanece en la zona y, para el caso de las estructuras, se deben tener en cuenta los posibles niveles de daño y el efecto en la dinámica litoral. Para ambos tipos de soluciones es imprescindible concebir un plan de mantenimiento.

### **Selección de la opción definitiva**

La opción definitiva que se llevará a cabo es la que se obtiene a partir de la Técnica de Escala y Peso o a través del Análisis Multicriterio (AMC),

utilizando un conjunto de criterios y dentro de ellos variables que sean representativas de las diferentes demandas y requerimientos.

### **Ejecución, monitoreo y evaluación**

Posteriormente, se continúa con la ejecución, para la cual se concibe el equipamiento, la mano de obra, las facilidades temporales y el movimiento de tierra. El monitoreo y la evaluación de la solución pueden revelar que la erosión continúa, ya sea por las mismas causas o por otras nuevas, con lo cual se debe comenzar el proceso desde el principio, si la magnitud e importancia del problema lo requieren.

### **Conclusiones**

*Como conclusión del trabajo se tiene que:*

Estudios realizados por el Grupo de Modelación Física de Obras Costeras y Marítimas del Centro de Investigaciones Hidráulicas para la mitigación de la erosión en playas de Cuba condujeron al análisis y el estudio de cuatro metodologías relacionadas con el tema de la protección y rehabilitación de playas. En las mismas se identificaron elementos comunes e imprescindibles para esta actividad, como son la recogida de datos, el estudio de los procesos morfológicos, la determinación de las causas de erosión, la determinación de requerimientos de proyecto, la caracterización del problema, la propuesta y el análisis de soluciones, y la ejecución y evaluación de la solución definitiva.

La metodología planteada responde a exigencias mayores desde el punto de vista de diseño de las soluciones, al contemplar una gama más amplia de opciones, y establece un proceso de observación del medio ambiente más preciso para corregir, prevenir o actuar a tiempo, en caso de que reaparezca la erosión costera. Además, viene complementada con una detallada explicación de los diferentes elementos que la componen, como son los diferentes datos y su obtención.

Recibido: 30/03/09  
Aprobado: 20/05/10

## Referencias

- CIRIA. *Beach management manual*. London: CIRIA, 1995.
- CÓRDOVA, L. y TORRES, R. *Estudio y cuantificación de la erosión en el tramo Melia, Varadero*. La Habana: Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", 2008.
- CUR. *Manual on artificial beach nourishment*. Gouda, The Netherlands: CUR, 1987.
- KAPUT, N., KOENIS, M., NOOIJ, R., SIKKEMA, T. y VENDER WARDT, T. (Grupo de Proyecto CF74). *Erosion of the Historic Varadero, Cuba*. Proyecto de Maestría. Delft: Facultad de Ingeniería Civil y Geociencias, Universidad Técnica de Delft, junio de 2007.
- LAUSMAN, R., VAN DIJK, M., SEGBOER, T., OVER, R. y VAN DAM, C. (Grupo de Proyecto CF15). *Erosion of the Península de Hicacos, Varadero*. Proyecto de Maestría. Delft: Facultad de Ingeniería Civil y Geociencias, Universidad Técnica de Delft, noviembre de 2003.
- MATAMOROS, Y.R. y PERAZA O.M. *Propuesta de metodología para la rehabilitación de playas. Aplicación al caso de estudio: zona crítica de la playa de Varadero, Matanzas, Cuba*. Trabajo de diploma. La Habana: Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", 2004.
- TORRES, R. *HIDRICOS. Una herramienta para la Ingeniería Costera*. Tesis en opción al título de Master en Ciencias. La Habana: Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", 2007.
- VAN DER HENGEL, D., POOT, J. y THEUNISSEN, R. (Grupo de Proyecto CF27). *Rehabilitation of the Mayabeque Beach*. Proyecto de Maestría. Delft: Facultad de Ingeniería Civil y Geociencias, Universidad Técnica de Delft, junio de 2004.

## Abstract

TORRES-HUGUES, R. & CÓRDOVA-LÓPEZ, L. *Methodology for beach rehabilitation and protection*. Water Technology and Sciences, formerly Hydraulic engineering in Mexico (in Spanish). Vol. I, No. 4, October-December, 2010, pp. 149-155.

*Engineering structures for beach rehabilitation require a design methodology for the optimal development of projects, due to the need of solving coastal erosion problems. The Coastline and Maritime Structure Physical Modeling Group of the Hydraulic Research Center has had to pose methodologies to make beach rehabilitation projects more efficient. The development and evolution analysis of one of such methodologies is presented.*

**Keywords:** protection, rehabilitation, beach, methodology, erosion.

## Dirección institucional de los autores

M.C. Ronnie Torres-Hugues  
Dr. Luis Córdova-López

Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echevarría"  
Centro de Investigaciones Hidráulicas  
Calle 114 # 11901, esquina 119 y 127  
Marianao, La Habana, Cuba  
teléfonos: + 53 (7) 2601 416 y 2672 013  
fax: + 53 (7) 2672 013  
ronnie@cih.cujae.edu.cu  
cordova@tesla.cujae.edu.cu